



NYÍREGYHÁZI FŐISKOLA
Műszaki és Mezőgazdasági Kar
TÁJGAZDÁLKODÁSI ÉS VIDÉKFEJLESZTÉSI TANSZÉK

MEZŐGAZDASÁGI KÉMIA II.

(SZERVES ÉS BIOKÉMIA)

KALMÁRNÉ VASS ESZTER

NYÍREGYHÁZA, 2011

Tartalomjegyzék

I. Szerves kémia.....	1
1. Bevezetés a szerves kémiába.....	1
1.1. A szénatom elektronszerkezete.....	1
1.2. A szénatom kötése.....	1
1.3. A szénvegyületek nagy száma, az izoméria jelensége.....	2
1.4. A szerves vegyületek csoportosítása.....	7
Ellenőrző kérdések és feladatok.....	8
2. Szénhidrogének.....	9
2.1. A szénhidrogének jellemzése és csoportosítása.....	9
2.2. Nyílt láncú, telített szénhidrogének.....	10
2.2.1. Az alkánok homológ sora.....	10
2.2.2. Az alkánok szerkezete.....	12
2.2.3. Az alkánok fizikai tulajdonságai.....	12
2.2.4. Az alkánok kémiai tulajdonságai.....	13
2.3. Zárt láncú, telített szénhidrogének.....	13
2.4. Telítetlen szénhidrogének.....	14
2.4.1. Az alkének homológ sora.....	15
2.4.2. Az alkének fizikai és kémiai tulajdonságai.....	15
2.4.3. Az alkinek homológ sora.....	17
2.4.4. Az alkinek fizikai és kémiai tulajdonságai.....	17
2.5. Aromás szénhidrogének.....	19
2.5.1. A benzol és homológjai.....	19
2.5.2. Többgyűrűs aromás szénhidrogének.....	24
2.5.3. Heterociklusos vegyületek.....	27
Ellenőrző kérdések és feladatok.....	27
3. Szénhidrogének származékai.....	28
3.1. Halogénezett szénhidrogének.....	28
3.2. Szulfonsavak.....	30
3.3. Nitro- és nitrozovegyületek.....	30
3.4. Aminok és diazónium-vegyületek.....	31
3.5. Hidroxiszármazékok.....	34
3.6. Éterek.....	37
3.7. Oxovegyületek.....	38
3.8. Karbonsavak és származékaik.....	39
3.8.1. Karbonsavak.....	39
3.8.2. Karbonsavszármazékok.....	40
3.8.3. Fontosabb karbonsavak és származékaik.....	40
Ellenőrző kérdések és feladatok.....	41
4. Műanyagok.....	43
4.1. Természetes alapú műanyagok.....	44
4.2. Szintetikus alapú műanyagok.....	44
Ellenőrző kérdések és feladatok.....	45
II. BIOKÉMIA.....	46
1. Az élő szervezetet felépítő kémiai anyagok.....	46
1.1. Biogén elemek.....	46
1.2. A víz.....	48
1.3. Biológiaiilag fontos monomerek és polimerek, makromolekulák.....	49
1.3.1. Lipidek.....	50
1.3.2. Szénhidrátok.....	52
1.3.3. A fehérjék.....	56
1.3.4. Nukleotidok és nukleinsavak.....	62
Ellenőrző kérdések és feladatok.....	68
2. Anyagcsere-folyamatok a sejtben.....	69
2.1. Az enzimek, mint katalizátorok.....	70
2.2. Felépítő folyamatok.....	72
2.3. Lebontó folyamatok.....	79
Ellenőrző kérdések és feladatok.....	81

I. SZERVES KÉMIA

1. Bevezetés a szerves kémiába

A szerves vegyületek közé csak kisszámú szénvegyületet sorolunk, mint pl. a széndioxid (CO_2), szénmonoxid (CO), szénsav (H_2CO_3), a szénsav sói, a karbonátok, a hidrogén-cianid (HCN), a ciánsav (HOCN) és ezek sói.

A szénvegyületek száma azonban ennél sokkal több, ami a szénatom elektronszerkezetének különleges tulajdonságaival magyarázható.

A sokféle, eltérő tulajdonsággal rendelkező szerves vegyület felépítésében csak néhány elem vesz részt. Minden szerves vegyület sok szenet és hidrogént tartalmaz, ezen kívül lehet bennük oxigén, nitrogén, kén, foszfor, halogének, fémek, stb.

A szerves vegyületek érzékenyek a hőre, hevítéskor elbomlanak vagy elszenesednek. Közülük csak kevés oldódik vízben, nagy részük csak szerves vegyületekben (oldószerekben) oldható. Kémiai tulajdonságaikat a bennük levő elemek tulajdonsága, összetétele, a molekulában elfoglalt helyük és kapcsolódási sorrendjük szabja meg.

A szerves vegyületekben a szénatom négy vegyértékű, ezek mindegyike egyenértékű, a szénatomok egy vagy több vegyértékkel egymáshoz kapcsolódva hosszabb-rövidebb láncokat és gyűrűket alkotnak. Ennek magyarázata a szén elektronszerkezetében rejlik.

1.1. A szénatom elektronszerkezete

A szén különleges tulajdonságai elektronszerkezetéből és a periódusos rendszerben elfoglalt helyéből adódik. A periódusos rendszer hatodik eleme és a IV. oszlopban helyezkedik el. Egyszerű anion és kation képzésre nem hajlamos, elektronegativitása alapján önmagában is és más elemekhez is mindig kovalens kötéssel kapcsolódik.

A szénatom elektronfelhője két héjből (K, L) épül fel. A K-héjon van két elektron, az L-héjon pedig négy: kettő az s-pályán, kettő pedig a p-pályán. Gerjesztett állapotban az egyik s-elektron átkerül a p-pályára, így négy párosítatlan elektron lesz, ezáltal a szénatom négy kovalens kötést képes kialakítani.

Gerjesztett állapotban a négy elektron a térben a tetraéder csúcspontjaiban helyezkedik el. Így kerülnek egymástól legnagyobb távolságra, kölcsönös taszításuk így lesz a legkisebb.

1.2. A szénatom kötése

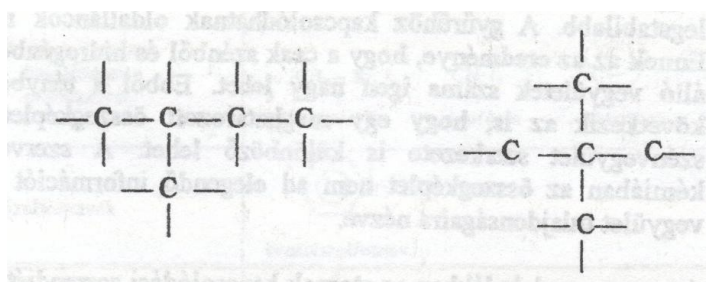
A kémiai átalakuláskor a szénatomok is igyekeznek a legstabilabb elektronszerkezet, a nemesgázkonfiguráció kialakítására. A hiányzó elektronjaikat más atomokkal kapcsolódva főleg elektronpár képzés útján - kovalens kötés kialakításával - szerzik be.

Kovalens kötést nem csak egy elektronpár hozhat létre, hanem kettő vagy három elektronpár is. Így alakulnak ki a kettős- (pl. etilénben), ill. hármas kötések (pl. acetilénben). A második és harmadik kötés erőssége eltérő, a bennük fellépő "feszültség" kevésbé stabilá, reakcióképesebbé teszi a vegyületet.

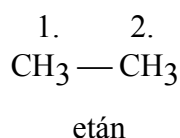
1.3. A szénvegyületek nagy száma, az izoméria jelensége

A szerves és szervetlen vegyületek között nincs semmiféle elvi különbség, képződésük ugyanolyan elvek szerint történik. Külön tárgyalásukat elsősorban a szerves vegyületek nagy száma indokolja.

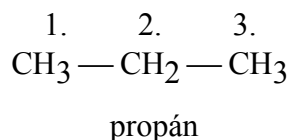
A szerves vegyületek számát a végtelenségig növeli a szénatomok egymással való kapcsolódásának és a lánc elágazásának korlátlan lehetősége:



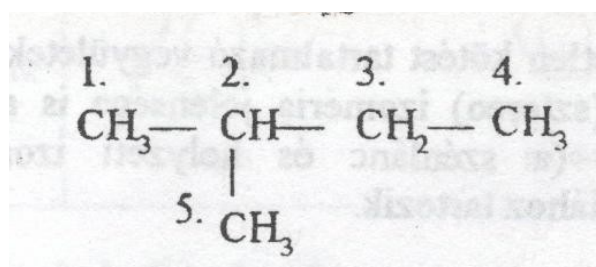
Az elágazó és el nem ágazó láncokban a szénatomok helyzete nem egyforma. Azokat a szénatomokat, amelyek egyetlen másik szénatomhoz kapcsolódnak (a lánc végén vannak) **elsőrendű v. primer** szénatomoknak hívjuk. Pl. az etánban mindkét szénatom elsőrendű.



Azok a szénatomok, amelyek két másik szénhez kapcsolódnak (a lánc közben helyezkednek el) a **másodrendű v. szekunder** szénatomok. Pl. a propánban az 1-es és 3-as szénatom elsőrendű, a 2-es másodrendű.

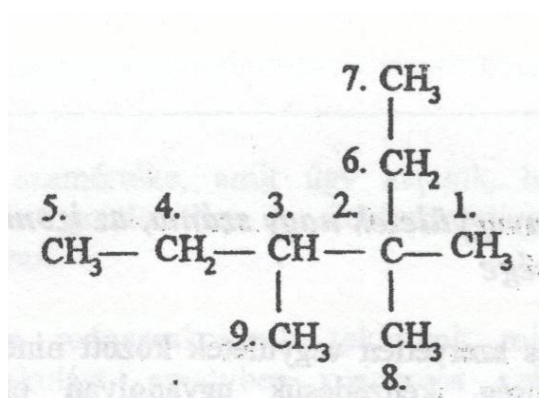


A **harmadrendű, v. terciér** szénatomok azok, amelyek három másik szénatomhoz kapcsolódnak (a lánc közben az elágazásoknál található). Pl. az izo-pentánban az 1-es, 4-es és 5-ös szénatomok elsőrendűek a 3-as másodrendű, a 2-es pedig harmadrendű.



izo-pentán

Ha a szénatom mind a négy vegyértékével szénatomhoz kapcsolódik, akkor a szénatom **negyedrendű v. kvaterner** szénatom (a láncon belül helyezkedik el és ugyanazon a szénatomon két elágazás van). Pl. az izo-nonánban az 1-es, 5-ös, 7-es, 8-as, 9-es szénatom elsőrendű, a 4-es és 6-os másodrendű, a 3-as harmadrendű, a 2-es pedig negyedrendű. A szénatomok számozását a láncnak azon a végén kezdjük, amelyhez az elágazás közelebb van, hogy az elágazás a lehető legkisebb számot kapja.)



izo-nonán

A gyűrűs vegyületek kialakulásához legalább három szénatomra van szükség, de a gyűrű tartalmazhat akár 34 szénatomot is. A leggyakoribb gyűrűs vegyületek azonban 5 vagy 6 atomból állnak, mert ez a gyűrűrendszer a legstabilabb. A gyűrűhöz kapcsolódhatnak oldalláncok is. Ennek az az eredménye, hogy a csak szénből és hidrogénből álló vegyületek száma igen nagy lehet. Ebből a tényből következik az is, hogy egy meghatározott összegképletű szénvegyület szerkezete is különböző lehet. A szerves kémiában az összegképlet nem ad elegendő információt a vegyület tulajdonságaira nézve.

A szerves molekulákban az atomok kapcsolódási sorrendjét a konstitúciós képlet adja meg. Pl. :

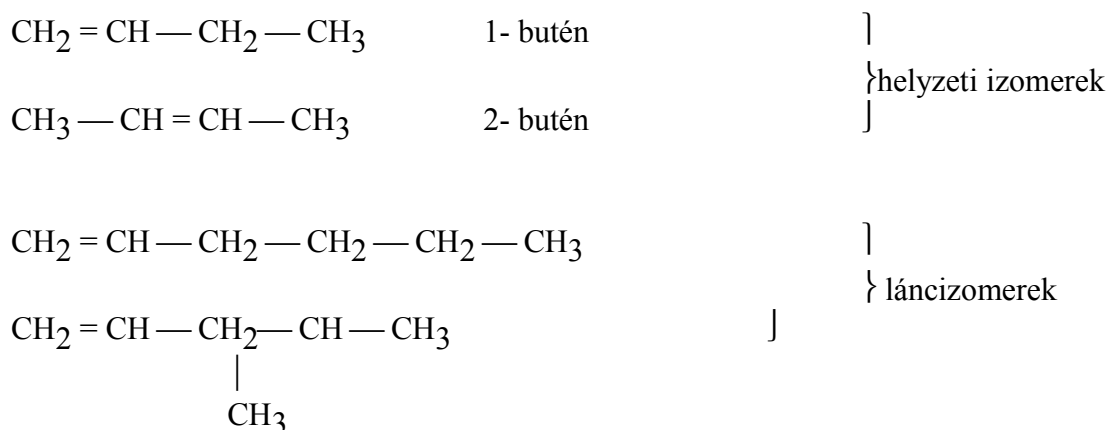
Összegképlet	Konstitúciós képlet
C_5H_{12}	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
C_5H_{12}	$ \begin{array}{ccccccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH & - & CH_3 \\ & & & & & & \\ & & & & CH_3 & & \end{array} $
C_5H_{12}	$ \begin{array}{ccc} & CH_3 & \\ & & \\ CH_3 & - C & - CH_3 \\ & & \\ & CH_3 & \end{array} $

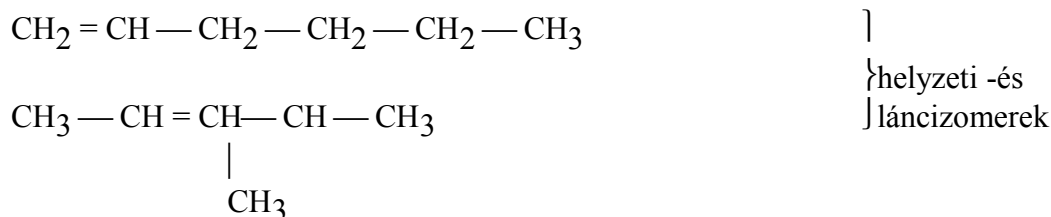
Az azonos összegképletű, de különböző szerkezeti képletű vegyületeket **izomer vegyületeknek**, a jelenséget pedig **izomériának** nevezzük. Az olyan szerkezeti (struktúr-) izoméria, amelyben egy vagy több atom a szénlánc más-más szénatomjához kapcsolódik, a **szénváz-izoméria**.

Az izomer vegyületek szerkezeti eltérése a fizikai és kémiai tulajdonságokban bizonyos eltéréseket eredményez.

A telítetlen kötést tartalmazó vegyületeknél fellép a helyzeti és tér-(sztereo) izoméria elensége is a szénlánc izoméria mellett (a szénlánc és helyzeti izoméria a szerkezeti izomériához tartozik).

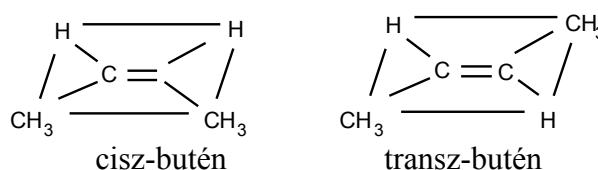
A **helyzeti izoméria** a nagyobb szénatomszámú telítetlen vegyületeknél lép fel, ahol a telítetlen kötés helyzete különböző lehet. Pl.:





A láncizomerek és helyzeti izomerek együttesen adják a **szerkezeti** (konstitúciós) izomerek számát.

Minden olyan kettős kötést tartalmazó vegyületnek, ahol a két (kettős kötésű) szénatomhoz két különböző atom vagy atomcsoport kapcsolódik, két **térizomerje** (**cisz - transz izomerek**) van.

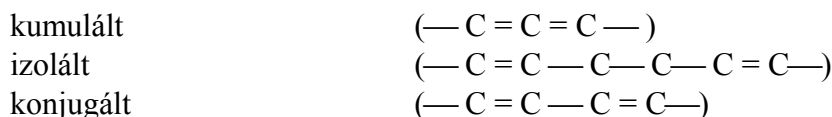


Ez azt jelenti, hogy az azonos szerkezeti (és összeg) képletű molekulának létezik két különböző térbeli elrendezésű formája, amelyek egymásba nem tudnak egyszerűen átalakulni. Ennek az az oka, hogy amíg a σ kötésekkel összekapcsolt szénatomok között - az egyszeres kötés körül - szabad rotáció van, itt a σ , π kötés (kétszeres kötés) miatt a rotáció gátolt, a kapcsolat merev. A molekula az egyik formából a másikba csak úgy tud átalakulni, ha a kovalens kötés felhasad, majd újra visszaalakul (**cisz - transz izoméria**). A telítetlen vegyületek cisz- és transz-alakban létező molekulái két különböző tulajdonságú vegyületet jelentenek.

Az olyan térizomériát, amely egy merev kötés ($-\text{C}=\text{C}-$, $-\text{C}=\text{N}-$, $-\text{N}=\text{N}-$, ill. feszített gyűrű) miatt alakul ki, geometriai izomériának nevezzük. Minden olyan alkénnel, amelynek molekulájában mindkét kettős kötésű szénatomhoz két különböző atom vagy atomcsoport kapcsolódik, két geometriai izomer létezik.

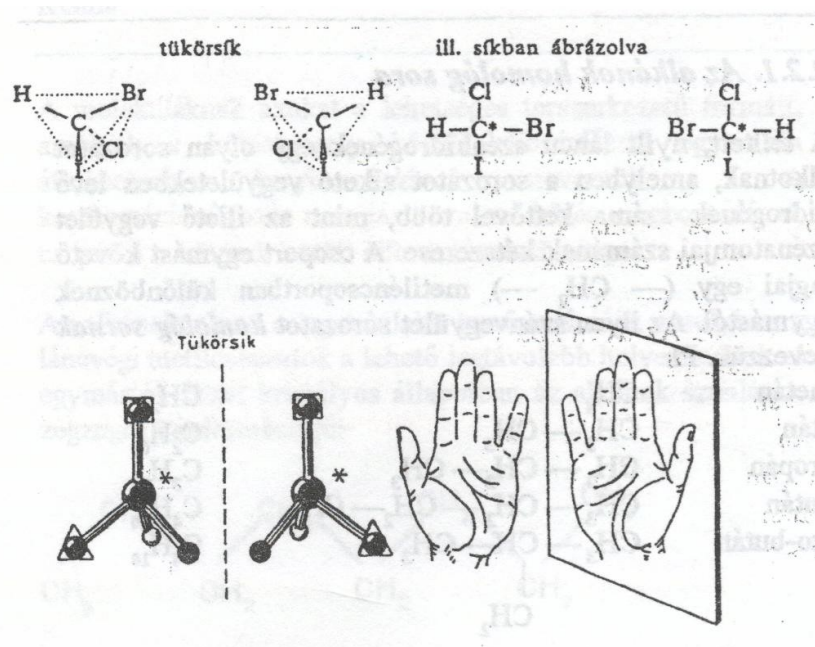
Cisz helyzetről akkor beszélünk, ha a nagyobb csoportok a kettős kötés azonos oldalán, egymáshoz viszonylag közel helyezkednek el, ellenkező esetben az izomer transz módosulatú (latinul cis = innen, trans = túl). A transz módosulatú izomerek a stabilabbak.

A több kettős kötést tartalmazó vegyületekben - poliolefinék - a kettős kötések különböző helyzetűek lehetnek:



Optikai izoméria azoknál a vegyületeknél lép fel, amelyekben található olyan szénatom, amely mind a négy vegyértékével más-más atomhoz vagy atomcsoporthoz kapcsolódik (pl. CClBrIH). Az ilyen molekulákra jellemző, hogy két módosulatuk van, melyek optikai forgatóképességgel rendelkeznek (a poláros fény rezgési síkját jobbra vagy balra forgatják el). A két módosulat felépítése azonos, de úgy viszonyulnak egymáshoz, mint kép a tükörképhez, mint a jobb kéz a bal kézhez (I/1. ábra).

A négy különböző atomot vagy atomcsoportot magához kapcsoló szénatomot - mivel környezetével olyan alakzatot alkot, amelynek semmiféle szimmetriaeleme nincs - aszimmetriás szénatomnak nevezzük és csillaggal jelöljük (C^* a, b, d, e).



I/1. ábra. Optikai izoméria (kiralitás)

Minden egyetlen asszimmetriás szénatomot tartalmazó vegyület kétféle módosulatban fordulhat elő. Az asszimmetriás szénatomot tartalmazó, "jobb kéz", "bal kéz" módosulatban előforduló vegyületek ún. királisak (kézszerűek; Kheir (görög) = kéz). A "jobb kéz", és "bal kéz" formájú, vagyis az egymással tükörképi viszonyban álló molekulapárokat **enantiomer** (tükörképi) pároknak nevezzük. Az optikai forgatóképesség a királis jelleg, vagyis a **kiralitás** következménye.

Ha a molekulában egy asszimmetriás szénatom van, akkor az optikai sztereoizomerek (térizomerek) száma 2 ($\rightarrow 1$ enantiomer pár); ha két asszimmetriás szénatom van a molekulában, akkor az optikai sztereoizomerek száma 4 ($\rightarrow 2$ enantiomer pár); **n** asszimmetriás szénatomok esetén az izomerek száma 2^n , (ahol n az asszimmetriás szénatomok száma. Az enantiomer párok száma ekkor $2^{n/2}$).

Mivel az enantiomerek az optikai forgatás irányát kivéve valamennyi fizikai, kémiai tulajdonságaikban azonosak, kémiai szintézissel előállítva azokat, azonos valószínűséggel keletkeznek jobbra, ill. balra forgató molekulák. Így a kapott keverék forgatása nulla lesz. Az ilyen, jobbra, ill. balra forgató enantiomert azonos mennyiségben tartalmazó keveréket **racém keveréknek** nevezik.

Biológiai rendszerekben más a helyzet. Az anyagcsere folyamatait **enzimek** katalizálják, amelyek maguk is királis szerkezetűek, és így "különbséget tudnak tenni" valamely

vegyület enantiomer módosulatai között, és a két módosulat közül csak az egyiket használják fel, alakítják át. Ez a biokémiai folyamatok egyik legalapvetőbb jellegzetessége.










1.4. A szerves vegyületek csoportosítása

A szerves vegyületek csoportosítására többféle lehetőség van. A klasszikus módszer a szénvázat tekinti a csoportosítás alapjául és nyílt - valamint zárt szénláncú vegyületeket különböztet meg. Ezen belül további alcsoportokat alkot aszerint, hogy a vegyületben csak egyszeres (**telített**) vagy többszörös - kettős ill. hármas - (**telítetlen**) kötés is található-e, ill. a vegyület vázát csak szénlánc alkotja-e vagy valamilyen más atom is beékelődik a szénláncba.

A másik rendszerezési módszer a szénvázhoz kapcsolódó **funkciós csoportok** számát, minőségét és elhelyezkedését veszi alapul. (A funkciós csoportok azok a molekularészletek, amelyek döntően befolyásolják a vegyületek tulajdonságait.) Ezek alapján a szerves vegyületek az alábbi fő csoportokra oszthatók (II/1.):

I/1. táblázat.

A szerves vegyületek csoportosítása funkciós csoportjaik alapján

Főbb vegyületcsoportok	Példák		
Szénhidrogének	CH_4 metán	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ etén, etilén	 benzol
A szénhidrogének halogénezett származékai	CH_3-Br metil-bromid	CH I_3 jodoform	 klór-benzol
Szulfonsavak	 benzolszulfonsav		
Nitrovegyületek	 nitro-benzol		
Hidroxiszármazékok	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ etil-alkohol	 fenol	
Oxovegyületek	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ acetaldehid	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ aceton	
Karbonsavak	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ ecetsav	 benzoésav	
Aminok	CH_3-NH_2 metil-amin	 anilin	
Heterociklusos vegyületek	 pirrol	 piridin	

Ellenőrző kérdések és feladatok

1. Ismertesse a szerves vegyületek fogalmát, összetételét és tulajdonságait!
2. Ismertesse a szénatom elektronszerkezetét!
3. Milyen kötések képes kialakítani a szénatom?
4. Ismertesse példákon keresztül az első-, másod-, harmad- és negyedrendű szénatom fogalmát!
5. Mit tud a gyűrűs vegyületek képződéséről?
6. Magyarázza meg példákkal alátámasztva a szénváz, a cisz - transz és az optikai izoméria jelenségét és ismertesse az izomerek tulajdonságait!
7. Ismertesse a szerves vegyületek csoportosításának lehetőségeit!

2. Szénhidrogének

A szénhidrogének szénből és hidrogénből álló vegyületek. Lehetnek nyílt és zárt láncúak, telítettek és telítetlenek.

2.1. A szénhidrogének jellemzése és csoportosítása

A szénhidrogéneket a molekulában található kötések jellege szerint csoportosíthatjuk.

A **telített szénhidrogének** molekuláiban a szénatomok egyszeres kovalens (σ) kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.

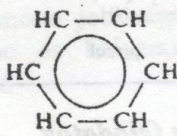

A **telítetlen szénhidrogének** molekuláiban az egyszeres kovalens (σ) kötések mellett kétszeres (σ, π), ill. háromszoros (σ, π, π) kötések is vannak. Az ide sorolt vegyületek a kettős kötést és a hármas kötést tartalmazó vegyületek.

Az **aromás szénhidrogének** gyűrűsen delokalizált elektronrendszert tartalmaznak. Ezek a vegyületek formailag telítetlenek, de azoktól alapvetően eltérő tulajdonsággal rendelkeznek.

A szénhidrogének csoportosítását a I/2. táblázat tartalmazza.

I/2. táblázat

A szénhidrogének csoportosítása

Jelleg	Szén-szén kötések		
Telített	egyszeres ($\sigma, -$)	H_3C-CH_3	$H_3C-CH-CH_3$ CH_3
		etán	2-metil-propán, izobután
Telítetlen	kétszeres (σ, π)	$H_2C=CH_2$	$H_2C=CH-CH=CH_2$
		etén, etilén	1,3-butadién
	háromszoros (σ, π, π)	$HC\equiv CH$	$H_3C-C\equiv CH$
		etín, acetilén	propin, metil-acetilén
Aromás	delokalizált π -elektron-rendszer		 benzol

2.2. Nyílt láncú, telített szénhidrogének

A nyílt láncú, telített (**alifás**) szénhidrogéneket **alkánoknak** is nevezzük. A belőlük levezethető atomcsoport az **alkil-csoport**. Összegképletük: C_nH_{2n+2} .

2.2.1. Az alkánok homológ sora

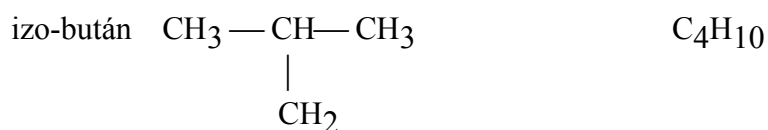
A telített, nyílt láncú szénhidrogének egy olyan sorozatot alkotnak, amelyben a sorozatot alkotó vegyületekben lévő hidrogének száma kettővel több, mint az illető vegyület szénatomjai számának kétszerese. A csoport egymást követő tagjai egy ($—CH_2—$) metilén-csoportban különböznek egymástól. Az ilyen szénvegyület sorozatot **homológ sornak** nevezzük (I.3. táblázat).

I. 3. táblázat.

Egyeneslácú alkánok, $H(CH_2)_nH$

Szénatomok száma, n	Név	Forráspont °C	Olvaspont °C
1	metán	-162	-183
2	etán	-89	-172
3	propán	-42	-190
4	bután	-0,5	-135
5	pentán	36	-130
6	hexán	69	-95
7	heptán	98	-91
8	oktán	126	-57
9	nonán	151	-54
10	dekán	174	-30
11	undekán	196	-26
12	dodekán	216	-10
13	tridekán	235	-6
14	tetradekán	254	6
15	pentadekán	271	10
16	hexadekán	287	18
17	heptadekán	302	22
18	oktadekán	316	28
19	nonadekán	330	32
20	eikozán	343	37
21	uneikozán	359	41
22	dokozán	376	44
23	trikozán	380	48
30	triakontán	446	66

A négy szénatomos butántól kezdve megjelennek az izomerek. A szénlánc növekedésével az izomerek száma is nő.



A homológ sor hossza elvileg korlátlan. Az eddig előállított leghosszabb láncú alkán 70 szénatomos ($\text{C}_{70}\text{H}_{142}$).

Az alkánokból egy hidrogén elhagyásával levezethetők az egy vegyértékű alkil-csoportok. Az alkil-csoportokat általánosan - R betűvel jelöljük. A fontosabb alkánokat és alkilcsoportokat a I/4. táblázat foglalja össze.

I/4. táblázat

A fontosabb alkánok és alkilcsoportok

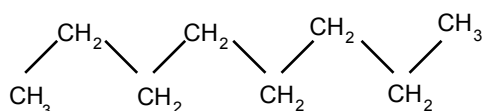
Alapvegyület	A belőle lezármaztatható alkilcsoportok
CH_4 metán	$\text{CH}_3 -$ metilcsoport
$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ etán	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$ etilcsoport
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ propán	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ propilcsoport
	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$ izopropilcsoport (1-metil-etilcsoport)
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ bután	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ butilcsoport
	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_2 - \text{CH}_3}{\text{CH}} -$ szek-butilcsoport (1-metil-propilcsoport)
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$ izobután, 2-metil-propán	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \end{array}$ izobutilcsoport (2-metil-propilcsoport)
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$ tert-butilcsoport (1,1-dimetil-etilcsoport)

2.2.2. Az alkánok szerkezete

A valóságban a molekulák térben helyezkednek el és a molekulát alkotó atomok egymáshoz viszonyított helyzete a térben különböző lehet. Pl.: az etánban az egyszeres szén-szén (σ) kötések közül a szénatomok szabadon elfordulhatnak (szabad rotáció), így a hidrogénatomok egymáshoz viszonyított helyzete sokféle lehet. Ha a hidrogénatomok egymáshoz legközelebb vannak, akkor **fedő állásról**, ha legtávolabb vannak, akkor **nyitott állásról** beszélünk. Ez a metánmolekula két legstabilabb alakja, amely alak az időben változik ugyan az atomok állandó mozgása miatt, de a metánmolekulák legnagyobb része mindig ebben a két állásban van.

A molekuláknak azokat a lehetséges térszerkezetű formáit, amelyek a kötéstengely körüli elfordulással egymásba átmehetnek, **konformációnak** nevezzük. A konformációváltás nem jár kovalens kötés megbontásával, csupán a σ kötések körüli elfordulás eredménye.

Az alkánoknak az a legstabilabb konformációja, amelyben a láncvégi metilcsoportok a lehető legtávolabb helyezkednek el egymástól. Ezért kristályos állapotban az alkánok szénlánc zegzugos konformációjú:



2.2.3. Az alkánok fizikai tulajdonságai

Halmazállapot: a sorozat első négy tagja szobahőmérsékleten gáz, az 5-17 szénatomszámúak folyadékok, az ennél nagyobb szénatomszámúak szilárdak.

Sűrűség: kisebb a víz sűrűségénél és a mol tömeg növekedésével növekszik.

Forráspont: alacsonyabb, mint más azonos mol tömegű szerves vegyületek forráspontja, mert a molekuláik között a leggyengébb a kölcsönhatás. A szénatomszám növekedésével a forráspont is növekszik, de egyre csökkenő mértékben.

Olvadáspont: a szénatomszám növekedésével növekszik, de számértéke eltér a páros, ill. a páratlan szénatomszámú vegyületek esetén. A páros szénatomszámúaké mindig magasabb, mint a homológ sorban mellettük lévő páratlan szénatomszámúaké.

Oldhatóság: mivel az alkánok apoláris vegyületek, a víz pedig poláris oldószer, ezért az alkánok vízzel nem elegyednek. Jól oldják viszont a sok apoláris molekularészeket tartalmazó vegyületeket (zsír, gyanta).

2.2.4. Az alkánok kémiai tulajdonságai

A szén - hidrogén kötés stabilitása miatt az alkánokat régebben csak nehezen tudták reakcióba vinni. Innen származik egy másik elnevezésük, amit még ma is használunk: **paraffinok** (parum affinis = kevésbé reakcióképes).

Az alkánok legjelentősebb reakciói a halogénezés, az oxidáció és a hőbontás.

Halogénezéskor a szénhidrogéneket halogénmolekulákkal (Cl_2 , J_2 , Br_2 , F_2) reagáltatjuk.

A reakció szobahőmérsékleten nem játszódik le csak akkor, ha a halogénmolekulákat aktiváljuk (pl. fénnel). Ilyenkor a szénhidrogének halogénezett származékai keletkeznek (pl. klórmétán; CH_3Cl , diklór-métán; CH_2Cl_2 , kloroform; CHCl_3 , széntetraklorid; CCl_4)

A szénhidrogén egy vagy több hidrogénjét halogénatomokkal **helyettesítjük (szubsztituáljuk)**.

Azokat a kémiai átalakulásokat, amelyben a molekula egyik atomját vagy atomcsoportját egy másik atommal vagy atomcsoporttal cseréljük ki (helyettesítjük), **szubsztitúciónak** nevezzük.

Oxidáció. Szobahőmérsékleten csak azok az alkánok oxidálhatók, amelyekben a hidrogénatom harmadrendű szénatomhoz kapcsolódik. A molekula itt eltörik és két kisebb szénatomszámú oxidált termék keletkezik.

Minden alkán gyúlékony, égéskor széndioxiddá és vízzé alakulnak át.





Hőbontás (krakkolás) az a folyamat, amikor magas hőmérsékleten a hosszabb szénláncú vegyületek láncai széttöredeznek, hidrogén és kisebb szénatomszámú telített és telítetlen **szénhidrogének** keletkeznek.

2.3. Zárt láncú, telített szénhidrogének

A zárt láncú, telített szénhidrogéneket **cikloalkánoknak** nevezzük. Molekuláikban a szénatomok egyszeres kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, és a szénlánc gyűrűvé záródik.

A cikloalkánok is homológ sort alkotnak, összegképletük C_nH_{2n} . A belőlük levezethető atomcsoport a **cikloalkil-csoport**.

A legfontosabb cikloalkánokat foglalja össze a I/5. táblázat. I/5. táblázat.
A legfontosabb cikloalkánok

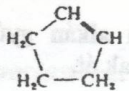


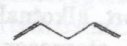
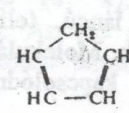


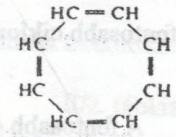

Név, képlet, egyszerűsített képlet	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$  ciklopropán	-127	-34
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$  ciklobután	-91	+12
$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$  ciklopentán	-94	+49
$\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{C} - \text{CH}_2 \\ \\ \text{H}_2 \end{array}$  ciklohexán	+6	+81

2.4. Telítetlen szénhidrogének

A telítetlen szénhidrogének legalább egy olyan szénatompárt tartalmaznak, amelyben az atomok kétszeres (σ, π - **alkének**) vagy háromszoros (σ, π, π - **alkinek**) kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz.

Csoportosításuk a szénváz jellege, a telítetlen kötések száma és egymáshoz viszonyított helyzete alapján történik. A csoportosításra néhány példát a I/6. táblázat tartalmaz.

A kettős kötést tartalmazó szénhidrogének csoportosítása

A kettős kötések száma	A szénváz jellege	
	nyílt láncú	gyűrűs
Egy	ALKÉNEK $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ etilén, etén	CIKLOALKÉNEK   ciklopentén
	ALKADIÉNEK $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$ allén, propadién $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$  1,3-butadién $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$  1,4-pentadién	 1,3-ciklopentadién  1,3-ciklopentadién
Több	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$  1,3,5-hexatrién	 1,3,5,7-ciklooktatetraén  1,3,5,7-ciklooktatetraén

2.4.1. Az alkének homológ sora

A homológ sort a legegyszerűbb alkénből, az **etilénből** kiindulva építhetjük fel, a tagokat mindig egy metilén-csoporttal ($-\text{CH}_2-$) bővítve. Összegképletük (C_nH_{2n}) megegyezik a cikloalkánok összegképletével, de a szerkezetük különböző, így igen eltérőek a fizikai és kémiai tulajdonságok a két csoportban.

Az alkénekre jellemző a **térizoméria (sztereo-izoméria)**.

2.4.2. Az alkének fizikai és kémiai tulajdonságai

Az alkének fizikai tulajdonságai hasonlóak az azonos szénatomszámú alkánokéhoz, mert a molekuláik hasonló szerkezetűek és moláris tömegük sem tér el lényegesen.

Halmazállapot: a sorozat első négy tagja gáz, az 5-10 szénatomszámúak folyadékok, az ennél nagyobb szénatomszámúak szilárdak.

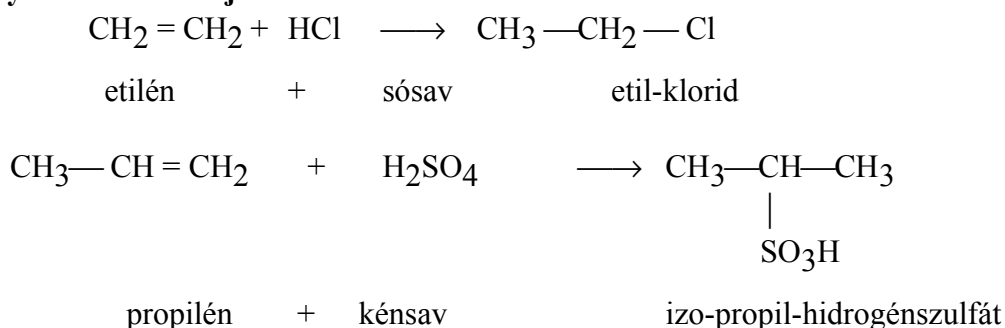
Olvadáspont: magasabb az azonos szénatomszámú alkánokénál.

Oldhatóság: vízben nem, de szerves oldószerben jól oldhatóak.

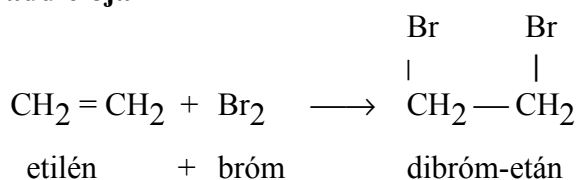
Kémiai tulajdonságaikat tekintve az alkánoknál reakcióképesebbek a kettős kötés miatt. A π -kötés könnyen felszakad és könnyen alakulnak ki új kötések. Bár az alkének szubsztitúciós reakcióba is vihetők, legjellemzőbb reakcióik mégis az addíciós reakciók, amikor a kettős kötésre egy molekula kapcsolódik, **addicionálódik**.

Az addíciós reakciókban az alkének reakciópartnerei különböző vegyületek lehetnek. Így pl.:

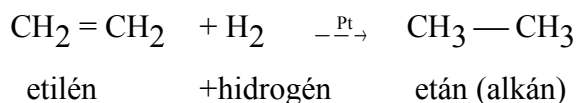
- ásványi savak addíciója



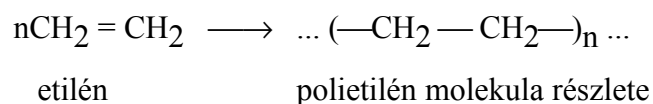
- halogének addíciója



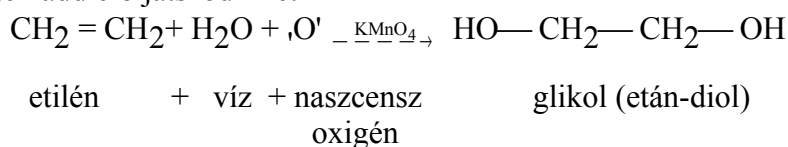
- hidrogénaddíció



- polimerizáció: az alkénmolekulák a π -kötés felszakadásakor egymással kapcsolódnak, így óriásmolekulákat hoznak létre melléktermék keletkezése nélkül.



- oxidáció: oxidálószer, pl. KMnO_4 (kálium-permanganát)-oldat hatására enyhe oxidáció esetén addíció játszódik le:



Erélyesebb oxidáció esetén a kettős kötésű szénatomok között szétszakad a lánc és kisebb molekulású oxovegyületek, ill. karbonsavak keletkeznek.

Az addíciós reakciókat felhasználhatjuk a kettős kötések számának meghatározására.

2.4.3. Az alkinek homológ sora

Az **alkinek** háromszoros kovalens kötést (σ , π , π) tartalmazó vegyületek. Léteznek gyűrűs ill. több hármaskötést tartalmazó alkinek is, de ezek kis jelentőségűek. Legfontosabb az acetilén és származékai.

Az alkinek is homológ sort alkotnak. Összegképletük C_nH_{2n-2} .

2.4.4. Az alkinek fizikai és kémiai tulajdonságai

Halmazállapot: szobahőmérsékleten az 1-4 szénatomos termékek gázhalmazállapotúak, az ennél nagyobb szénatomszámúak folyadékok, ill. szilárd halmazállapotúak.

Olvadáspont: a szénatomszám növekedésével csökken, a butinok és pentinek olvadáspontja a kettős kötés helyzetétől függően különböznek.

Forráspont: a szénatomszám növekedésével növekszik.

Oldhatóság: vízben nem oldódnak, de szerves oldószerek - elsősorban aceton - jól oldják őket.

A legfontosabb alkinek fizikai állandóit a I/7. táblázat tartalmazza.

I/7. táblázat

A fontosabb alkinek fizikai állandói

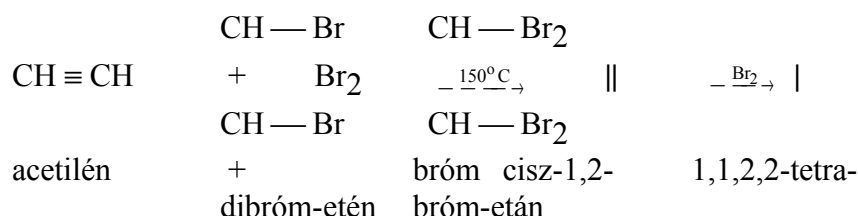
Név	Olvadás pont (°C)	Forráspont (°C)
Etin, acetilén	-81,8	-83,4
Propin	-104,7	-23,3
1-Butin	-130,0	8,6
2-Butin	-28,0	27,2
1-Pentin	-95,0	39,7
2-pentin	-101,0	55,5

Kémiai tulajdonságaikat tekintve az alkinek igen reakcióképes vegyületek, ami a két viszonylag gyenge π -kötéssel és a C—H kötés polározottságával magyarázható.

Legfontosabb reakcióik az alkénekéhez hasonlóan az addíciós reakciók. Első lépésben kettős kötésű vegyületek keletkeznek, amelyek további reakcióba - főleg addíciós reakciókba - vihetők.

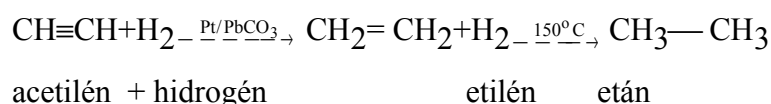
Az addíciós reakciókon kívül szubsztitúciós, oxidációs és polimerizációs reakciókban is részt vehetnek:

- halogénaddíció

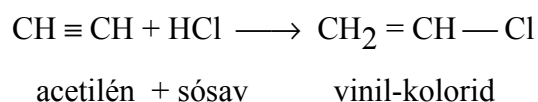


Az így előállítható tetrahalogénezett származékok jó oldószerek.

- hidrogénaddíció

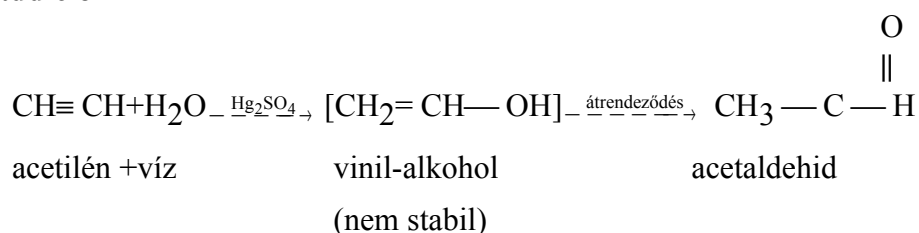


- ásványi savak addíciója

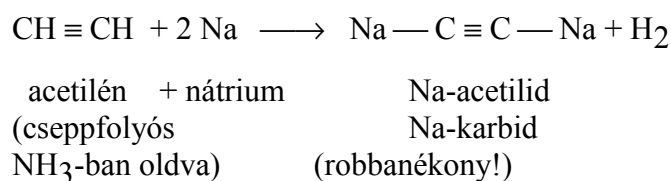


A vinil-klorid a PVC előállításának alapanyaga.

- vízaddíció



- sóképzés

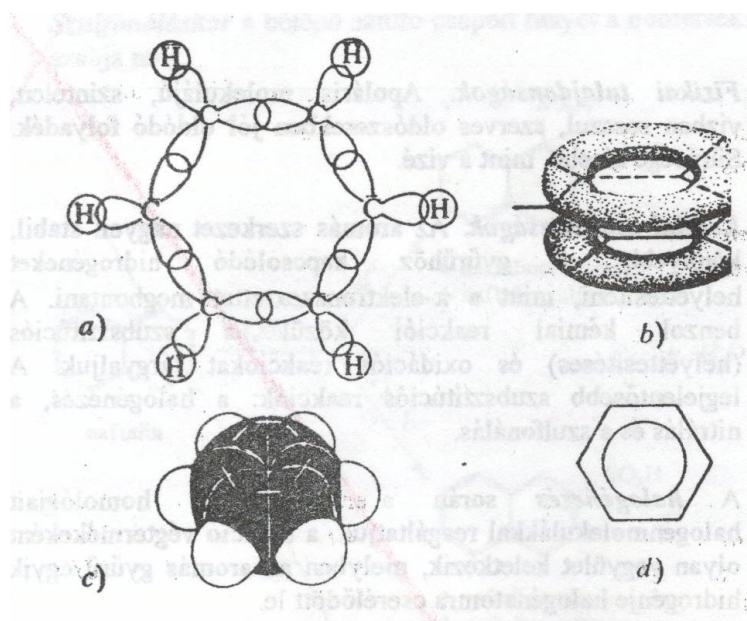


2.5. Aromás szénhidrogének

Az aromás vegyületek molekulájában megtalálható a benzolgyűrű, vagy ahhoz hasonló gyűrűrendszer. Az aromás gyűrűben a szénatomok egy síkban vannak, a π -elektronok delokalizáltak, melyeknek száma $4n + 2$, ahol n egész szám vagy zérus.

2.5.1. A benzol és homológjai

A benzol a legjellegzetesebb aromás vegyület, belőle több homológ sor is levezethető (I/2. ábra)


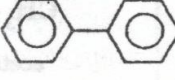

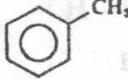
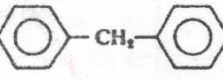

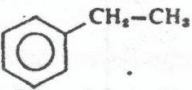
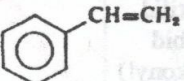
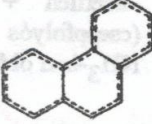
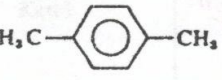
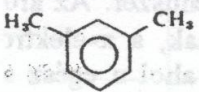
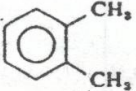


I/2. ábra. A benzol szerkezete

a) a szén- és a hidrogénatomok kapcsolódása, b) a π -elektronok elhelyezkedése, c) Stuart-modell, d) egyszerűsített képlet

Az aromás szénhidrogéneket az aromás gyűrűk száma és azok illeszkedése szerint csoportosíthatjuk (I/8. táblázat).

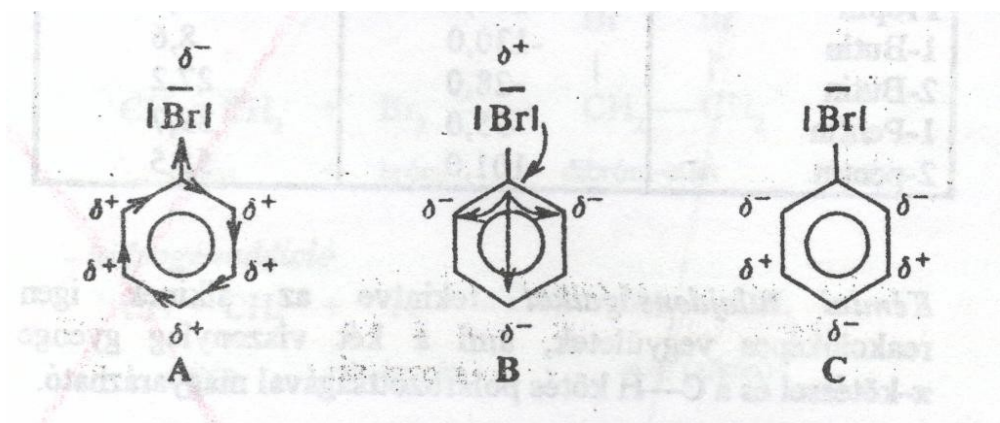
Az aromás szénhidrogének csoportosítása

Egy gyűrűs	Több gyűrűs	
	izolált	kondenzált
 benzol	 bifenil	 naftalin
 toluol	 difenil-metán	 antracén
 etil-benzol		
 vinil-benzol, sztírol		 fenantrén
 1,4-dimetil-benzol, <i>p</i> -xilol		
 1,3-dimetil-benzol, <i>m</i> -xilol		
 1,2-dimetil-benzol, <i>o</i> -xilol		

Fizikai tulajdonságok. Apoláris molekulájú, színtelen, vízben rosszul, szerves oldószerekben jól oldódó folyadék. Sűrűsége kisebb, mint a vízé.

Kémiai tulajdonságok. Az aromás szerkezet nagyon stabil, könnyebb a gyűrűhöz kapcsolódó hidrogéneket helyettesíteni, mint a π -elektronszextettet megbontani. A benzol kémiai reakciói közül a szubsztitúciós (helyettesítéses) és oxidációs reakciókat tárgyaljuk. A legjelentősebb szubsztitúciós reakciók: a halogénezés, a nitrálás és a szulfonálás.

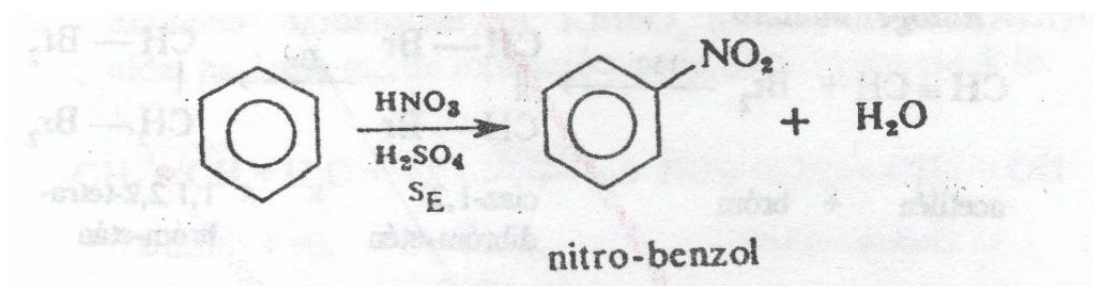
A **halogénezés** során a benzolt és homológjait halogénmolekulákkal reagáltatjuk, a reakció végtermékeként olyan vegyület keletkezik, melyben az aromás gyűrű egyik hidrogénje halogénatomra cserélődött le.



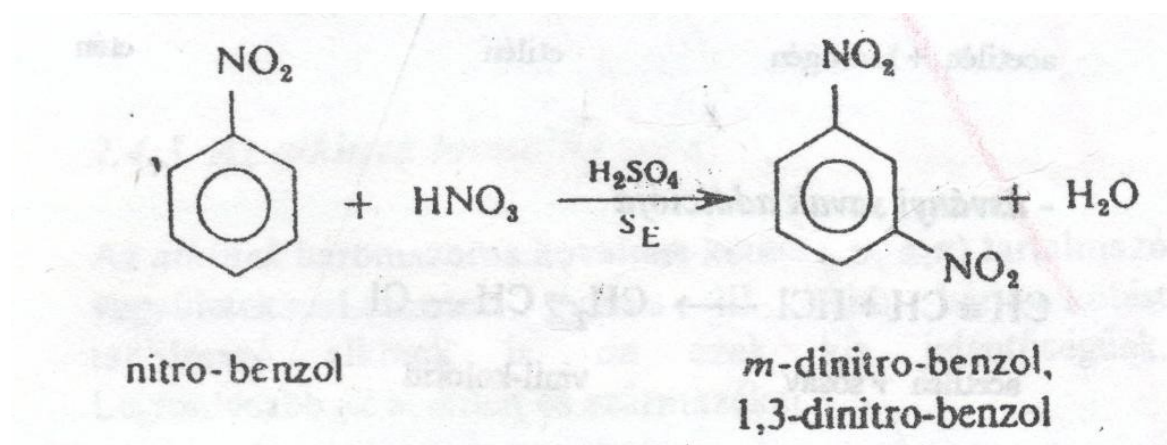
I/3. ábra. Az aromás gyűrű elektroneloszlása halogénezéskor

Mivel ebben a reakcióban a bróm kationként vesz részt, ezért a nagyobb elektronsűrűségű o- és p-helyekre fog belépni.

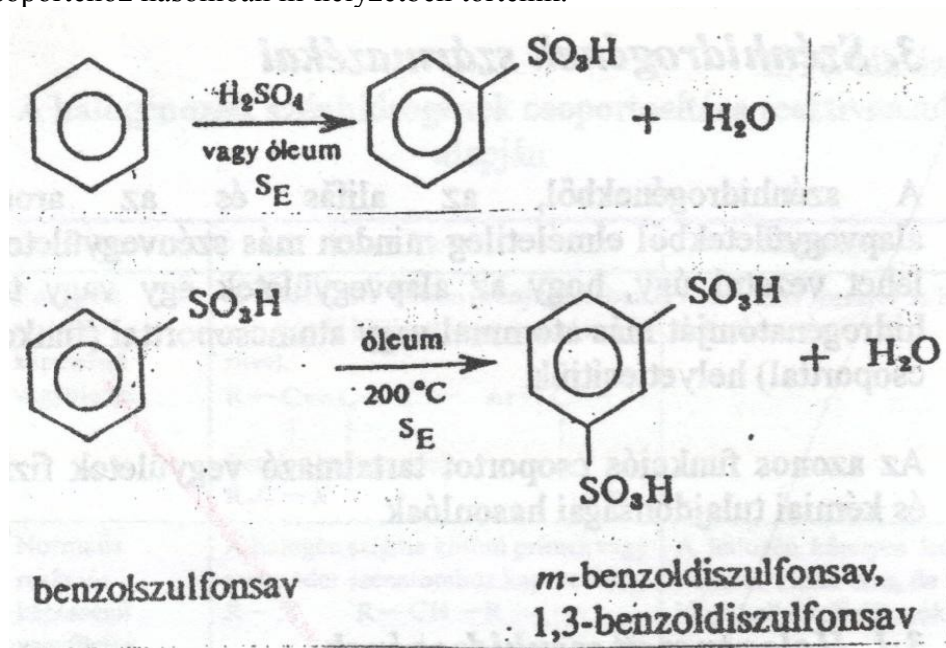
Nitráláskor az aromás gyűrű egy vagy több hidrogénjét nitro-csoportra cseréljük ki. Az így keletkezett vegyületeket **nitrovegyületeknek** nevezzük.



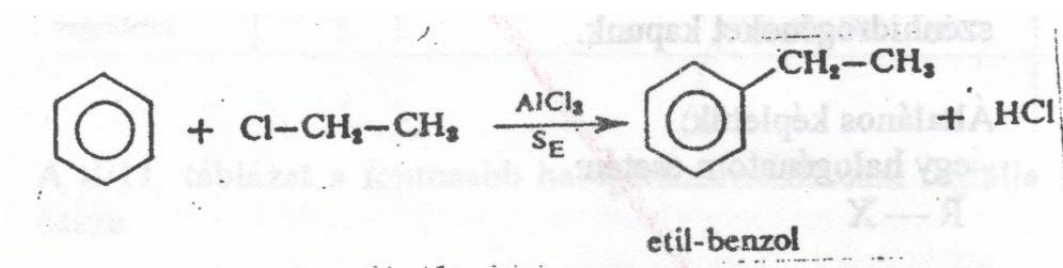
A nitro-benzolhoz is kapcsolódhat még egy nitro-csoport, de csak erélyesebb körülmények között. A második nitro-csoport a meta-helyzetű szénatomokhoz kapcsolódik, mert a benne lévő nitrogénnek és oxigénnek is nagy az elektronegativitása, tehát az elektronokat maga felé húzza. Az elektronsűrűség csökken a m-helyzetű szénatomokon és a negatív ionként reagáló nitro-csoport ide lép be.



Szulfonáláskor szénvázhoz szulfo-csoport kapcsolódik. A szulfo-csoport is elektronszívó hatása a benne lévő kén- és oxigénatomok miatt, így a második szulfo-csoport belépése a nitro-csoportéhoz hasonlóan m-helyzetben történik.

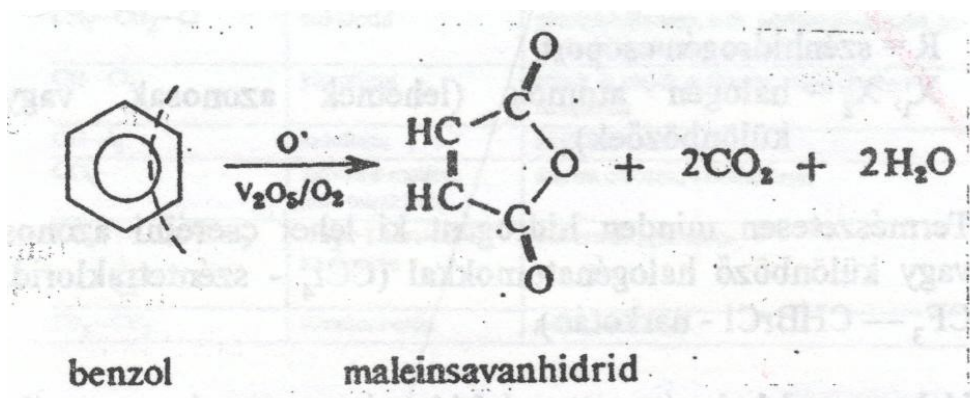


Alkilezés és acilezés (Friedel-Crafts-szintézis) során az aromás szénhidrogének hidrogénjét szénhidrogén- (alkil) ill. acilesopontra (R—CO—) cseréljük ki.



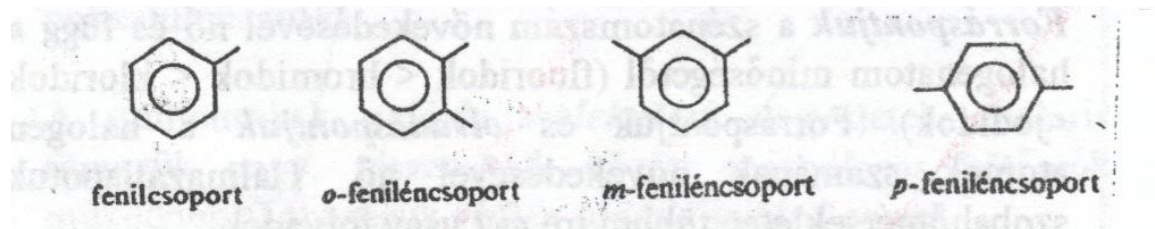
További alkilesoportok beépülése o- és p-helyzetbe történik hasonlóan a halogének beépüléséhez.

Oxidáció: enyhe oxidációnak az aromás gyűrű ellenáll, de erélyesebb körülményeket alkalmazva oxidálható.



A benzol gőzei belélegezve eszméletlenséget, nagyobb mennyiségben halált okoznak. Erősen rákkeltő anyag. Terhes nők nem dolgozhatnak vele.

Az aromás szénhidrogének az aréneknek, a belőlük levezethető egy vegyértékű csoportokat aril (jelük Ar-), a két vegyértékűeket pedig arilén-csoportnak nevezzük. Pl.:



A benzol homológjaiban a benzol egy vagy több hidrogénatomját különböző szénhidrogén-csoportok helyettesítik. A fontosabb aromás szénhidrogének fizikai állandóit foglalja össze az I/9. táblázat.

I/9. táblázat.

A fontosabb aromás szénhidrogének fizikai állandói

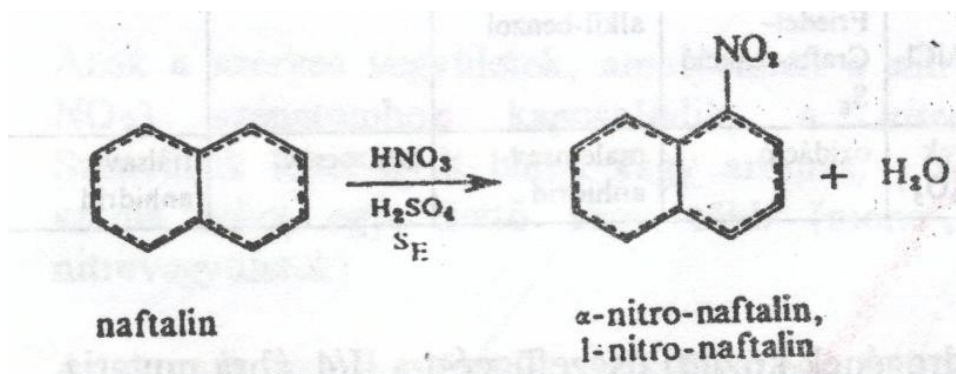
Név	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség (kg/m ³)
Benzol	5,5	80,2	874
Toluol	-97,7	110,8	871
<i>o</i> -Xilol (1,2-dimetil-benzol)	-29	143,9	881
<i>m</i> -Xilol (1,3-dimetil-benzol)	-54	138,8	868
<i>p</i> -Xilol (1,4-dimetil-benzol)	13	139,1	867
Etil-benzol	-92,8	136,2	872
Kumol (izopropil-benzol)	-96	152,4	862
Sztirol (vinil-benzol)	-30,6	145,2	906
Bifenil	70	254,9	992
Trifenil-metán	93,4	358,9	1014
Naftalin	80,2	217,9	1145
Antracén	217	340-342	1250
Fenantrén	99-100	340	1179

2.5.2. Többgyűrűs aromás szénhidrogének

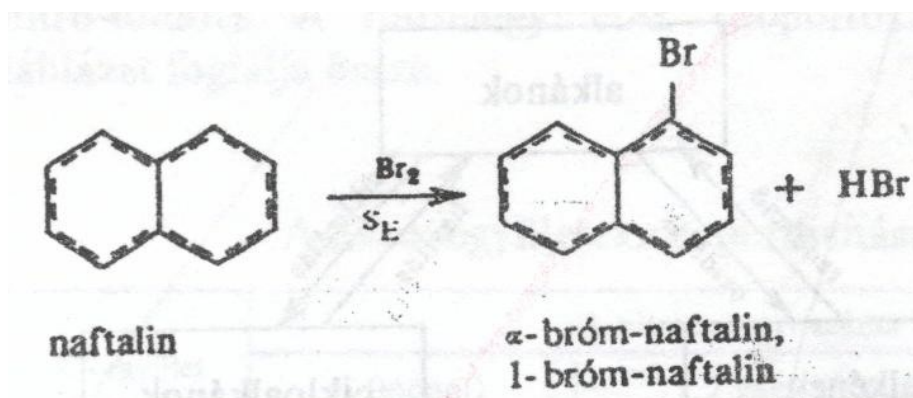
A többgyűrűs aromás szénhidrogéneknek két nagy csoportja van. Az egyikben a gyűrűknek nincs közös szénatomja, ezek az **izolált** többgyűrűs aromás szénhidrogének (pl. bifenil). A másik csoportba azok a vegyületek tartoznak, amelyekben a gyűrűknek van közös szénatomjuk. Ezek a **kondenzált** többgyűrűs aromás szénhidrogének (pl. naftalin, antracén, fenantrén).

A kondenzált gyűrűs vegyületek szerkezete kevésbé stabil (kevesbé szimmetrikus), mint a benzolé, ezért könnyebben vihetők reakcióba.

Nitráláskor kevésbé tömény savakat kell alkalmazni:

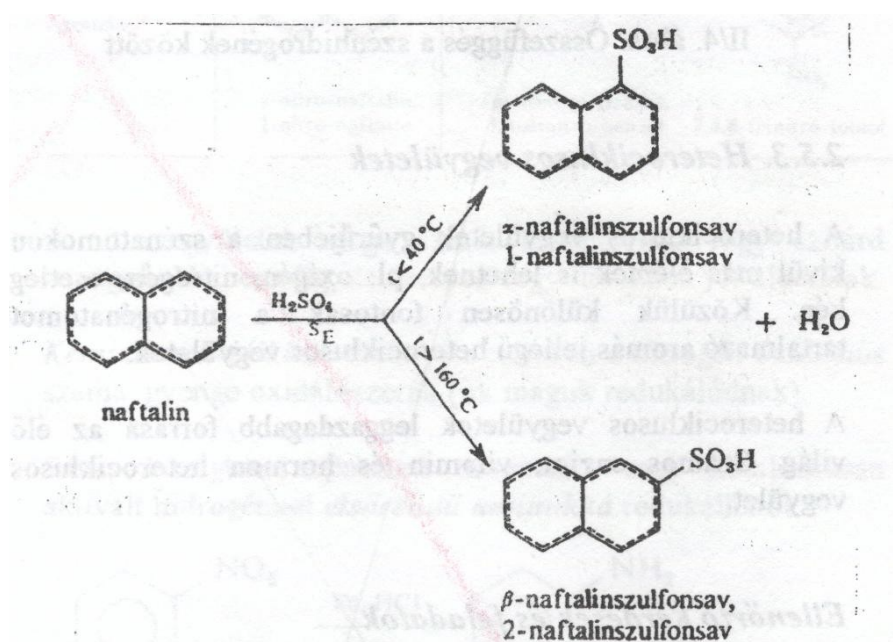


Halogénezéskor nincs szükség katalizátorra.

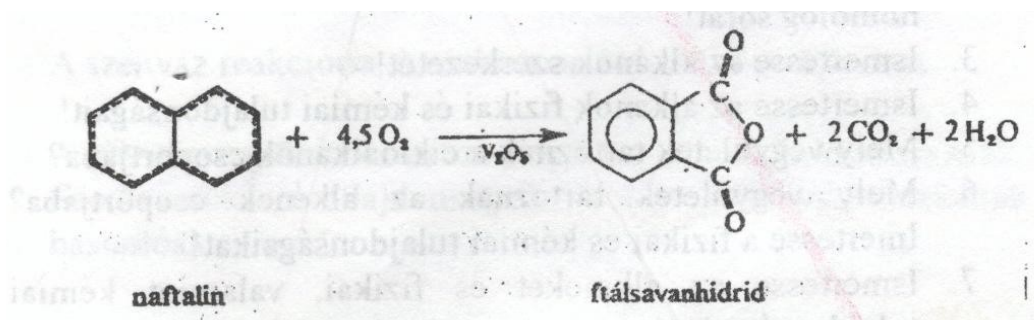


A szubsztituensek elsősorban α -helyzetbe lépnek be. Az α -helyzetű szénatomok elektronsűrűsége nagyobb, mint a β -helyzetűeké.)

Szulfonáláskor a bélépő szulfo-csoport helyét a hőmérséklet szabja meg.



Oxidációkor az egyik gyűrű felhasad és vízkilépéssel ftálsavanhidrid keletkezik.



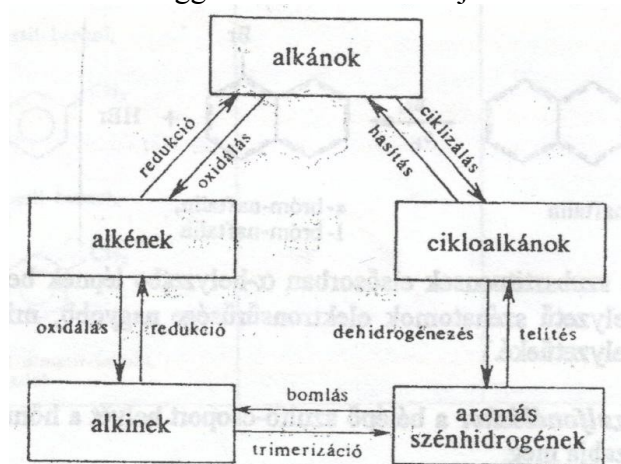
Az aromás szénhidrogének kémiai átalakulásait a I/10. táblázat foglalja össze.

I/10. táblázat

Az aromás szénhidrogének kémiai átalakulásai

Reagens	Folyamat	Termék		
		Benzol	Toluol	Naftalin
Klorgáz Fe katalizátor megvilágítás, hő	halogénezés S _E S _R	klór-benzol	<i>o</i> - és <i>p</i> -klór-toluol benzilklorid	α -klór-naftalin -
Kénsav (óleum)	szulfonálás S _E	benzol-szulfonsav	<i>o</i> - és <i>p</i> -toluol-szulfonsav	$t < 40^\circ\text{C}$ α - $t > 160^\circ\text{C}$ β - naftalin-szulfonsav
Salétromsav- kénsav elegy	nitálás S _E	nitro-benzol	<i>o</i> - és <i>p</i> -nitro-toluol	α -nitro-naftalin
Alkil-halogenid/ AlCl ₃	Friedel-Crafts-reakció S _E	alkil-benzol		
Oxidálószer levegő/V ₂ O ₅	oxidáció	maleinsav-anhidrid	benzoesav	ftálsav-anhidrid

A szénhidrogének közötti összefüggést a I/4. ábra mutatja.



I/4. ábra. Összefüggés a szénhidrogének között

2.5.3. Heterociklusos vegyületek

A heterociklusos vegyületek gyűrűjében a szénatomokon kívül más elemek is lehetnek, pl. oxigén, nitrogén, esetleg kén. Közülük különösen fontosak a nitrogénatomot tartalmazó aromás jellegű heterociklusos vegyületek.

A heterociklusos vegyületek leggazdagabb forrása az élő világ. Számos enzim, vitamin és hormon heterociklusos vegyület.

Ellenőrző kérdések és feladatok

1. Jellemezze és csoportosítsa a szénhidrogéneket!
2. Mit jelent a homológ sor kifejezés, ismertesse az alkánok homológ sorát!
3. Ismertesse az alkánok szerkezetét!
4. Ismertesse az alkánok fizikai és kémiai tulajdonságait!
5. Mely vegyületek tartoznak a cikloalkánok csoportjába?
6. Mely vegyületek tartoznak az alkének csoportjába? Ismertesse a fizikai és kémiai tulajdonságaikat!
7. Ismertesse az alkineket és fizikai, valamint kémiai tulajdonságaikat!
8. Melyek az aromás szénhidrogének, ismertesse a benzol fizikai és kémiai tulajdonságait!
9. Ismertesse a legismertebb benzolhomológokat!
10. Jellemezze a többgyűrűs aromás szénhidrogéneket!

3. Szénhidrogének származékai

A szénhidrogénekből, az alifás és az aromás alapvegyületekből elméletileg minden más szénvegyületet le lehet vezetni úgy, hogy az alapvegyületek egy vagy több hidrogénatomját más atommal vagy atomcsoporttal (funkciós csoporttal) helyettesítjük.

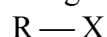
Az azonos funkciós csoportot tartalmazó vegyületek fizikai és kémiai tulajdonságai hasonlóak.

3.1. Halogénezett szénhidrogének

Ha a szénhidrogének egy vagy több hidrogénjét halogénatommal helyettesítjük, halogénezett szénhidrogéneket kapunk.

Általános képletük:

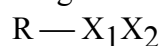
- egy halogénatom esetén:



R = alkil- vagy aril-csoport

X = halogén atom

- két halogénatom esetén



R = szénhidrogén csoport

X₁, X₂ = halogén atomok (lehetnek azonosak, vagy különbözőek)

Természetesen minden hidrogént ki lehet cserélni azonos vagy különböző halogénatomokkal (CCl₄ - széntetraklorid, CF₃ — CHBrCl - narkotán).

Valamennyi halogénezett szénhidrogén mesterséges termék. Folyékony állapotban kitűnő oldószerek és nem gyúlékonyak. Néhányukat tűzoltásra is használják halon néven. A "halon" név mellett - gyakran - a kémiai szerkezetre utaló szám szerepel. Ezek a számok a vegyület C-, F-, Cl-, Br-, I-atomjainak számát mutatják a jelzett sorrendben (pl. Halon 1211 ≡ CF₂ — ClBr).

Forráspontjuk a szénatomszám növekedésével nő és függ a halogénatom minőségétől (fluoridok < bromidok < kloridok < jodidok). Forráspontjuk és **olvadáspontjuk** a halogén atomok számának növekedésével nő. Halmazállapotuk szobahőmérsékleten többnyire gáz vagy folyadék.

Oldhatóságuk vízben rossz, szerves oldószerekben jó.

Kémiai tulajdonságok. A C — X (X = F, Cl, Br, I) nem szimmetrikus kovalens kötés. A szén és a halogén között nagy az elektronegativitásbeli különbség, ezért a kötés kisebb-nagyobb mértékben poláros, a molekulák dipólusosak.

Reakcióképességük függ a szénhidrogén-csoporttól, a halogének minőségétől és számától, valamint a molekulában elfoglalt helyétől és attól, hogy a halogénnel kapcsolódó szénatom egyszeres vagy többszörös kötéssel kapcsolódik-e a mellette lévő szénatomhoz. A halogénezett szénhidrogének csoportosítását a reakcióképesség alapján a I/11. táblázat mutatja.

I/11. táblázat

A halogénezett szénhidrogének csoportosítása reaktivitásuk alapján

Csoport	Típus	Jellemzőjük
Fokozott reakcióképességű vegyületek	A képződött kation konjugációban van kettős kötéssel vagy aromás gyűrűvel. $\begin{array}{c} \text{R}-\text{C}=\text{C}-\text{C}^{\oplus}- \\ \quad \quad \\ \text{Ar}-\text{C}^{\oplus}- \\ \end{array}$ Tercier halogenidek $\text{R}_3\text{C}-\text{X}$	Már vízzel forralva is hidrolizálnak
Normális reakcióképességű vegyületek	A halogén szigma kötésű primer vagy szekunder szénatomhoz kapcsolódik. $\begin{array}{c} \text{R}-\text{X} \quad \text{R}-\text{CH}-\text{R} \\ \\ \text{X} \end{array}$	A halogén könnyen lecserélhető. Vízzel nem, de híg lúggal elhidrolizálhatók
Csökkent reakcióképességű vegyületek	A halogén konjugációban van kettős kötéssel vagy aromás gyűrűvel. $\begin{array}{c} \text{R}-\text{C}=\text{C}-\text{X} \quad \text{Ar}-\text{X} \\ \quad \end{array}$	A halogén csak erőyes körülmények között cserélhető le. Lúgomledékekkel hidrolizálhatók

A II/12. táblázat a fontosabb halogénszármazékokat foglalja össze.

II/12. táblázat

Fontosabb halogénszármazékok

Vegyület	Felhasználása
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{Cl}$	etil-klorid párolgáshője nagy, erős lehűlést okoz, ezért helyi érzéstelenítésre használják
$\text{CH}-\text{Cl}_3$	kloroform zsírok és olajok oldószere, régen altatóra is használták
$\text{CH}-\text{I}_3$	jodoform fertőtlenítőszer
CCl_4	tetraklór-metán szerves oldószere, extrahálószer
$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	2-klór-1,3-butadién kropoprén műkaucsukgyártásban
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	tetrafluor-etén teflongyártásban

3.2. Szulfonsavak

Azokat a vegyületeket, amelyekben a szulfocsoport ($-\text{SO}_3\text{H}$) szénatomhoz kapcsolódik, **szulfonsavaknak** nevezzük. Az alapvegyület lehet nyílt láncú vagy aromás, amelyben kapcsolódhat egy, kettő vagy több szulfocsoport (mono-, di-, poliszulfonsavak).

A szulfonsavak **poláris molekulájú** vegyületek, moláris tömegük nagy, részecskéik között másodlagos kötőerők működnek. Többségük **vízben oldódó szilárd anyag**.

A szulfonsavak **erőssége** a sósav erősségével összemérhető.

Kémiai reakcióik három csoportra oszthatók. Az elsőbe azok az átalakulások tartoznak, amelyek általában a **savakra jellemzők** (sók és savszármazékok képződése). A második csoportba azok a reakciók tartoznak, amelyek során a szulfocsoportot helyettesítjük más atomcsoporttal (Na-hidroxidos és Na-cianidos ömlesztés). A reakciók harmadik csoportját a szénváz reakciói képezik. (A szulfocsoport elektronszívó, második szulfocsoport beépülése m-helyzetbe. lsd. 2.5.1. fejezet) A szulfonsavak kémiai átalakulásait a I/13. táblázat foglalja össze.

I/13. táblázat

A szulfonsavak kémiai átalakulásai

Reagens	Folyamat	Létesült kötés	Termék
NaOH-oldat NaCl-oldat	sóképzés		szulfonsav sója
NaOH tömény, 300 °C	szubsztitúció, S_{N}	$\text{C}-\text{O}$	Na-fenolát
NaCN, 300 °C	szubsztitúció, S_{N}	$\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$	nitril

3.3. Nitro- és nitrozovegyületek

Azok a szerves vegyületek, amelyekben a nitro-csoport ($-\text{NO}_2$) szénatomhoz kapcsolódik, a **nitrovegyületek**. Szénvázuk lehet nyílt láncú vagy aromás, a nitrocsoportok száma lehet egy, kettő vagy több (mono-, di-, poli-nitrovegyületek)

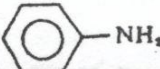
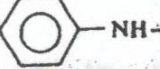
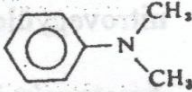
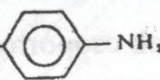
Az aromás nitrovegyületek mérgezőek és - különösen a több nitrocsoportot tartalmazó tagok - robbanékonyak (TNT = tri-nitro-toluol). A nitrovegyületek csoportosítását a II/13. táblázat foglalja össze.

A nitrovegyületek sárga színű, cseppfolyós vagy szilárd anyagok. Vízen alig, de szerves vegyületekben jól oldódnak.

Kémiai reakcióikban többnyire csökken a nitrogén oxidációs száma, gyenge oxidálószerként (ők maguk redukálódnak).

A nitrovegyületek csoportosítását mutatja az I/14. táblázat.

Az aminok csoportosítása

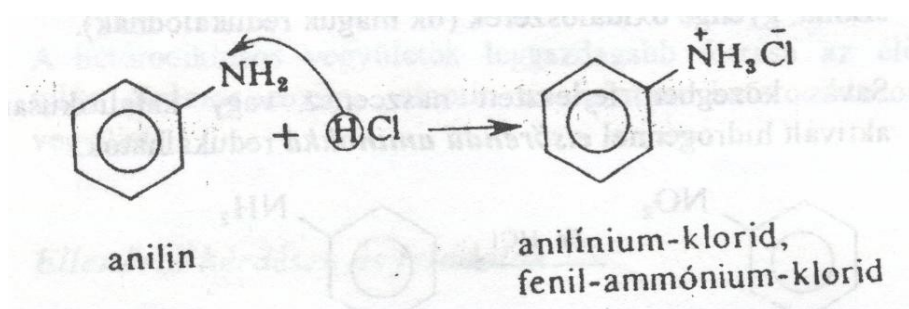
Rendűség Értékűség	I. rendű	II. rendű	III. rendű
Egyértékű	$\text{CH}_3\text{—NH}_2$ metil-amin  anilin, amino-benzol	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$ dimetil-amin  N-metil-anilin, fenil-metil-amin	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$ trimetil-amin  N,N-dimetil-anilin, dimetil-fenil-amin
Kétértékű	$\text{H}_2\text{N—(CH}_2)_6\text{—NH}_2$ hexametilén-diamin, 1,6-diamino-hexán  p-fenilén-diamin, 1,4-diamino-benzol		

Jellemző, ammóniára emlékeztető, de annál kellemetlenebb szagú vegyületek. Többségük folyadék, csak a tíznél több szénatomot tartalmazók szilárdak.

Forráspontjuk az azonos moláris tömegű szénhidrogénekénél magasabb (az első- és másodrendűeké), vagy közel azonos azokéval (harmadrendűeké). Az azonos tömegű aminok forráspontja a rendűség növekedésével csökken (egyre kisebb a lehetőség a hidrogénkötés kialakulására).

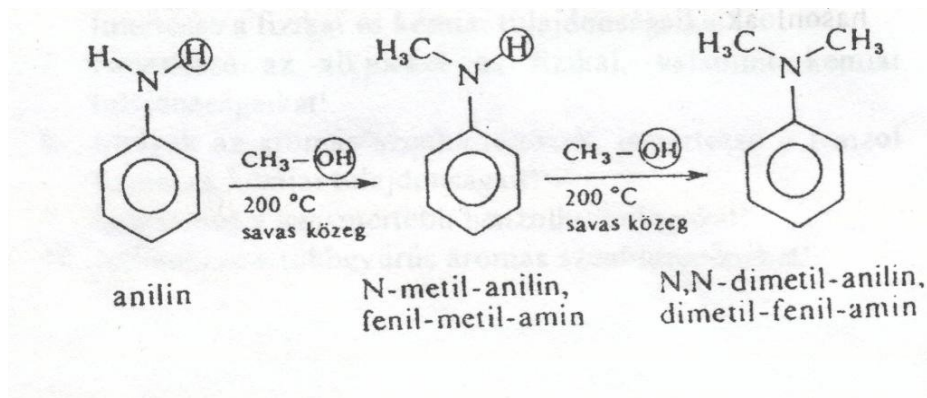
A legkisebb szénatomszámúak **vízoldhatósága** jó.

Kémiai tulajdonságaik. A nitrogénatomon található nemkötő elektronpár miatt protonfelvételre hajlamosak, azaz bázisos tulajdonságúak. **Savakkal** sót képeznek:

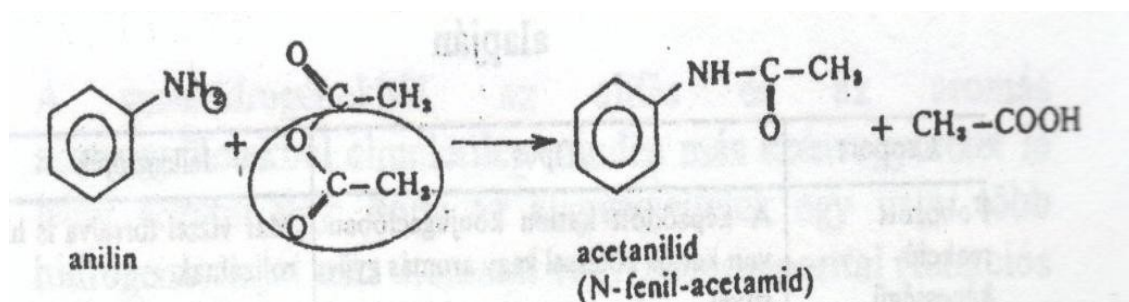


Oxidációra érzékenyek, már a levegő oxigénje is megtámadja őket. Nitrálkor az anilincsoportot meg kell védeni a reagens oxidáló hatásától (ha azt akarjuk, hogy a nitrocsoport a szénvázba épüljön be).

Alkilezéskor az aminocsoport hidrogénjét cseréljük ki alkilcsoporttal (vagy arilcsoporttal):

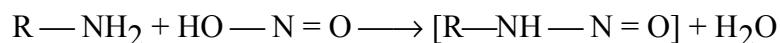


Acilezéskor az aminok hidrogénjeit acilcsoporttal cseréljük ki:



Ez a reakció alkalmas az aminocsoport megvédésére. Csak az első- és másodrendű aminok acilezhetők.

Salétromossavval először elsőrendű nitrózamin keletkezik. Az aromás primer aminokból savas közegben $+5\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérséklet alatt salétromossavval diazóniumvegyületek keletkeznek. Ezek olyan vegyületek, amelyek két összefüggő, egymáshoz kovalensen kapcsolódó nitrogénatomot tartalmaznak és csak az egyik kapcsolódik a szénatomhoz:



I. rendű nitrózamin

A diazóniumvegyületek bomlékonyak, csak vizes oldatban $+5\text{ }^\circ\text{C}$ alatt állíthatók elő.

Az aminok kémiai átalakulásait a I/16. táblázat foglalja össze.

Az aminok kémiai átalakulásai

Reagens	Folyamat	Termék		
		I. rendű	II. rendű	III. rendű
		kiindulási aminok esetében		
Sav	sóképzés	helyettesített ammóniumsók		
Alkil-, aralkil-halogenid	alkilezés, aralkilezés	II. r. és III. r. amin	III. r. amin	IV. r. ammónium-só
Dialkil-szulfát	alkilezés			-
Alkohol				
Savanhidrid, Savhalogenid	acilezés	helyettesített savamidok		só
Salétromossav	nitrozálás, diazotálás	diazóniumsó ↓ OH-vegyület	II. r. nitroz-amin	só vagy p-nitrozo származék

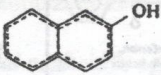
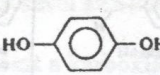
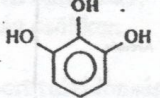
3.5. Hidroxiszármazékok

Ha a szénhidrogén egy vagy több hidrogénjét hidroxilcsoporttal helyettesítjük, **hidroxiszármazékokat** kapunk. Ezeket a vegyületeket a hidroxilcsoportok száma és a szénatom kapcsolódási módja szerint lehet csoportosítani. A csoportosítást a I/17. táblázat mutatja.



Az alkoholokban a hidroxilcsoport szigma-(egyes-)kötésű szénatomhoz kapcsolódik. A hidroxilcsoportok száma, az alapvegyület jellege és a hidroxilcsoportot hordozó szénatom rendősége alapján különböztetjük meg az alkoholokat (I/18. táblázat).

I/17. táblázat.

A hidroxiszármazékok csoportosítása

A hordozó szénatom kapcsolódási módja szerint	A hidroxilcsoportok száma alapján		
	egyértékű	kétfértékű	többértékű
Alkohol	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ etil-alkohol, etanol	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ 1,2-étándiol, etilén-glikol	$\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2$ $\begin{array}{c} \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ glicerin, 1,2,3-propántriol
Enol	$[\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OH}]$ vinil-alkohol, eténol		
Fenol	 β-naftol, 2-naftol	 hidrokinon, 1,4-dihidroxi-benzol	 pirogallol, 1,2,3-trihidroxi-benzol

Az alkoholok csoportosítása

A szénlánc jellege	A hidroxilcsoportot hordozó szénatom rendfűsége		
	I. rendű	II. rendű	III. rendű
Telített	$\text{CH}_3\text{—OH}$ metil-alkohol, metanol	$\text{CH}_3\text{—CH—CH}_3$ OH izopropil-alkohol, 2-propanol	CH_3 $\text{CH}_3\text{—C—CH}_3$ OH terc-butil-alkohol, 2-metil-2-propanol
Telítetlen	$\text{CH}_2\text{=CH—CH}_2\text{—OH}$ allil-alkohol, 2-propénol		
Aromás	 benzil-alkohol	 l-fenil-etanol	

Az alkoholok poláros szerkezetűek, képesek egymással és a vízmolekulákkal is hidrogénhidakat kiépíteni. Ez magyarázza viszonylag magas forráspontjukat és jó vízdékonyságukat, valamint a víz és alkohol elegyítésekor bekövetkező térfogatsökkenést (kontrakciót). Az O—H kötés mindkét vegyületben polarizált.

A szénlánc növekedésével előtérbe kerül az alkoholmolekulák hidrofób (víztaszító) jellege, így a hosszabb szénláncú alkoholok vízzel nem elegyednek.

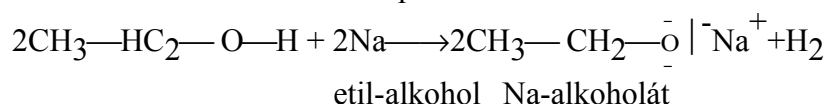
A szénatomszám növekedésével a forráspont, az olvadáspont és a sűrűség növekszik.

Kémiai tulajdonságaik. Az alkoholok a vízmolekulákhoz hasonlóan kismértékben disszociálnak, a keletkezett kationt alkoholát-ionnak nevezzük. A disszociáció értéke a vízéhez hasonló, ezért az alkoholok **semlegesek**.

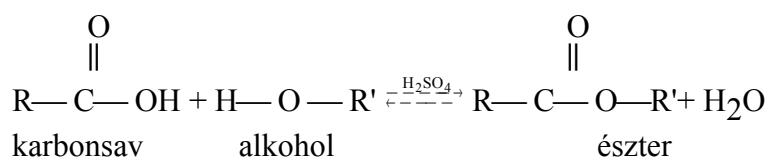
Az alkoholok hidroxilcsoportja eltérően viselkedik a savak, ill. lúgok hidroxilcsoportjától, ezért megkülönböztetésképpen alkoholos hidroxidnak nevezzük.

A kémiai reakciókat az egyszerűség kedvéért az egyértékű alkoholok példáján keresztül tárgyaljuk.

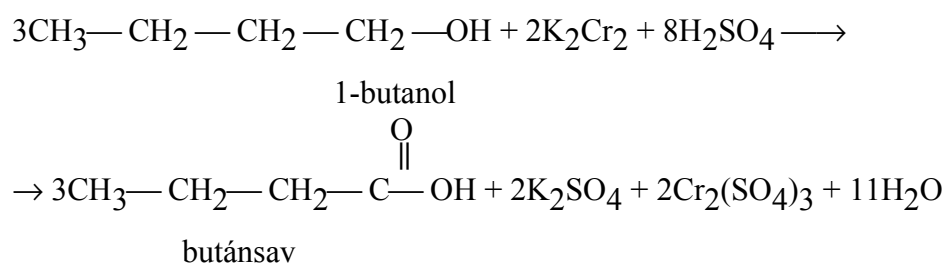
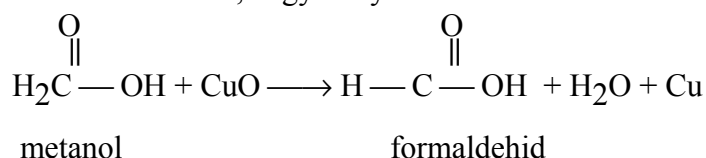
Fémnátriummal Na-alkoholátot képeznek:



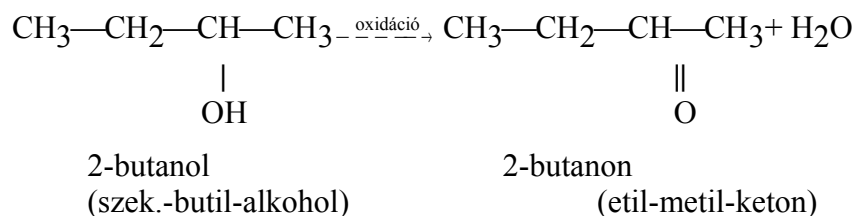
Savakkal észtert képeznek vízkilépés közben:



Oxidálással aldehidek, vagy erősebb oxidációkor karbonsavak keletkeznek.



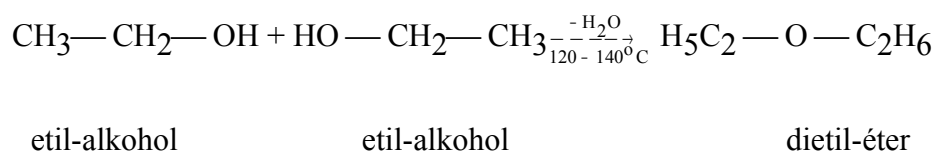
Másodrendű alkoholok oxidációjakor ketonok keletkeznek, erősebb oxidációkor pedig lánctöréssel kisebb szénatomszámú karbonsavak.



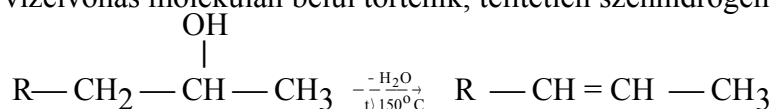
Harmadrendű alkoholok gyenge oxidációnak ellenállnak, erősebb oxidációkor pedig a szénlánc széttöredezik. Széndioxid, víz és kisebb szénatomszámú karbonsav keletkezik.

Dehidrogénezéssel (hidrogénelvonással) telítetlen alkoholok keletkeznek.

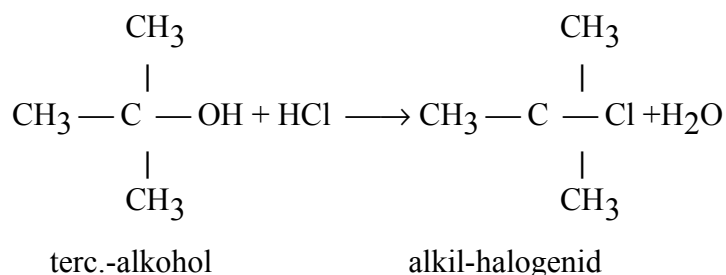
Két molekula alkoholból vízelvonó szerek hatására éter képződik:



Ha a vízelvonás molekulán belül történik, telítetlen szénhidrogén (**alkén**) keletkezik:



Ha a hidroxilcsoportot halogénatomra cseréljük le, **alkil-halogenidet** kapunk:



Az **enolokban** a hidroxilcsoportot hordozó szénatom kettős kötéssel (σ, π -kötés) kapcsolódik a szomszédos szénatomhoz, de nem aromás szerkezetű.

A **fenolokban** a hidroxilcsoport aromás gyűrűkhöz kapcsolódik. Poláris vegyületek, hidrogénkötés kialakítására képes, savas karakterű vegyületek. Szobahőmérsékleten szilárdak, vízben alig vagy gyengén, éterben és alkoholban jól oldódnak.

A fenolok kémiai átalakulásait a I/19. táblázat foglalja össze.

I/19. táblázat

A fenolok kémiai átalakulásai

Reagáló csoport	Reagens	Folyamat	Termék	Megjegyzés
Fenolos OH	NaOH alkohol dialkil-szulfát sav vagy származéka	sóképzés éterképzés alkilezés észterképzés	fenolát fenol-éter fenol-éter fenol észter	csak több gyűrűs fenol adja
A gyűrű	halogén HNO ₃ H ₂ SO ₄ CO ₂ (2,5 MPa)	S _E	o- és p- származék o-származék	csak fenolát

3.6. Éterek

Az éterek szerves vegyületek, melyekben két telített vagy telítetlen szénatomot egy oxigénatom hídként kapcsol össze.

A szénhidrogéncsoport lehet telített nyílt láncú, telített gyűrűs vagy aromás. Az oxigén összeköthet két azonos vagy két különböző szénhidrogéncsoportot.

Forráspontjuk az alkoholokénál alacsonyabb, **gőzeik sűrűsége** a levegőénél nagyobb. A legtöbb éter gyúlékony és a levegővel robbanóelegyet képez. Vízrel kevésbé, alkohollal jól **elegyednek**, általában jó **oldószerek**.


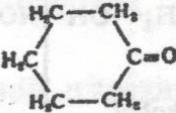
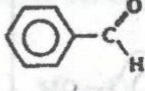
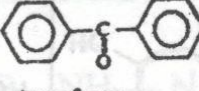
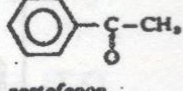
Az alkoholokhoz és éterekhez hasonló vegyületek a tioalkoholok és a tioéterek. Ezekben az oxigénatomot kénatom helyettesíti.

3.7. Oxovegyületek

Az oxovegyületekben a szénhidrogének két hidrogénatomját oxo-csoport (=O) helyettesíti. Attól függően, hogy az oxo-csoport a szénlánc végén vagy belsejében van, aldehideket és ketonokat különböztetünk meg. A molekulában lehet egy vagy több oxo-csoport. A monooxo-vegyületek csoportosítását a I/20. táblázat tartalmazza.

I/20. táblázat

A monooxovegyületek csoportosítása

A szénváz jellege	Aldehid	Keton	
		egyszerű	vegyes
Telített nyílt láncú	 formaldehid, metanal	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ aceton, propanon	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ etil-metil-keton, 2-butanon
Telített, gyűrűs		 ciklohexanon	
Telítetlen	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$ krotonaldehid, 2-buténal		
Aromás	 benzaldehid	 benzofenon, difenil-keton	 acetofenon, fenil-metil-keton

A karbonil-csoport erősen poláris, mert a nagy elektronegativitású oxigénatom a kettős (π) kötés elektronjait maga felé húzza.

Molekuláik nem képeznek egymással hidrogénkötéseket, ezért **forráspontjuk** alacsonyabb a megfelelő szénatomszámú alkoholokénál.

Vízoldékonyságuk a szénlánc növekedésével csökken (az apoláros rész növekedése miatt).

Kémiai aktivitásuk a szén- és oxigén közötti kettős (σ, π) kötés miatt meglehetősen nagy. Az oxovegyületek kémiai reakcióit a I/21. táblázat foglalja össze.

Az oxovegyületek kémiai átalakulásai

Reagens		Folyamat	Termék	
			aldehidből	ketonból
NaHSO ₃		addíció, Ad _N	α-hidroxi-szulfonát, aldehid-, ill. keton-biszulfit	
Alkohol	1 mol	addíció, Ad _N	félacetál	
	felesleg	vizkilépés, S _N	acetál	
α-Hidrogénnel rendelkező oxovegyület + 40%-os NaOH		addíció, Ad _N majd vizkilépés, E	aldol, telítetlen aldehid	ketol, telítetlen keton
H ₂ /Pt		addíció, Ad _R	I. r. alkohol	II. r. alkohol
O ₂ /kat.		enyhe oxidáció	karbonsav	-

3.8. Karbonsavak és származékaik

Azok a vegyületek, amelyek molekulájában karboxil-csoport van, a karbonsavak. A karbonsavszármazékokban a karboxilcsoport – OH csoportja más atommal vagy atomcsoporttal van helyettesítve.

3.8.1. Karbonsavak

Vannak mono-, di- és polikarbonsavak attól függően, hogy hány karboxilcsoport van a molekulában (hány értékű), és a szénlánc lehet telített, telítetlen vagy aromás.

A karbonsavak is **homológ sort** alkotnak. Legfontosabb a telített **monokarbonsavak** (zsírsavak) csoportja.

Az alacsonyabb szénatomszámú **zsírsavak** jellemző szagú folyadékok, hidrogénkötés kialakítására képesek.

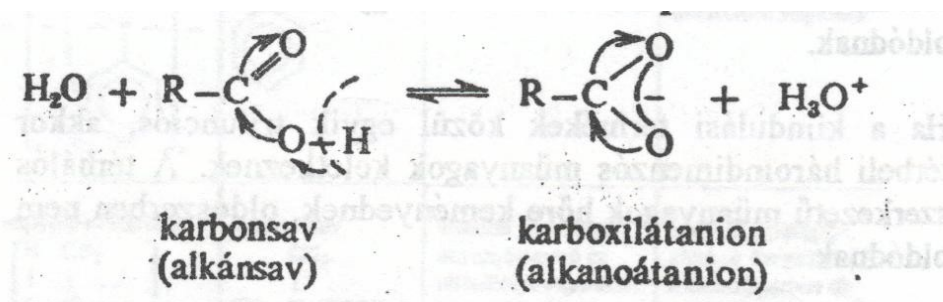
A karbonsavakra jellemző, hogy a **szénhidrogényökök apoláros, karboxilcsoportjuk viszont poláros** tulajdonságú. Savas karakterűek, disszociációval negatív töltésű, egyértékű anion keletkezik.

A telített, egybázisú (egy karboxilcsoportot tartalmazó), alacsonyabb szénatomszámú karbonsavak folyékonyak, a magasabb szénatomszámúak szilárdak.

A szénatomszám növekedésével a forráspont nő. Az alacsonyabb szénatomszámúak vízdoldhatóak, a szénatomszám növekedésével az oldhatóság csökken.

Kémiai reakcióik egyrészt a karboxilcsoport tulajdonságaival kapcsolatosak, másrészt a hozzá kötődő alkilgyök természetétől (telített vagy telítetlen) is függenek. A

karboxilcsoportban létrejött polarizálódás magát a csoportot is és a mellette lévő szénatomot is reakcióképesé teszi.



A karbonsavak jellemző kémiai reakciói, hogy bázisokkal sót, alkoholokkal észtert képeznek.

A **telítetlen egybázisú** karbonsavak egy vagy több olefin kötést tartalmaznak, ezért adják a karboxilcsoport és az olefin reakcióit is (olajsav, linolsav, linolénsav).

A **kétfázisú** karbonsavak (két karboxilcsoport) közül az oxálsavnak és az adipinsavnak van nagy jelentősége.

3.8.2. Karbonsavszármazékok

Azokat a vegyületeket, amelyek úgy származtathatók le a karbonsavakból, hogy a karboxilcsoport hidroxilcsoportját, esetleg oxigénjét is valamilyen atom vagy atomcsoport helyettesíti, karbonsavszármazékoknak nevezzük.

3.8.3. Fontosabb karbonsavak és származékaik

Hangyasav HCOOH. Telített monokarbonsav. Színtelen, szúrós szagú, vízben oldódó folyadék. Nevét onnan kapta, hogy a vöröshangyák váladékából nyerték ki először. A csalánban is előfordul.

A bőr- és textiliparban használják fel páclevek készítésére. Redukáló hatása miatt silózott takarmányok tartósítására, hordók fertőtlenítésére is használják. A bőrre kerülve hólyagot hűz.

Legfontosabb származékai a metil- és etilformiát, valamint a formamid és a dimetilformamid.

Ecetsav CH₃—COOH. A legrégebben ismert szerves sav. A tömény ecetsav szúrós szagú, könnyezésre ingerlő folyadék. Híg vizes oldata gyenge sav, vízzel és poláris oldószerekkel jól elegyedek.

Ipari jelentősége igen nagy. A háztartásoktól kezdve (ételecet) a műanyaggyártáson át a gyógyszerek előállításáig széles területen alkalmazzák.

Legfontosabb származékai az acetil-klorid, ecetsavanhidrid és az etil-acetát (a sóborszesz jellemző illatanyaga).

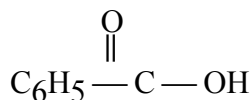
Palmitinsav $\text{CH}_3\text{---}(\text{CH}_2)_{14}\text{---COOH}$ és a **sztearinsav** $\text{CH}_3\text{---}(\text{CH}_2)_{16}\text{---COOH}$

A palmitinsav és sztearinsav sói a szappanok. Felületaktív tulajdonságuk miatt tisztító hatásúak. Kalcium- és magnézium-ionok hatására vízben oldhatatlan vegyületek alakjában kicsapódnak. A kemény víz ezért csökkenti a szappanok mosóhatását.

A legfontosabb származékaik a zsírok, olajok és a viaszok. A zsírokról és olajokról a Biokémia c. fejezetben lesz szó.

Olajsav $\text{CH}_3\text{---}(\text{CH}_2)_7\text{---CH} = \text{CH---}(\text{CH}_2)_7\text{---COOH}$. Telítetlen monokarbonsav. Olajokban fordul elő, a kettős kötés addicionálja a brómot és könnyen oxidálható. Használják a bőr- és textiliparban, jól oldja a fémoxidokat, ezért fémtisztítóként is alkalmazzák.

Benzooesav



Aromás monokarbonsav. Fehér kristályos anyag, nátriumsóját tartósítószerként használják a háztartásokban és az élelmiszeriparban. Legfontosabb származéka a benzoil-klorid.

A karbonsavszármazékokat a I/22. táblázat tartalmazza.

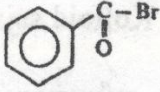
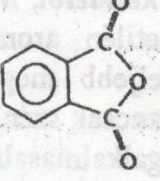
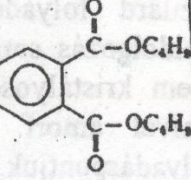
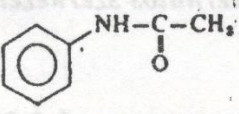
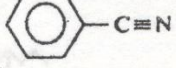
Oxálsav HOOC---COOH . Az oxálsav bázisokkal sót képez, sói az oxalátok. Ha csak az egyik karboxilcsoport hidrogénje van fémmel helyettesítve, akkor savanyú só keletkezik. Az oxálsav és sói nagyon elterjedtek a növényvilágban. Savanyú káliumsója (KOOCCOOH) a sóskában fordul elő.

Andipinsav ($\text{HOOC---}(\text{CH}_2)_4\text{---COOH}$). A szintetikus szálak fontos alapanyaga. A nylon előállítására használják fel.

Ellenőrző kérdések és feladatok

1. Jellemezze a heterociklusos vegyületeket!
2. Milyen szénhidrogénszármazékokat ismer?
3. Jellemezze a halogénezett szénhidrogéneket!
4. Ismertesse a szulfonsavakat!
5. Mit tud a nitro és nitrozovegyületekről?
6. Mit tud az aminokról és diazóniumvegyületekről?
7. Ismertesse a szénhidrogének hidroxiszármazékait!
8. Jellemezze az étereket és oxovegyületeket!
9. Mely vegyületeket nevezünk karbonsavaknak?
10. Melyek a legfontosabb karbonsavszármazékok, jellemezze őket!
11. Ismertesse a karbonsavak és karbonsavszármazékok legfontosabb képviselőit!

A karbonsavszármazékok csoportosítása

A helyettesítő	A származék	Példák
$X = F, Cl, Br, I$ halogén	$R-C \begin{matrix} O \\ // \\ X \end{matrix}$ savhalogénid	$CH_3-C \begin{matrix} O \\ // \\ Cl \end{matrix}$  acetyl-klorid benzoil-bromid
$-O-C \begin{matrix} O \\ // \\ R \end{matrix}$ savmaradék	$R-C \begin{matrix} O \\ // \\ O \end{matrix}$ $R-C \begin{matrix} O \\ // \\ O \end{matrix}$ savanhidrid	$CH_3-C \begin{matrix} O \\ // \\ O \end{matrix}$ $CH_3-C \begin{matrix} O \\ // \\ O \end{matrix}$  ecetsavanhidrid ftálsavanhidrid
$-OR, -OAr$ alkoxi- aroxi- aralkoxi-	$R-C \begin{matrix} O \\ // \\ OR' \end{matrix}$ észter	$CH_3-C \begin{matrix} O \\ // \\ OC_2H_5 \end{matrix}$  etil-acetát dibutil-ftalát
$-NH_2, -NH-R$ $-NR_2$ amino-, helyettesített amino-	$R-C \begin{matrix} O \\ // \\ NH_2 \end{matrix}$ savamid	$CH_3-C \begin{matrix} O \\ // \\ NH_2 \end{matrix}$  acetamid acetanilid
$\equiv N$ nitrogén	$R-C \equiv N$ nitril	$CH_3-C \equiv N$  acetonitril benzonitril

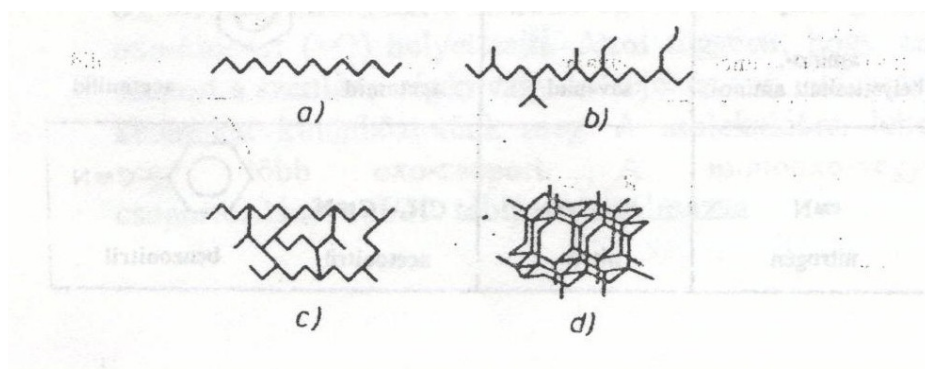
4. Műanyagok

A műanyagok műszaki eljárásokkal feldolgozható óriásmolekulájú (makromolekulájú) szerves eredetű anyagok, amelyeket szándékosan szintetikus úton vagy természetes nagymolekulájú anyagok átalakításával állítanak elő. Kolloid sajátosságúak.

Sok műanyag csak nehezen vagy egyáltalán nem vihető oldatba. Az **oldhatóság függ a makromolekula szerkezetétől, nagyságától és az oldószer minőségétől**. Pl. a polietilén aromás szénhidrogénekben - benzol, toluol - legfeljebb megduzzad, de oldatba már nem vihető. Az ugyancsak szénből és hidrogénből álló nyersguminak viszont a legalkalmasabb oldószere a benzol és a toluol.

A **műanyagok nem kristályosak**, hanem **amorfok**. Túlhűtött, szilárd folyadékoknak tekinthetők. Ha előállítás vagy feldolgozás során valamilyen oldatból válnak ki, a kiválás nem kristályosodás, hanem koagulálás. A műanyagoknak, mivel amorf szerkezetűek, nincs élesen meghatározott olvadáspontjuk.

Az óriásmolekula lehet el nem ágazó, elágazó, hálós és térhálós szerkezetű (I/5. ábra).



I/5. ábra. Az óriásmolekulájú polimerek szerkezete

Az **el nem ágazó és elágazó fonalszerű - lineáris -** molekulákra jellemző, hogy melegítésre meglágyulnak, alakíthatók, lehűtve megszilárdulnak. A folyamat kémiai átalakulás nélkül megismételhető. Ezek a műanyagok termoplasztikusak, hőre lágyulók. Ilyen szerkezetű műanyag pl. a polietilén és a nylon.

A **hálós polimerekben az el nem ágazó láncmolekulákat harántkötések kapcsolják össze**. A harántkötések a molekula szilárdságát növelik. Ilyen szerkezetű a gumi és a műgumi.

A **térhálós szerkezetű műanyagok hőre keményednek, oldószerekben nem oldódnak**. A hőre keményedő műanyagok átmenetileg formatartók, azonban a megszilárdulásuk után elvesztik képlékenységüket. Ilyen szerkezetű műanyag pl. a bakelit.

A kondenzációs műanyagok bi- és trifunkciós vegyületek kondenzációja útján keletkeznek. A bifunkciós vegyületekből mindig fonal-, illetve láncmolekulájú műanyagok állíthatók elő. Ezek termoplasztikusak - hőre lágyulók -, oldószerekben oldódnak.

Ha a kiindulási termékek közül egyik trifunciós, akkor térbeli háromdimenzós műanyagok keletkeznek. A térhálós szerkezetű műanyagok hőre keményednek, oldószerben nem oldódnak.

4.1. Természetes alapú műanyagok

Gumi. A gumifa tejnedvéből - a latexből - állítják elő. A latex - megfelelő körülmények között - nyerskaucsukká (alkadién) alakítható. Ezután a kaucsukot felmelegítik és ként adnak hozzá (vulkanizálás). Ha kevés ként adnak hozzá, akkor rugalmas gumi, ha több ként adnak hozzá (30 % felett), akkor **ebonit** keletkezik. A gumi fekete színe a hozzákevert koromtól származik.

Cellulózalapú műanyagok. Cellulóz-nitrát. Fehér szilárd anyag. Nagyon gyúlékony. A füst nélküli lőport készítik belőle. A celluloid és a nitrolakk alapanyaga. Celluloid = cellulóz-dinitrát + kámfor (mint lágyítószer!); filmszalagot, pingponglabdát készítenek belőle. **Cellulóz-acetát.** Nem gyúlékony. Éghetetlen filmszalagot készítenek belőle.

Viszkóz. A facellulózt NaOH-oldatban és CS₂-ben oldják. Ekkor igen sűrű, nyúlós folyadék keletkezik, a viszkóz. A viszkózszálból műselymet, a viszkózfilmből celofánt állítanak elő.

Linóleum. A lenolajat töltőanyaggal keverik és textil alapanyagra kenik, ill. préselik. Ebből padlóvédőt készítenek.

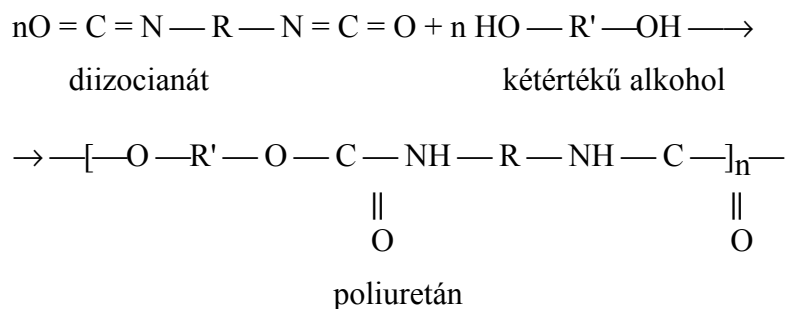
Galalit (műszaru). Állati fehérje alapú műanyag. A tejkazeinből készül. Gombokat, fésűket stb. készítenek belőle.

4.2. Szintetikus alapú műanyagok

Polimerizációs műanyagok. Az alapanyag molekulák telítetlenek, láncszerű összekapcsolódásukkor óriásmolekulák keletkeznek melléktermék nélkül. A vegyület összetétele nem, csak a tulajdonságai változnak meg. Lehetnek izopolimerek, amikor az óriásmolekulák egyféle és kopolimerek, amikor két vagy több különböző alapanyagból épülnek fel. A fontosabb polimerizációs műanyagokat a II/22. táblázat tartalmazza.

Polikondenzációs műanyagok. Az alapanyag molekulák összekapcsolódása valamilyen kis molekulatömegű melléktermék (pl. H₂O) kiválásával jár együtt. A terméknek nem csak a tulajdonságai, hanem az összetétele is megváltozik.

Poliaddíciós műanyagok. Kelekezésük addíciós folyamat melléktermék keletkezése nélkül. Pl.:



Ide tartoznak még az epoxigyanták is. A fontosabb polimerizációs műanyagokat foglalja össze az I. 23. táblázat.

I/23. táblázat.

Fontosabb polimerizációs műanyagok

Polimer	Monomer	A polimer tulajdonságai	Felhasználás
<p>Polietilén</p> $\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	<p>etén</p> $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	fehér, hajlékony, rugalmas vegyszerekkel szemben ellenálló	fűtők, zsákok, csövek, edények
<p>Poli(tetra-fluor-etilén)</p> $\left[\begin{array}{cc} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_n$	<p>tetrafluor-etén</p> $\begin{array}{c} \text{F} & & \text{F} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{F} & & \text{F} \end{array}$	vegyszerekkel szemben ellenálló (savak, lúgok), jól bírják a magasabb hőmérsékletet, elektromos szigetelők	hűtő bevonatok készítése, szigetelő anyag
<p>Poli(vinil-klorid) PVC</p> $\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array} \right]_n$	<p>vinil-klorid</p> $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{Cl} \end{array}$	vegyszerekkel szemben ellenálló, jó szigetelő	csövek, rudak, vízvezetékcsövek, tömlők, padlóburkolatok, esőköpenyek, terítők, táskák készítése
<p>Polisztírol</p> $\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$	<p>stírol</p> $\begin{array}{c} \text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	átlátszó kemény anyag, jó szigetelő tulajdonságú	közlekedési tárgyak, játékok, festékanyagok, lakkok, elektromos szigetelők
<p>Poli(metil-metakrillát)</p> $\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{CH}_3 \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{COOCH}_3 \end{array} \right]_n$	<p>metakrilsav</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{COOH} \end{array}$	víziszta üvegszerű anyag, átengedi az ultraibolya sugarakat, vastagabb rétegben golyóálló	autó- és repülőgéptáblák üvegzésére, a díszműiparban díszítő anyag

A szerves műanyagok hátrányos tulajdonsága, hogy sok esetben káros környezetszennyező anyagokra (klór, cián, ammónia, fenol. stb.) bomlanak, más esetben pedig mint természetes úton nem bomló hulladékok szennyezik a környezetet. Ezért újabban a szénalapú műanyagokról a figyelem a szervesetlen alapú műanyagok felé irányul (B, N, P és főleg Si polimerek).

Ellenőrző kérdések és feladatok

1. Milyen vegyületeket nevezünk műanyagoknak, melyek a legfontosabb tulajdonságaik?
2. Jellemezze a természetes alapú műanyagokat! Mely vegyületek tartoznak ebbe a csoportba?
3. Ismertesse a szintetikus alapú műanyagok csoportjait!

II. BIOKÉMIA

Minden élőlénynek egész élete során szüksége van energiára a létfenntartáshoz, a fejlődéshez és a szaporodáshoz. Ezt az energiát a külvilágból veszi fel - táplálkozik. A felvett energia egy részét felhasználja, egy részét pedig tárolja. Ez a tárolt energia szolgálhat energiaforrásként más élőlények számára (heterotrófok).

Az élőlények tehát közvetlen anyagi kölcsönhatásban vannak környezetükkel az anyagcsere révén. Ahhoz, hogy ezt a kölcsönhatást megértsük, meg kell ismernünk az élővilágot felépítő anyagokat (kémiai elemeket és vegyületeket), valamint meg kell ismernünk az élő szervezetben lejátszódó fizikai és kémiai változásokat.

1. Az élő szervezetet felépítő kémiai anyagok

Az élővilág felépítése hasonló az élettelen világ felépítéséhez. A legegyszerűbb építőelemek itt is a különböző atomok, amelyek molekulákká szerveződnek, majd az egyszerű molekulák összekapcsolódásával kialakulnak a makro vegyületek, (szénhidrátok, lipidek, fehérjék, nukleinsavak).

1.1. Biogén elemek

Az élő szervezeteket az élettelen környezetben is megtalálható, mintegy 30 féle kémiai elem építi fel. Ezeket biogén elemeknek hívjuk.

Legnagyobb mennyiségben a szén, a nitrogén, az oxigén és a hidrogén fordul elő az élőlényekben (a sejtek szárazanyagtartalmának mintegy 99 %-át ez a négy elem teszi ki). Kisebb, de még mindig jelentős mennyiségben minden élőlényben megtalálható a kén és a foszfor. A kálium, a nátrium, a magnézium a kalcium, a vas és a réz a vírusokban nem, de a többi élőlényben szintén megtalálható. Ezen kívül a sejtek nyomnyi mennyiségben tartalmaznak még nehézfémeket is (kobalt, cink, mangán, molibdén). A magasabb rendű növények sejteiben előfordul még a szilícium és a bór, az állatokban pedig a jód.

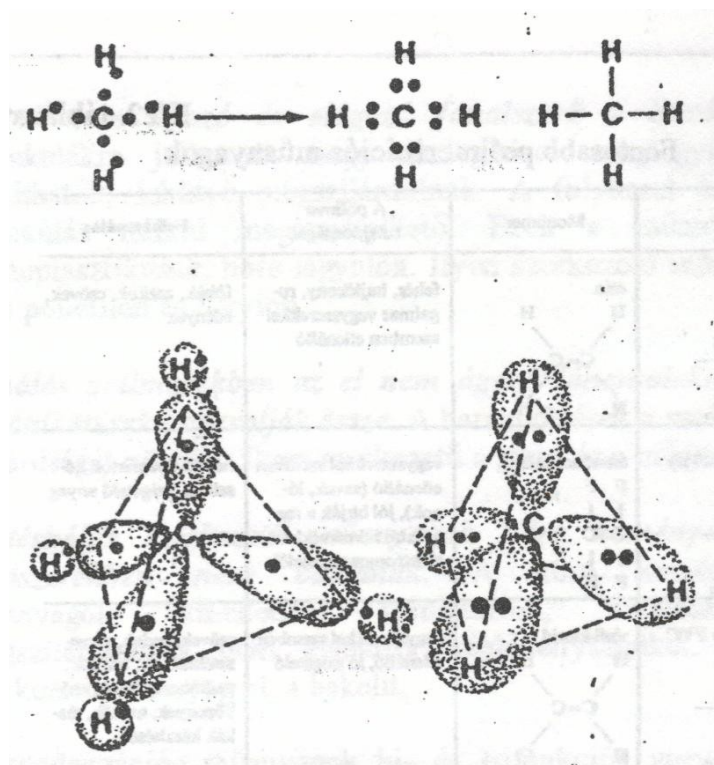
A fent felsorolt elemek biológiai jelentősége az alábbiakban foglalható össze:

Szén (C): A biológiai szempontból fontos vegyületek túlnyomó többsége szénvegyület (a szénvegyületeket hívjuk szerves vegyületeknek). A zöld növények állítják elő a fotoszintézis során a napfény energiájának segítségével a levegő széndioxidjából.

A szén a legegyszerűbb biogén elem, amely négy erős kovalens kötést tud kialakítani önmagával és a legkülönbözőbb atomokkal. A négy erős kovalens kötés miatt stabil molekulaszervezetek jönnek létre (II/1. ábra). Mivel a szénatomok szinte korlátlan számban képesek egymással összekapcsolódni, ezért nagyszámú, a legkülönbözőbb szerkezetű nyílt és zártláncú szénvegyület keletkezésére van lehetőség.

Hidrogén (H): biológiailag fontos makromolekulák alkotóelemeként az energiatermelő folyamatokban kulcsszerepe van. Az élő szervezetek nagy része a szerves vegyületekben

lévő hidrogént vízzé oxidálja a légkörből vagy a vízből felvett oxigén segítségével és az ekkor felszabaduló energiát használítja életfolyamataihoz.



II/1. ábra. A szénatom kovalens kötése

Oxigén (O): biológiailag fontos makromolekulák és a víz alkotóelemként az energiatermelő folyamatokban nagy szerepe van.

Nitrogén (N): az aminosavak és nukleobázisok alkotóeleme.

Kén és foszfor (S és P): fehérjék, nukleotidok, nukleobázisok alkotóelemei. Az élő szervezetek legfontosabb energiátároló vegyülete (ATP) is foszfort tartalmaz.

Kálium és nátrium (K és N): a szervezetben ionos (K^+ , N^+) formában fordul elő, fontos élettani szerepe van a membránon keresztül történő anyagszállításban, az ozmózis szabályozásában, az ingerületek vezetésében. A kálium-ionok koncentrációja a sejtek belsejében, a nátrium-ionoké a sejteken kívüli térben nagyobb.

Kalcium (Ca): a támasztószövet fontos eleme, segíti a normális szív működését és a vérkeringés fenntartását.

Magnézium (Mg): fontos szerepe van az anyagcserében, az anyagszállításban és a fehérjeszintézisben.

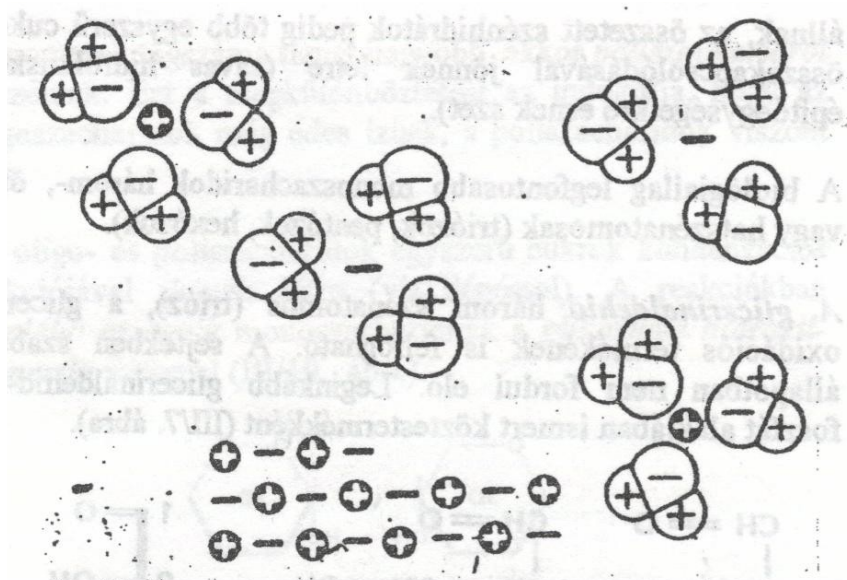
Vas (Fe): a vörösvértestekben lévő hemoglobin és az izmokban lévő mioglobin alkotórészeként az oxigénszállításban van jelentős szerepe, ill. az anyagcsere-folyamatokban résztvevő redoxi enzimszisztemnek nagyon fontos alkotórésze.

Nyomelemek (Cu, Co, Zn, Mn, Mo, Se, Cr, V, stb.): többnyire valamely, a biokémiai folyamatokban résztvevő enzim komponense.

1.2. A víz

A legfontosabb szervetlen vegyület, amely az élőlények sejtjeiben előfordul, és a sejtek anyagának 60-80 %-át teszi ki. Sajátos fizikai és kémiai tulajdonságaival magyarázható sajátos biológiai jelentősége.

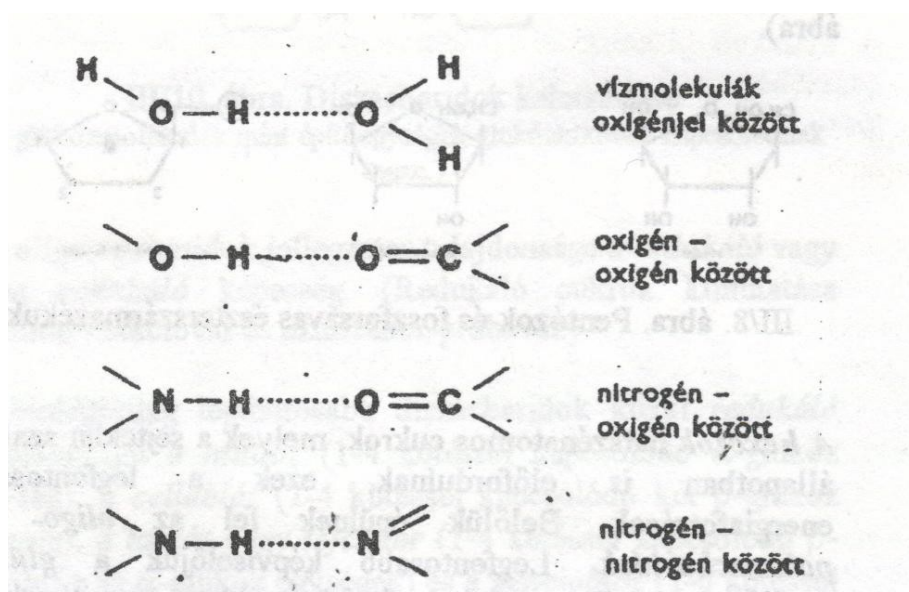
Dipólus jellege miatt hidrátburkot képez más dipólus jellegű molekulák, ill. ionok körül. ez az oka annak, hogy jó oldószer diszpergáló és disszociáló közeg (II/2. ábra).



II/2. ábra. Hidrátburkok kialakulása különböző töltésű ionok körül

Hidrogénkötéseket képes kialakítani más vízmolekulákkal, ill. más nitrogén és oxigéntartalmú vegyületekkel, ezáltal térbeli szerkezetet hozva létre a sejt plazmán belül (II/3. ábra).

Más molekulákkal könnyen reagál, **jó reakciópartner**. **Nagy felületi feszültsége** miatt határhártyák képzésére alkalmas, **kis belső surlódása** pedig jó reakció- és szállítóközeggé teszi (könnyű benne a részecskék diffúziója).



II/3. ábra. Néhány hidrogénkötés kialakulása

Nagy párolgáshője lehetővé teszi az élőlények számára a fizikai hőszabályozást, nagy hőkapacitása pedig megvédi az élő szervezetet a hirtelen hőingadozás ellen. Közéget biztosít az élet számára, mert **átengedi a fényt**, az a tulajdonsága pedig, hogy **sűrűsége + 4 °C-on a legnagyobb**, lehetővé teszi az élet fennmaradását a befagyott tavakban és folyókban.

A víz molekulái és a benne oldott atomok, molekulák, kolloid v. egyéb anyagi részecskék az adott tér egyenletes betöltésére törekednek a hőmozgás révén. Ezt **diffúzióval** vagy **ozmózással** valósíthatják meg. Diffúzióval akkor, ha a részecskék mozgását nem akadályozza semmi, ozmózással pedig akkor, ha a részecskék mozgását egy féligáteresztő hártya akadályozza, amelyen csak az oldószer molekulái jutnak keresztül. (Az oldószerre nézve tulajdonképpen itt is diffúzió valósul meg.)

Az egyes vegyületek polaritása és oldékonyságuk között összefüggés van. Ha a molekulákban a + és - töltések tömegközéppontjai nem esnek egybe (a molekula egyik része pozitívabb a másikhoz képest), akkor a vegyületet polárosnak mondjuk (pl. víz, alkohol, karbonsav, stb.) Ezek a vegyületek egymással nagyon jól elegyednek. Ha a + és - töltések tömegközéppontja egybe esik a molekula apoláros lesz (pl. metán, etán, aceton, neutrális zsír, stb.). A poláros vegyületek egymással, az apolárosak is egymással jól elegyednek, egymásnak jó oldószerei. Poláros vegyület apolárossal nem elegyedik, nem oldódnak egymásban.

1.3. Biológiai fontos monomerek és polimerek, makromolekulák

Az élő szervezetet felépítő anyagok felosztása molekulaméretük alapján önkényes felosztás, hiszen a makromolekulák tulajdonképpen az egyszerű kis molekulájú alkotórészek polimerjei (glükóz, maltóz, keményítő).

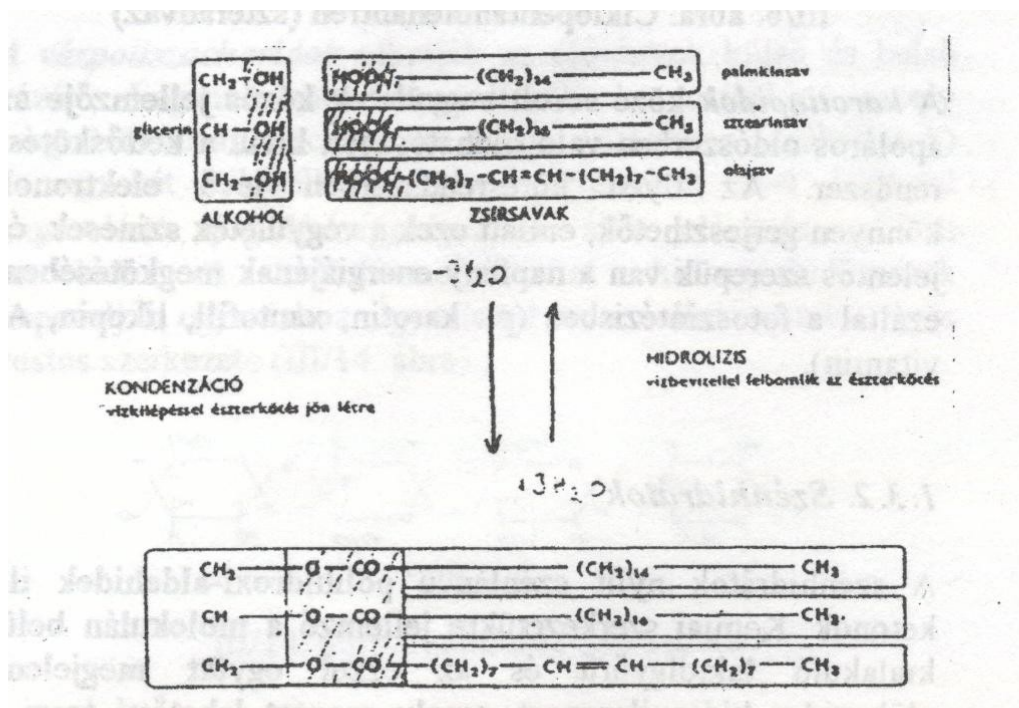
A makromolekulák lehetnek specifikusak, mint a fehérjék és a nukleinsavak, és nem specifikusak, mint a szénhidrátok, keményítő, cellulóz stb.

1.3.1. Lipidek

Kémiai tulajdonságaikban különböző, oldhatóságukat tekintve hasonló vegyületeket sorolunk a **lipidek** közé. Ebbe a csoportba azok a szerves vegyületek tartoznak, amelyek a **szervezetből apoláros oldószerekkel vonhatók ki**.

Molekulaösszetételük alapján ez a vegyületcsoport egyszerű lipidekre (neutrális zsírok) és összetett lipidekre (lipoidok - pl. foszfatidok, szteroidok, karotinoidok) bontható.

A **neutrális zsírok** glicerinnél és zsírsavakból állnak. A **glicerinnél** egy három szénatomos, háromértékű telített alkohol, a **zsírsavak** pedig hosszú szénláncú karbonsavak, melyek lehetnek telítettek és telítetlenek, lehetnek egyenes, ill. elágazó láncúak. (A magasabb rendű szervezetekben csak egyenes láncú zsírsavak fordulnak elő, a mikroorganizmusokban lehetnek elágazó láncúak is.) A glicerinnél és a zsírsavakból kondenzációs reakcióval (vízki lépéssel) észterkötés kialakulásával keletkeznek. A kondenzációval ellentétes folyamat a hidrolízis (víz lép be), amikor az észterkötés felszakad és a lipidmolekula alkotórészeire esik szét (II/4. Ábra).

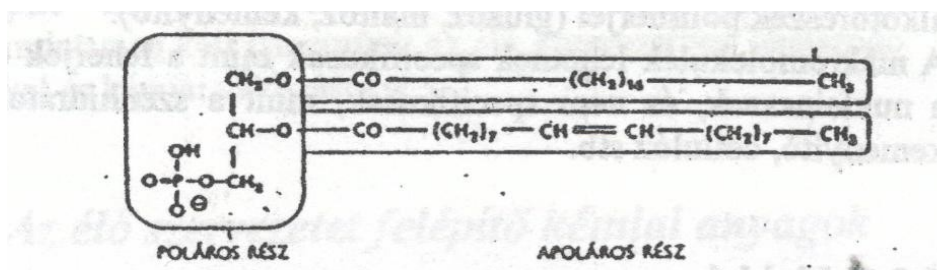


II/4. ábra. A neutrális zsírok keletkezése

A neutrális zsírok halmazállapota szobahőmérsékleten szilárd vagy folyékony a bennük lévő zsírsavak telítettségétől függően. Minél több a telítetlen kötés, annál folyékonyabb a halmazállapot. A neutrális zsírok az élőlények számára mint a zsírban oldódó vitaminok (A, D, E, K) oldószere, ill. mint tartalék tápanyagok igen jelentősek. A felvett tápanyag feleslege zsírrá alakul, felhalmozódik a zsírsejtekben és tápanyaghiány esetén újra felhasználható. A felhalmozódott zsír hőszigetelő és mechanikai védőszerepet is betölthet (fókák, bálnák).

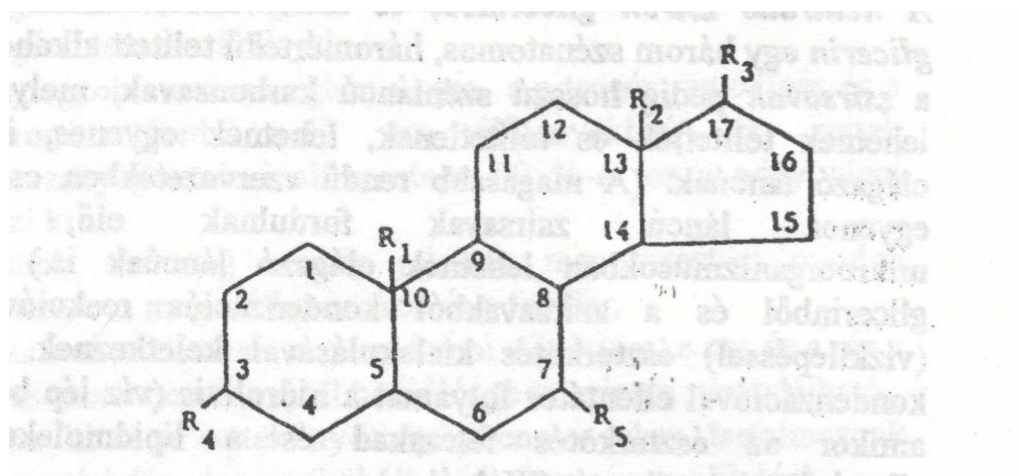
Az összetett lipidek közül a foszfatidokat, szteroidokat és a karotinoidokat említjük meg.

A neutrális zsírokhoz leközelebb a **foszfatidok** állnak. A foszfatidokban a glicerin harmadik szénatomjához zsírsav helyett foszfátartalmú csoport kapcsolódik (II/5. ábra). Emiatt a molekulának egyik része poláros lesz, a másik megmarad apolárosnak. Az ilyen vegyületeket amfipatikus vegyületeknek nevezzük. A foszfatidoknak ez a felépítésbeli sajátossága alkalmassá teszi őket az élő szervezetek membránstruktúrájának kialakítására.



II/5. ábra. A foszfatidok felépítése

A **szteroidok** csoportjába tartoznak azok a vegyületek, amelyek közös jellemzője a szteránváz (II/6. ábra). Ezek lehetnek vitaminok (pl. D-vitamin), epesavak (pl. kolsav), hormonok (pl. a mellékvesekéreg hormonjai, ill. a nemi jelleget meghatározó hormonok), vagy szterinek (pl. koleszterin).



II/6. ábra. Ciklopentanofenantrén (szteránváz)

A **karotinoidok** közé sorolt vegyületek közös jellemzője az apoláros oldószerben való oldhatóságon kívül a kettőskötés-rendszer. Az ilyen kötésrendszerben lévő elektronok könnyen gerjeszthetők, emiatt ezek a vegyületek színesek, és jelentős szerepük van a napfény energiájának megkötésében, ezáltal a fotoszintézisben (pl. karotin, xantofill, likopin, A-vitamin).

1.3.2. Szénhidrátok

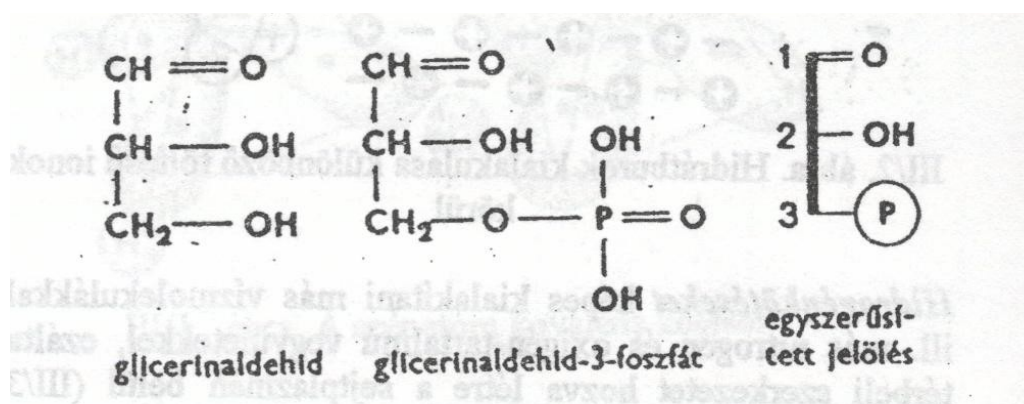
A szénhidrátok nyílt szénláncú polihidroxi-aldehidek, ill. ketonok. Kémiai szerkezetükre jellemző a molekulán belül kialakuló laktolgyűrű és az ezzel együtt megjelenő glükózidos hidroxilcsoport, amely csoport lehetővé teszi a monoszacharidok összekapcsolódását makromolekulákká.

A szénhidrátokat a zöld növények a Nap energiájának segítségével széndioxidból és vízből állítják elő. A szénhidrátok jelentik a legfontosabb energiaforrást az élőlények számára. A belőlük történő energia-felszabadítás minden élőlényben azonos módon folyik. A szénhidrátok ezen kívül vázanyagokat képezhetnek, ill. szerepelhetnek a bioszintézisek kiindulási anyagául.

A szénhidrátok két nagy csoportba oszthatók aszerint, hogy savas hidrolízissel kisebb egységekre bonthatók-e vagy sem. Az egyszerű szénhidrátok egyetlen cukor molekulából állnak, az összetett szénhidrátok pedig több egyszerű cukor összekapcsolódásával jönnek létre (savas hidrolíziskor építőegységeikre esnek szét).

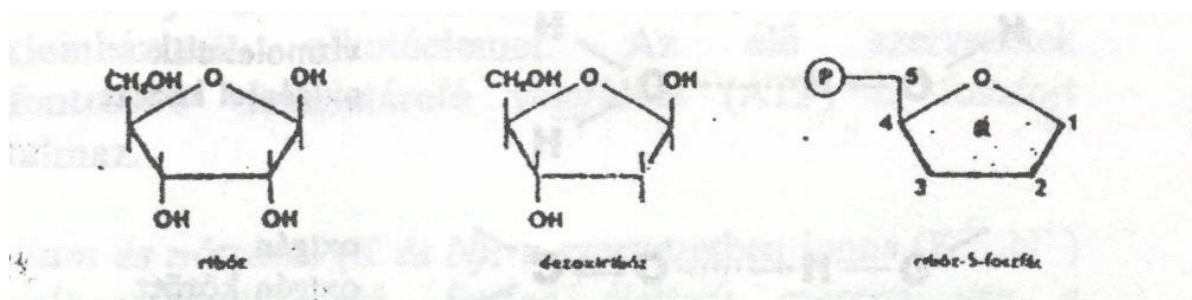
A biológiailag legfontosabb monoszacharidok három-, öt-, vagy hatszénatomosak (triózok, pentózok, hexózok).

A **glicerinaldehid** három szénatomos (trióz), a glicerin oxidációs termékének is felfogható. A sejtekben szabad állapotban nem fordul elő. Leginkább glicerinaldehid-3-foszfát alakjában ismert köztestermékként (II/7. ábra).



II/7. ábra. Trióz és foszforsavas észterszármazéka

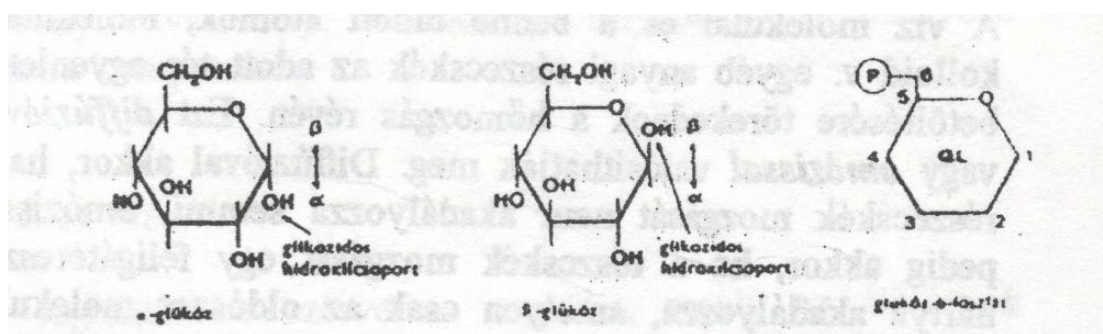
A **ribóz és a dezoxiribóz** öt szénatomos (pentóz) a nukleotidok és nukleinsavak alkotórészeiként a legjelentősebbek. Foszforsavval észtert képeznek és foszfát formában vesznek részt a vegyületek felépítésében (II/8. ábra).



II/8. ábra. Pentózok és foszforsavas észterszármazékuk

A **hexózok** hatszénatomos cukrok, melyek a sejtekben szabad állapotban is előfordulnak, ezek a legfontosabb energiaforrások. Belőlük épülnek fel az **oligo- és poliszacharidok**. Legfontosabb képviselőjük a **glükóz** (szőlőcukor). Ez a sejtek legkönnyebben mobilizálható energiaforrása. Az élő szervezetekben stabilizált állandó glükózsztint uralkodik, ez biztosítja a sejtek állandó glükózellátását.

A növények a kémiai formába alakított napenergiát elsősorban glükózból álló poliszacharid - keményítő - formájában raktározzák, amelyből a poliszacharidbontó enzimek hatására az könnyen mobilizálható. A glükóz foszforsavval képzett észtere a biokémiai folyamatok fontos intermedijere (II/9. ábra).

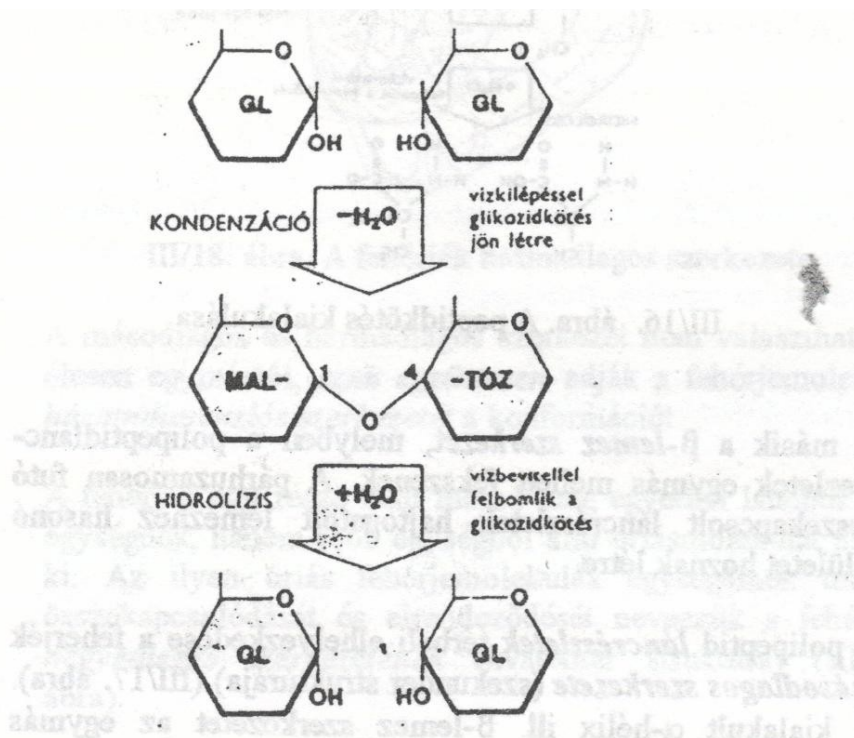


II/9. ábra. Hexózok és foszforsavas észterszármazékuk

A hexózok másik jelentős képviselője a **fruktóz** (gyümölcscukor) ez a legédesebb cukorféleség. További fontos képviselőjük még a **galaktóz** és a **mannóz** is.

Az összetett szénhidrátokat további két csoportra oszthatjuk a polimerek tagszáma szerint. Ha a molekula 2-10 monomer egységből (egyszerű cukormolekulából) áll, akkor **oligoszacharidnak** hívjuk, ha az összekapcsolódó monomerek tagszáma tíznél nagyobb, akkor **poliszacharidról** beszélünk. Ezt a megkülönböztetést az indokolja, hogy az oligoszacharidok még édes ízűek, a poliszacharidok viszont nem.

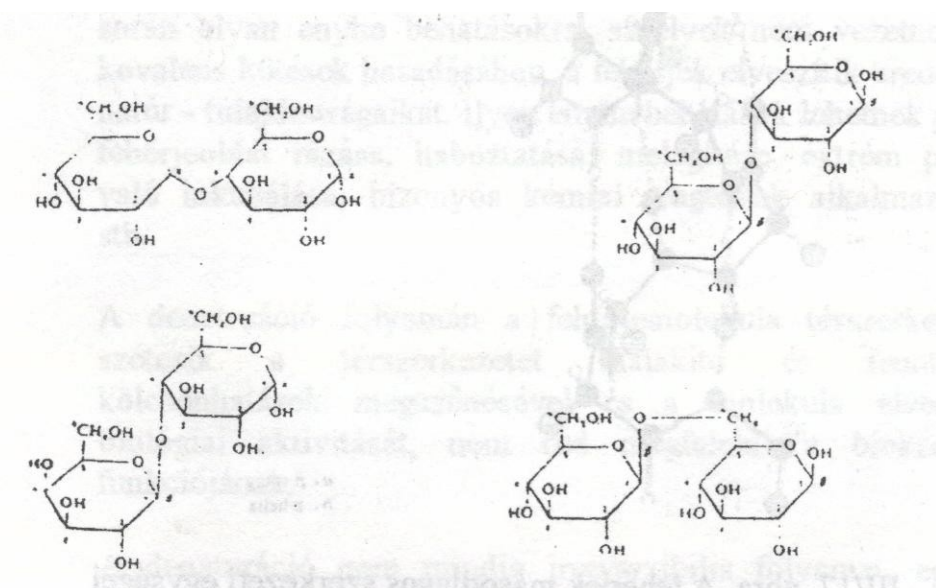
Az oligo- és poliszacharidok egyszerű cukrok kondenzációs reakciójával jönnek létre (vízkilépéssel). A reakciókban **legalább az egyik** monoszacharidnak a **glikozidos hidroxil-csoportja** szerepel (II/10. ábra).



II/10. ábra. Diszacharidok keletkezése

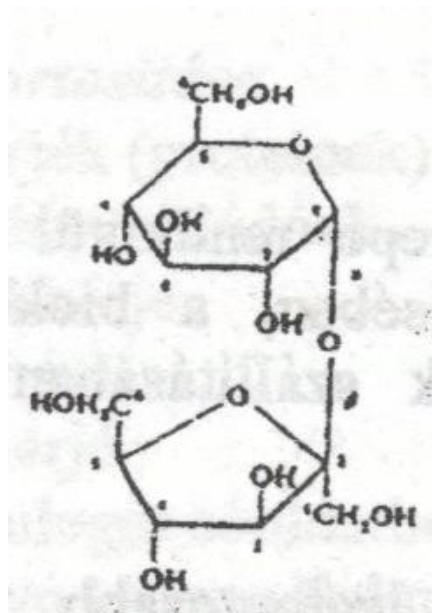
(A glükózmolekulák mint építőegységek glükózkötéssel kapcsolódnak össze.)
 Az oligoszacharidok jellegzetes tulajdonsága a **redukáló** vagy **nem redukáló** képesség.
 (Redukáló cukrok kimutatása Fehling-reakcióval és ezüsttükör-próbával.)

A biológiailag legfontosabb diszacharidok közül **redukáló** tulajdonságú a **maltóz** (1-4 kötéssel kapcsolódó α-glükóz egység), a **cellobióz** (1-4 kötéssel kapcsolódó két β-glükóz egység), a **laktóz** vagy **tejcukor** (1-4 kötéssel kapcsolódó β-galaktóz és α-glükóz egységek) és a **genciobióz** (1-6 kötéssel kapcsolódó két β-glükóz egység). Ezekben a diszacharidokban az egyik monoszacharid egység glikozidos hidroxil-csoportja szabadon marad (II/11. ábra).



II/11. ábra. Redukáló diszacharidok

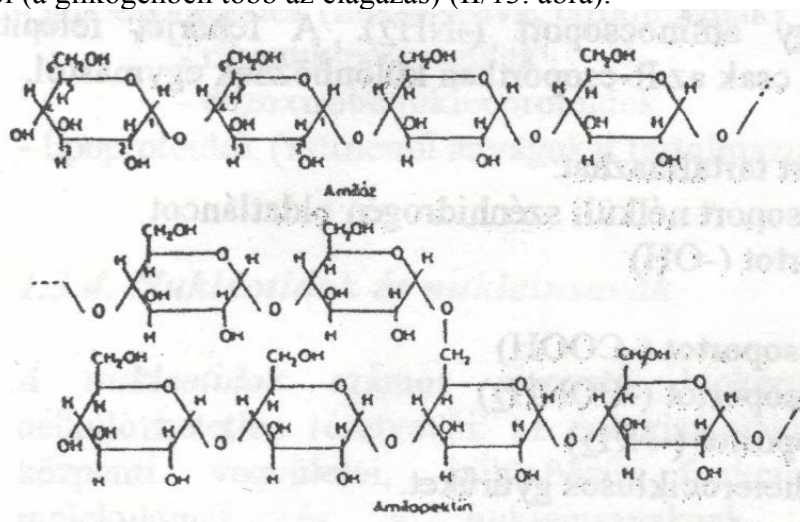
Nem redukáló tulajdonságú diszacharid a **szacharóz** vagy répacukor vagy nádcukor (1-1 kötéssel kapcsolódó egy glükóz és egy fruktóz egység). Mivel a kondenzációban mindkét monoszacharidnak az 1-es szénatomja vesz részt, nincs szabad glikozidos hidroxil-csoportja, ezért nem képes redukálni (II/12. ábra).



II/12. ábra. Nem redukáló diszacharid

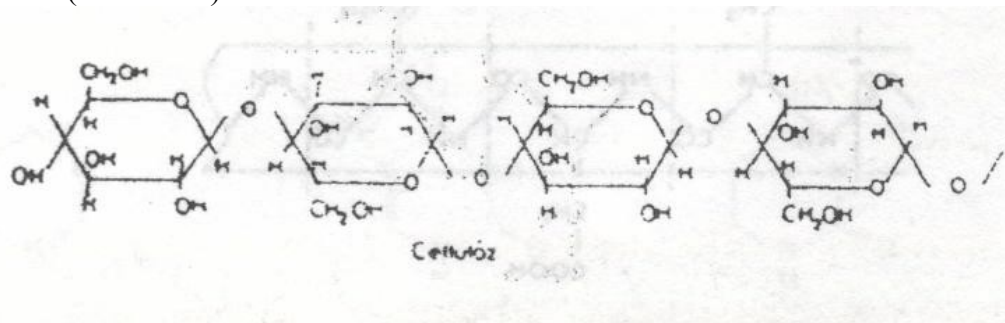
A biológiailag legfontosabb poliszacharidok lehetnek egyenes láncúak (1-4 kötésben lévő monomerek) vagy/és elágazó láncúak (1-4 és 1-6 kötésben lévő monomerek). Biológiai szerepük szerint tartalék tápanyagok és vázanyagok.

Tartalék tápanyagok a keményítő és a glikogén. A **keményítő** a növények, a **glikogén** az állatok jellemző tartalék tápanyaga. Mindkettő α -glükóz egységekből épül fel, de amíg a keményítőben különböző arányban fordulnak elő az egyenes láncúak (amilóz) és az elágazó láncú (amilopektin) molekulák, addig a glikogén csak elágazó láncú molekulákat tartalmaz, amely gyakorlatilag csak az elágazások számában különbözik az amilopektintől (a glikogénben több az elágazás) (II/13. ábra).



II/13. ábra. Az amilóz és az amilopektin szerkezete

A **vázpoliszacharidok** alkotják az élőlények külső és belső vázát. Legismertebb képviselőjük a **cellulóz**, amely megtalálható az alacsonyabb rendű állatokban (zsákállatok) és egy-két kivétellel minden növényben. 1-4 kötéssel kapcsolódó **β-glükózegységekből** álló elágazás nélküli molekula. A cellulózmolekulákat hidrogénhídkötések kapcsolják egymáshoz. Így alakul ki a cellulóz stabil, erős rostos szerkezete (II/14. ábra).



II/14. ábra. A cellulóz szerkezete

A **pektin** főleg a gyümölcsökben előforduló vázanyag. Háromféle poliszacharid típusú anyag különböző arányú keveréke (pektinsav-poligalaktánok-poliarabánok).

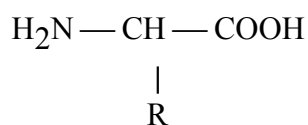
A **mukopoliszacharid** állati szervezetekben előforduló bonyolult összetételű poliszacharidok gyűjtőneve (kitin, hialuronsav, kondroitin-kénsav, heparin).

1.3.3. A fehérjék

A fehérjék biológiai szerepe rendkívül változatos. Részt vesznek a sejtek felépítésében, a biokémiai folyamatok katalizálásában, molekulák szállításában és számos más életfolyamatban.

A fehérjemolekulák legfontosabb jellemzője a nitrogéntartalom. Az élőlények a nitrogénszükségletüket különböző forrásokból szerezhetik be: a nitrogényűjtő baktériumok a levegőből, a növények a talajból szervesen sók formájában, a heterotróf táplálkozású élőlények pedig az autotrófok által előállított nitrogéntartalmú szerves vegyületekből.

A fehérjék **aminosavakból** épülnek fel. A fehérjéket felépítő húszféle aminosav mindegyike α-amino-karbonsav, amelyek a következő általános képlettel jellemezhetők:



A karboxil csoporthoz (-COOH) kapcsolódó (α-helyzetű) szénatomhoz kapcsolódik egy hidrogén(-H), egy alkilcsoport (-R) és egy aminocsoport (-NH₂). A fehérjét felépítő aminosavak csak az R-csoportban különböznek egymástól.

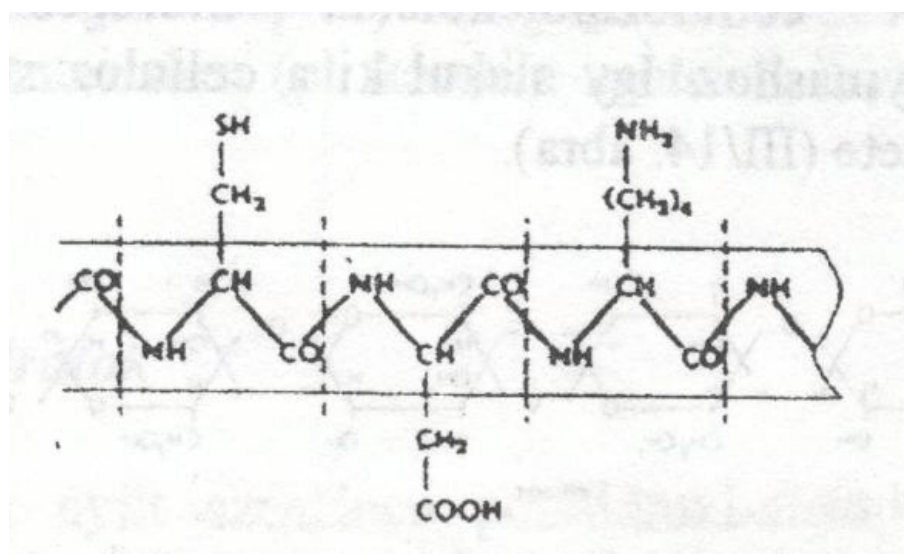
Az R-csoport tartalmazhat:

- funkciós csoport nélküli szénhidrogén oldatláncot
- oxo-csoportot (-OH)
- ként (-S)
- karboxil-csoportot (-COOH)
- savamid-csoportot (-CONH₂)
- amino-csoportot (-NH₂)
- homo- és heterociklusos gyűrűket.

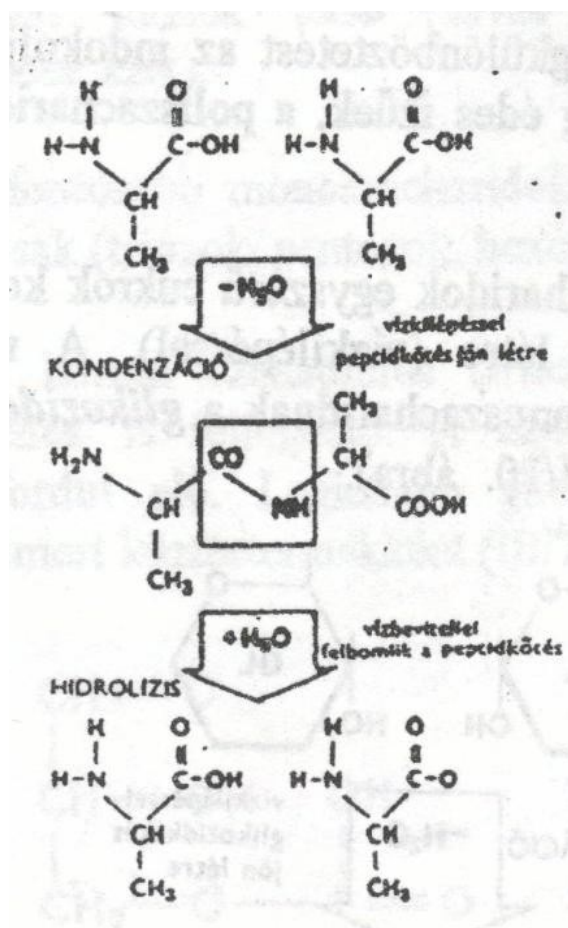
Az egyes aminosavak peptidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz és úgy alakul ki a polipeptidlánc (II/15. ábra). Az egyik aminosav aminocsoportja reakcióba lép egy másik aminosav karboxil csoportjával, lejátszódik a kondenzáció és egy erős kovalens kötés, a peptidkötés jön létre a két molekula között (-CO-NH-) (II/16. ábra). Ez a peptidkötés hidrolízissel felhasítható, így a fehérje építőegységeire eshet szét.

A fehérjék számos biokémiai funkciót látnak el. Azt hogy egy fehérje mely funkcióra alkalmas, az öt felépítő **aminosavak** száma és sorrendje határozza meg. Ez jelenti a fehérjék **elsődleges (primer) szerkezetét**.

A fehérjemolekula hosszú polipeptidláncai az α -szénatom kötése körüli forgással különböző térbeli helyzeteket vehetnek fel. A **láncrészek** térbeli elhelyezkedésére általánosan kétféle szerkezeti egység a jellemző. Az egyik az **α -hélix szerkezet**, amelyben a peptidlánc egy csavarmenet vonulatát követi, amely lehet jobbmertes vagy balmenetes (aszimmetrikus konformáció: forgatás).



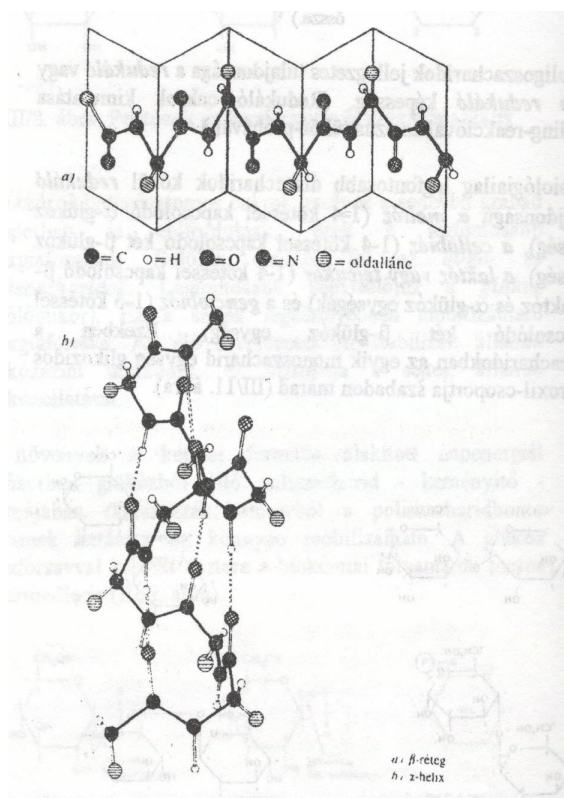
II/15. ábra. A polipeptidlánc részlete



II/16. ábra. A peptidkötés kialakulása

A másik a **β-lemez szerkezet**, melyben a polipeptidlánc-részletek egymás mellett fekszenek. A párhuzamosan futó összekapcsolt láncrészletek hajtogatott lemezhez hasonló felületet hoznak létre.

A polipeptid **láncrészletek** térbeli elhelyezkedése a fehérjék **másodlagos szerkezete** (szekunder struktúrája) (II/17. ábra). A kialakult α-hélix ill. β-lemez szerkezetet az egymás közelében lévő CO ill. NH csoportok között létrejövő hidrogén hídkötések stabilizálják.

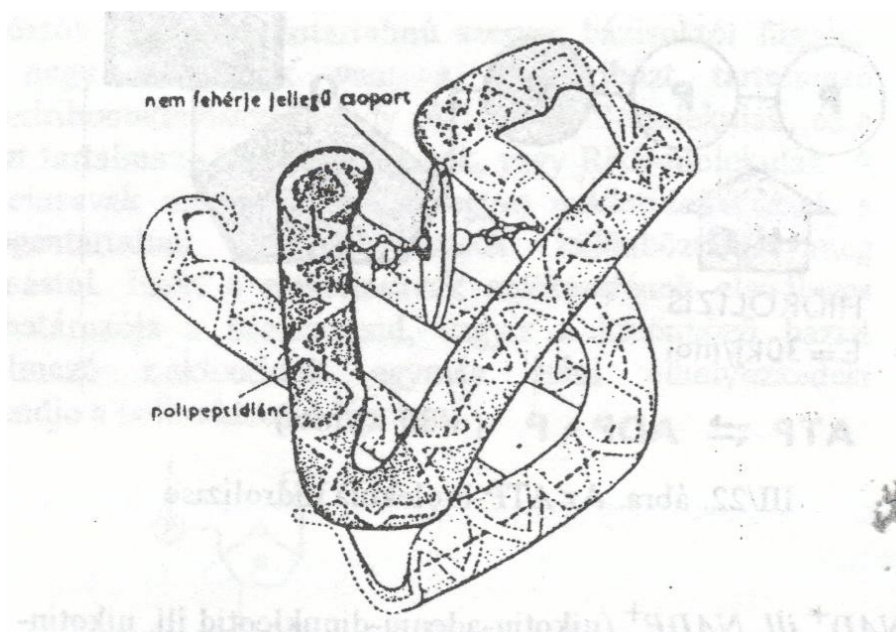


II/17. ábra. A fehérjék másodlagos szerkezeti egységei

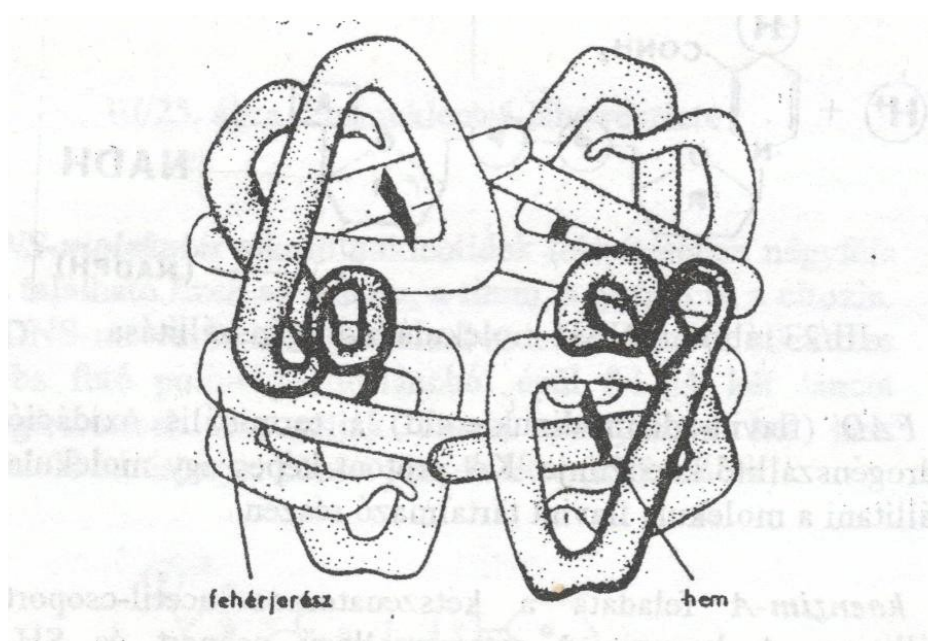
A fehérjét alkotó polipeptidlánc **teljes térbeli elrendeződése** jelenti a fehérjék **harmadlagos szerkezetét** (tercier struktúráját) (II/18. ábra). A hosszú polipeptid láncmolekula különböző mozgásokat végezve viszonylag tömör szerkezetté illeszkedik össze.

A másodlagos és harmadlagos szerkezet nem választható el élesen egymástól, **ezek együttesen** adják a fehérjemolekula **háromdimenziós szerkezetét** a konformációt.

A fehérjék egy része nem marad meg egyetlen láncból álló egységnek, hanem több egységből álló óriásmolekulát alakít ki. Az ilyen óriás fehérjemolekulák egységeinek térbeli összekapcsolódását és elrendeződését nevezzük a fehérjék **negyedleges szerkezetének** (kvaterner struktúra) (II/19. ábra).



II/18. ábra. A fehérjék harmadlagos szerkezete



II/19. sz. ábra. A fehérjék negyedleges szerkezete

A fehérjékre jellemző a denaturáció jelensége, amelynek során olyan enyhe behatásokra, amelyek nem vezetnek a kovalens kötések hasadásához, a fehérjék elveszítik eredeti - natúr - tulajdonságaikat. Ilyen enyhe behatások lehetnek pl. a fehérjeoldat rázása, haboztatása, melegítése, extrém pH-n való inkubálása, bizonyos kémiai reagensek alkalmazása, stb.

A denaturáció folyamán a fehérjemolekula térszerkezete szétesik a térszerkezetet kialakító és fenntartó kölcsönhatások megszűnésével és a molekula elveszíti biológiai aktivitását, nem tud megfelelni a biokémiai funkciójának.

A denaturáció nem mindig irreverzibilis folyamat, egyes esetekben a natív szerkezet fennmaradásához szükséges körülmények visszaállításával a térszerkezet és ezzel együtt a funkcióképesség is visszaáll.

A fehérjéket összetételük alapján két nagy csoportra oszthatjuk. Csak aminosavakból épülnek fel az **egyszerű** fehérjék (pl. tojásalbumin), nem fehérjetermészetű komponenseket is tartalmaznak az **összetett** fehérjék (kazein - tejben, hemoglobin - vízben).

A fehérjék csoportosítása

a. Egyszerű fehérjék (proteinek)

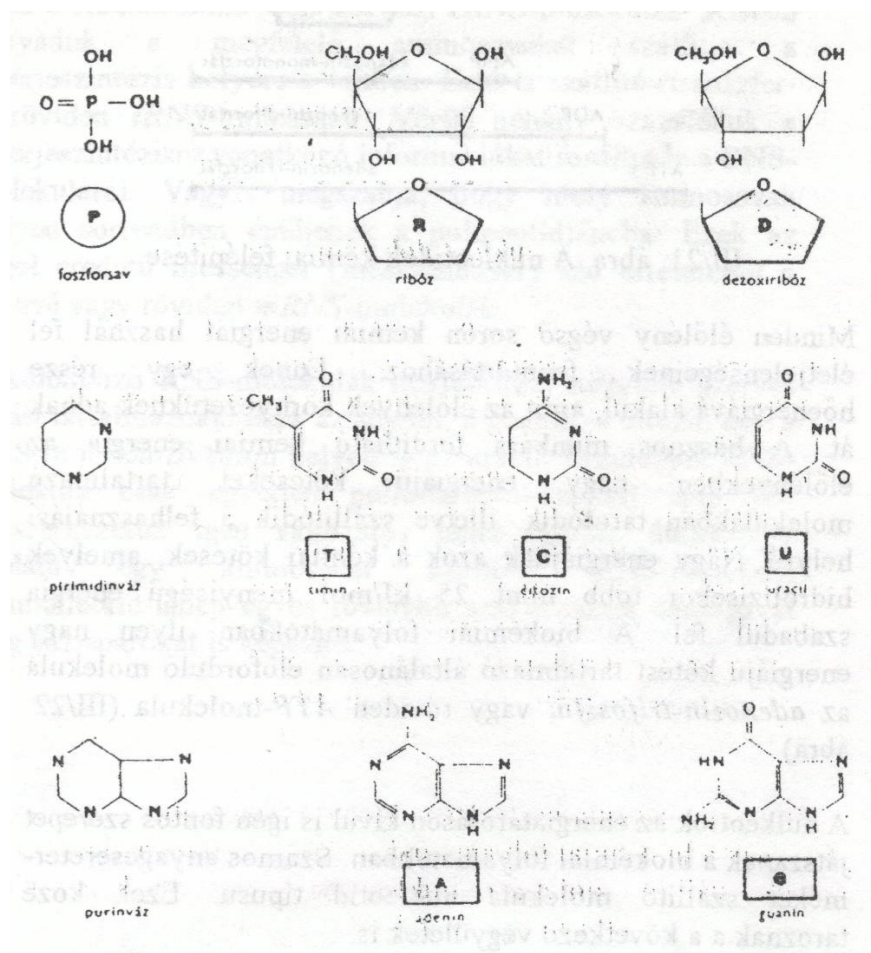
- albuminok (vízben oldódóak)
 - tojásfehérje
 - vérfehérje
 - tejfehérje
- globulinok (semleges sóoldatban oldódnak)
 - vérsavó szérumglobulin
 - fibrinogén a vérplazmában
 - miozin - izomfehérje
- prolaminok (híg alkoholban oldódnak)
 - gliadin
 - glutamin
- szkleroproteinek (lúgoldatban oldódnak)
 - hernyóselyem fibroinja
 - állati támasztószövetek kollagén
 - haj, köröm, pata, szőr, pikkely keratinja

b. Összetett fehérjék (proteidek)

- foszfoproteidek (foszfortartalmúak)
 - a tej kazeinje
- kromoproteidek (szerves festékanyagot tartalmaznak)
 - hemoglobin
 - klorofill
 - különböző enzimek
- nukleoproteidek (nukleinsavat tartalmaznak)
 - ribonukleoproteidek
 - dezoxirobonukleoproteidek
- lipoproteidek (zsírnemű anyagokat tartalmaznak)

1.3.4. Nukleotidok és nukleinsavak

A **nukleotidok** számos alapvető biokémiai folyamat nélkülözhetetlen résztvevői: az energiaátalakítás és tárolás központi vegyületei, különböző funkciós csoportok molekuláinak és a nukleinsavaknak az alapvető építőegységei. A nukleotidok maguk is több egyszerűbb egységből épülnek fel (II/20. ábra).



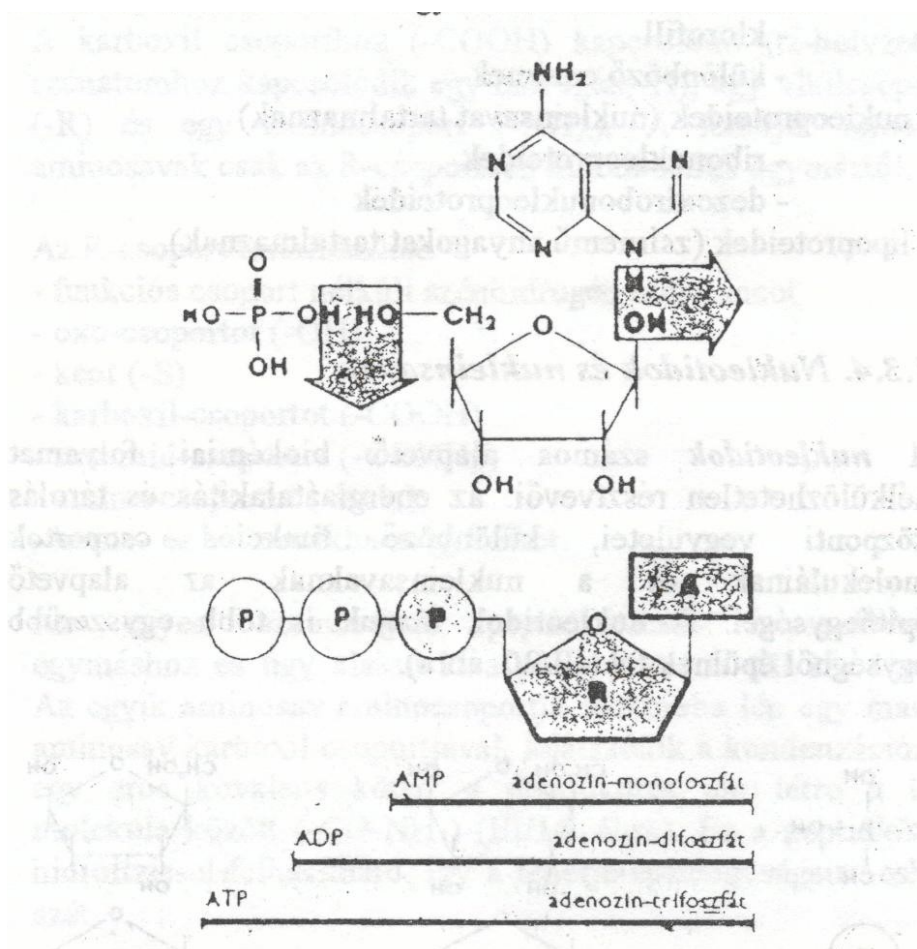
II/20. ábra. A nukleotidok alkotórészei

Az egyik alkotórész a **nitrogéntartalmú szerves bázis** (nukleinbázis), amely lehet **purin- vagy pirimidinvázas**. A purinvázas 9 tagból, a pirimidinvázas 6 tagból álló gyűrűs szerkezetű. Purinvázasok az adenin (A) és a guanin (G), pirimidinvázasok a timin (T), a citozin (C) és az uracil (U) nevű vegyületek (III/20. sz. ábra). Ezek a molekulák hidrogénhidak létrehozására képesek, mégpedig a T, U, A két-két hidrogénhidat, a G és a C pedig három-három hidrogénhidat tud kialakítani.

A másik alkotórészt a szénhidrátoknál már ismertetett **pentózok** adják (ribóz és dezoxiribóz - β helyzetű glikozidos hidroxil-csoporttal).

A harmadik legfontosabb alkotórész a **foszforsav**.

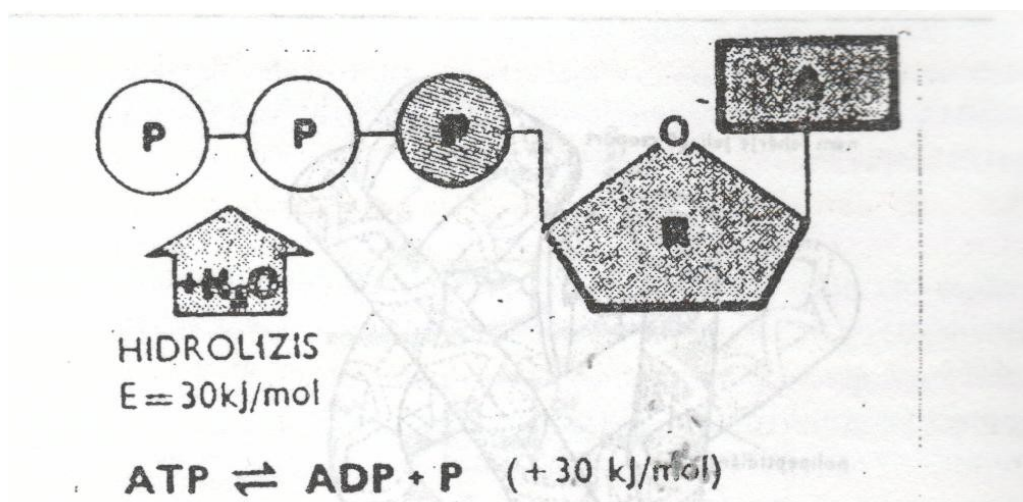
Egy nukleotid-molekula a fent említett alkotórészekből lényegében kondenzációs reakciók révén épül fel (II/21. ábra). A pentóz ötödik szénatomjához észterkötés kialakulásával kapcsolódik a foszfátcsoport, egy molekula víz kilépése közben. A pentóz első szénatomjához pedig ugyancsak vízkilépés mellett, a szerves bázis egyik nitrogénatomja kapcsolódik. Így jön létre például az adenzin-monofoszfát - vagy röviden AMP-molekula.



II/21. ábra. A nukleotidok kémiai felépítése

Minden élőlény végső soron kémiai energiát használ fel életjelenségeinek fenntartásához. Ennek egy része hőenergiává alakul, amit az élőlények környezetüknek adnak át. A hasznos munkára fordítható kémiai energia az élőlényekben nagy energiájú kötések tartalmazó molekulákban tárolódik, illetve szállítódik a felhasználási helyre. Nagy energiájúak azok a kémiai kötések, amelyek hidrolízisekor több mint 25 kJ/mol mennyiségű energia szabadul fel. A biokémiai folyamatokban ilyen nagy energiájú kötést tartalmazó általánosan előforduló molekula az **adenozin-trifoszfát** vagy röviden **ATP**-molekula (II/22. ábra).

A nukleotidok az energiátároláson kívül is igen fontos szerepet játszanak a biokémiai folyamatokban. Számos anyagcsereterméket szállító molekula nukleotid típusú. Ezek közé tartoznak a következő vegyületek is.



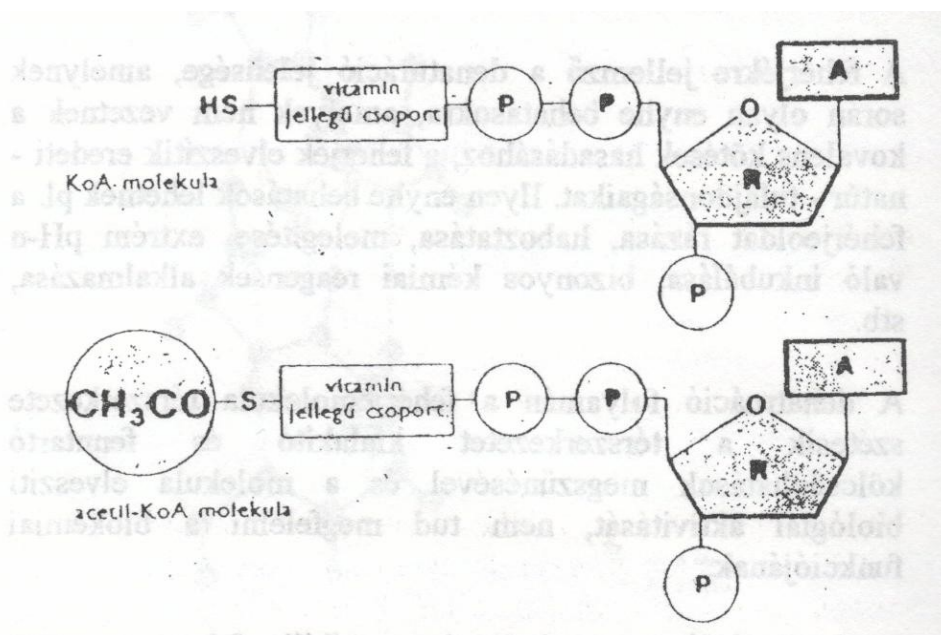
II/22. ábra. Az ATP-molekula hidrolízise

A **NAD⁺** ill. **NADP⁺** (nikotin-adenin-dinukleotid ill. nikotin-adenin-dinukleotid-foszfát) 1 protont és 2 elektront szállít a molekula savamidot tartalmazó részén, egy proton (H⁺) pedig oldatban marad. A lebontó (energiatermelő) folyamatokban a NAD⁺, a felépítő (energiaigényes) folyamatokban a NADP⁺ a szállító molekula (II/23. ábra).

III/23. ábra. A NAD-molekula hidrogénszállítása

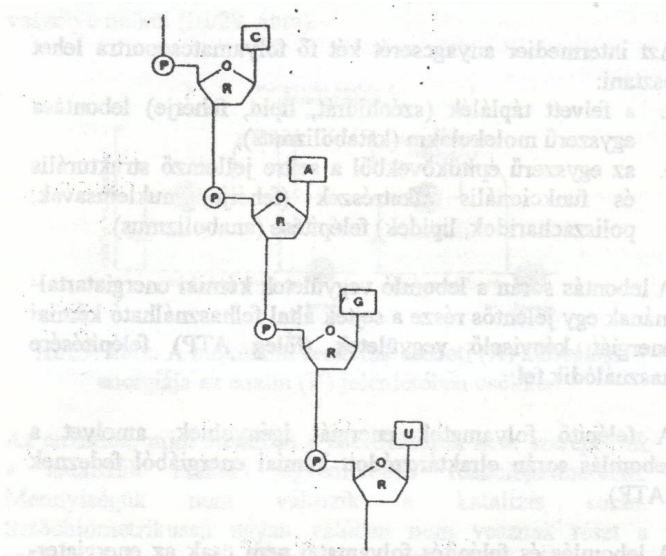
A **FAD** (flavin-adenin-dinukleotid) a terminális oxidáció hidrogénszállító koenzimje. Két protont képes egy molekula szállítani a molekula flavint tartalmazó részén.

A **koenzim-A** feladata a kétszénatomos acetil-csoport szállítása. A koenzim-A vitaminjellegű csoport és SH-csoportot is tartalmaz (II/24. ábra).



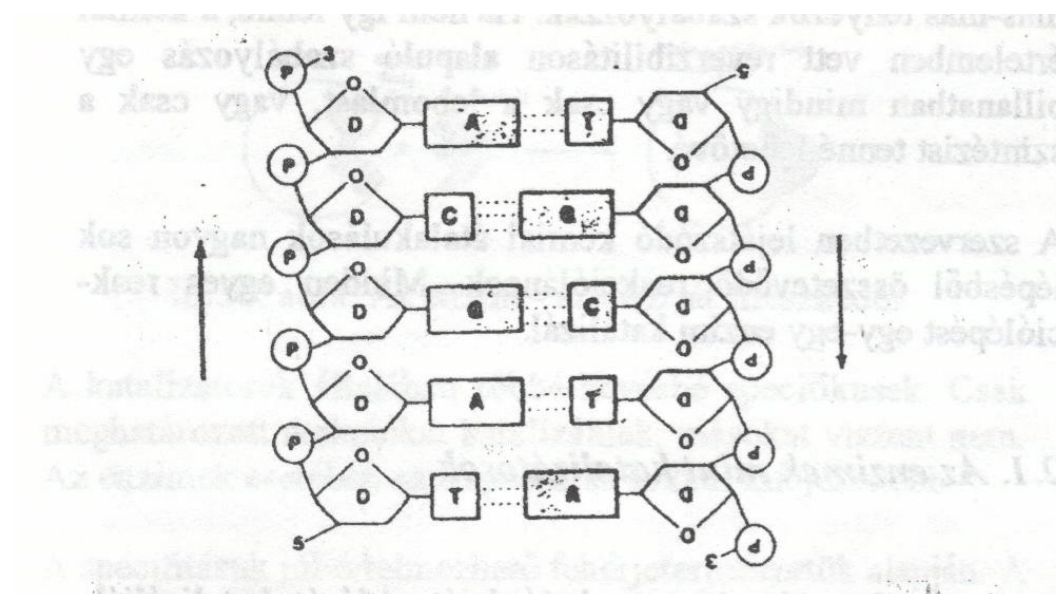
II/24. ábra. A KoA-molekula acetilszállítása

A nukleinsavak nukleotid egységekből álló polinukleotidok. A szomszédos nukleotid egységek a pentóz-molekulák 5., illetve 3. szénatomja közötti foszfátcsoporton keresztül kapcsolódnak össze (II/25. ábra). Egy-egy nukleinsav felépítésében akár több ezer is lehet az ily módon összekapcsolt nukleotidok száma. A felépítésben részt vevő pentóztól és a nitrogéntartalmú szerves bázisoktól függően két nagy csoportjuk van: a dezoxiribózt tartalmazó dezoxiribonukleinsavak, vagy röviden DNS-molekulák, és a ribózt tartalmazó ribonukleinsavak, vagy RNS-molekulák. A nukleinsavak molekuláiban az egyes nukleotidokat csak a nitrogéntartalmú szerves bázisok különböztetik meg egymástól. Ezért a nukleinsavak szerkezetének elsődleges meghatározója a bázisrend, vagyis a különböző bázist tartalmazó nukleotidok egymás utáni elhelyezkedési sorrendje a polinukleotid-láncban.



II/25. ábra. Polinukleotid-lánc részlete

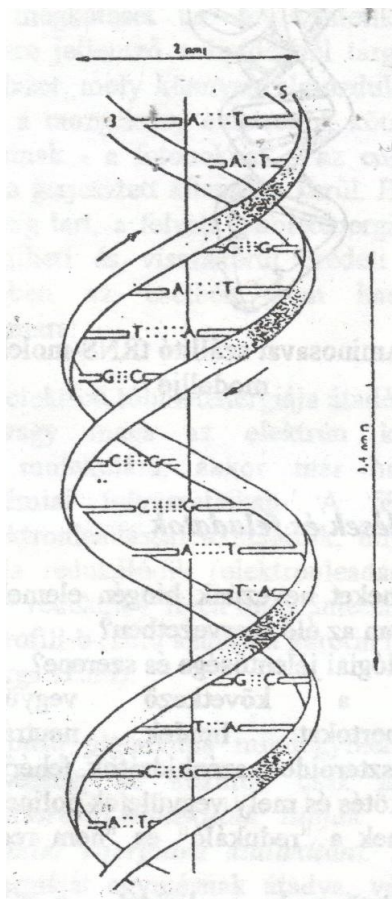
A DNS-molekulát alkotó nukleotidok felépítésében négyféle bázis található. Ezek az adenin, a timin, a guanin és a citozin. Egy DNS-molekula két egymással szemben lévő és ellentétes irányba futó polinukleotid-láncból épül fel. A két láncot hidrogénkötések kapcsolják össze, amelyek a két lánc megfelelő bázispárjai között jönnek létre (II/26. ábra).



II/26. ábra. A DNS-molekulában a két polinukleotid-lánc bázispárjai hidrogénhidakkal kapcsolódnak össze

A DNS-molekula két nukleotidlánca között a hidrogénhidak kialakulását a bázisok szerkezete határozza meg. Az egyik lánc adenin bázisával szemben a másik láncon csak timin helyezkedhet el, mivel mindegyikük két hidrogénkötést tud kialakítani. Hasonló okból alkot bázispárt a citozin és a guanin három hidrogénkötéssel. Ez egyben azt is jelenti, hogy minden bázispárban egymással szemben egy nagyobb méretű purinbázis és egy kisebb méretű pirimidinbázis helyezkedik el. Ennek az a következménye, hogy a molekulát alkotó két polinukleotid-lánc párhuzamos egymással. A két lánc szemben lévő bázisai tehát egymás kiegészítői. Ezért az egyik lánc bázissorrendje egyértelműen meghatározza a másikat is.

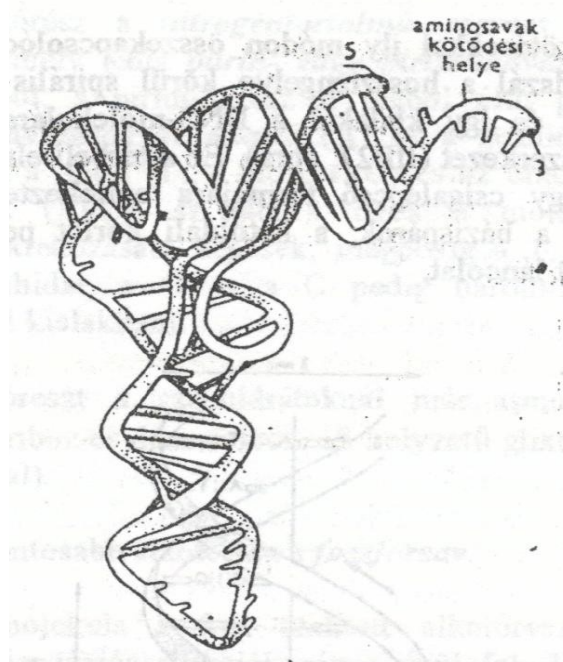
A hidrogénkötésekkel ily módon összekapcsolódott kettős polinukleotidszál a hossz tengelye körül spirális formában feltekeredik, és így kialakul a DNS-molekulára jellemző kettős hélixszerkezet (II/27. ábra). Ez a térbeli elrendeződés leginkább egy csigalépcső formájára emlékeztet, ahol a lépcsőfokok a bázispárok, a kétoldali korlát pedig a két pentózfoszfát láncolat.



II/27. ábra. A DNS-molekula kettős hélixének térbel

Az RNS-molekulák biológiai működésük szerint csoportosíthatók. Legnagyobb mennyiségben a sejtben lejátszódó fehérjeszintézis helyein található riboszómák építőanyagai. Ezek a riboszomális vagy röviden **rRNS**-molekulák. Kisebb hányaduk a megfelelő aminosavakat szállítja a fehérjeszintézis helyére a sejtben. Ezek a szállító-(transzfer-), röviden **tRNS**-molekulák. Végül néhány százalékuk a fehérjeszintézisre vonatkozó információkat fordítja le a DNS-molekuláról. Vagyis megszabja, hogy mely aminosavak milyen sorrendben épüljenek a polipeptidláncba. Ezek az angol eredetű messenger (messzendezser) szó értelméből a hírvivő vagy röviden **mRNS**-molekulák.

A különböző RNS-molekulák nukleotidjai négyféle szerves bázist tartalmaznak. ezek az adenin, a guanin, a citozin és - a DNS-re jellemző timin helyett - az uracil. Mindegyik RNS-molekula csak egyetlen polinukleotid-szálból épül fel. Térszerkezetük igen változatos lehet (II/28. ábra). Így például egy aminosavat szállító tRNS-molekula polinukleotid-lánca egyes rövidebb szakaszokon önmagával még bázispárokat is képezhet.



II/28. ábra. Aminosavat szállító tRNS-molekula térbeli modellje

Ellenőrző kérdések és feladatok

1. Milyen elemeket nevezünk biogén elemeknek? Milyen funkciójuk van az élő szervezetben?
2. Mi a víz biológiai jelentősége és szerepe?
3. Ismertesse a következő vegyületeket és vegyületcsoportokat: lipidek, neutrális zsírok, foszfatidok, szteroidok, szénhidrátok, fehérjék!
4. Mi a peptidkötés és mely vegyületek polipeptidek?
5. Mit jelentenek a "redukáló" és "nem redukáló cukor" kifejezések?
6. Hogyan keletkeznek a lipidek, a fehérjék és a poliszacharidok?
7. Milyen alkotóelemekből állnak a nukleotidok és nukleinsavak?
8. Mi a nukleinsavak szerepe és funkciója az élő szervezetben?
9. Milyen nukleotidokat ismer?
10. Milyen bázisok fordulhatnak elő az RNS-ben és a DNS-ben?

2. Anyagcsere-folyamatok a sejtben

Az élő szervezetek állandó anyagi kapcsolatban vannak közvetlen környezetükkel. Ezt a kapcsolatot anyag- és energiaforgalom jellemzi. Az anyagfelvétel (táplálkozás) és anyagleadás (kiválasztás) folyamatainak összessége az anyagcsere (metabolizmus).

A felvett tápanyagok a felvétel és kiürítés között, míg a szervezetben (sejtekben) tartózkodnak, számos változáson mennek keresztül. Lebomlanak (miközben energiát adnak) és új formában ismét felépülnek (miközben energiát fogyasztanak). Ezek a változások a biokémiai reakciók sorozatának eredményeként jönnek létre. A sejtekben lejátszódó biokémiai reakciók összessége az **intermedier** (köztes) **anyagcsere**.

Az élővilág anyagi egységét mutatja, hogy ezek az alapvető reakcióutak lényegében azonosak az egész élővilágban, mint ahogy szerepük is azonos a szervezetek, a sejtek életében.

Az anyagcsere szerepe a következő négy pontban foglalható össze:

1. Kémiai energia nyerése a táplálék molekuláiból vagy a napfény energiájából.
2. A felvett anyagokból a szervezet építőköveinek előállítás.
3. A makromolekuláris és egyéb sejtalkotórészek felépítése ezekből az építőkövekből.
4. A sejtek vagy az egész szervezet funkciójához szükséges specifikus anyagok (koenzimek, hormonok, stb.) felépítése és lebontása.

Az intermedier anyagcserét két fő folyamatcsoportra lehet osztani:

- a. a felvett táplálék (szénhidrát, lipid, fehérje) lebontása egyszerű molekulákra (katabolizmus),
- b. az egyszerű építőkövekből a sejtre jellemző strukturális és funkcionális alkatrészek (fehérje, nukleinsavak, poliszacharidok, lipidek) felépítése (anabolizmus).

A lebontás során a lebomló vegyületek kémiai energiatartalmának egy jelentős része a sejtek által felhasználható kémiai energiát képviselő vegyületek (főleg ATP) felépítésére használdik fel.

A felépítő folyamatok energiát igényelnek, amelyet a lebomlás során elraktározódott kémiai energiából fedeznek (ATP).

A lebomlás és felépítés folyamatai nem csak az energiatermelésen és fogyasztáson keresztül vannak kapcsolatban egymással. Előfordul, hogy valamely köztes termék (intermedier) része a lebomlási, ill. az építési folyamatnak is. Ugyanaz a reakciólépés egyik irányban lebontó, a másik irányban felépítő folyamatkomplexum része.

A felépítő és lebontó reakcióutak nem pontos megfordításai egymásnak. A külön út, külön enzim a szabályozás szempontjából nagyon fontos. A keletkezést és a felhasználást más-más tényezők szabályozzák. Ha nem így lenne, a kémiai értelemben vett reverzibilitáson alapuló szabályozás egy pillanatban mindig vagy csak a lebomlást, vagy csak a szintézist tenné lehetővé.

A szervezetben lejátszódó kémiai átalakulások nagyon sok lépésből összetevődő reakcióláncok. Minden egyes reakciólépést egy-egy enzim katalizál.

2.1. Az enzimek, mint katalizátorok

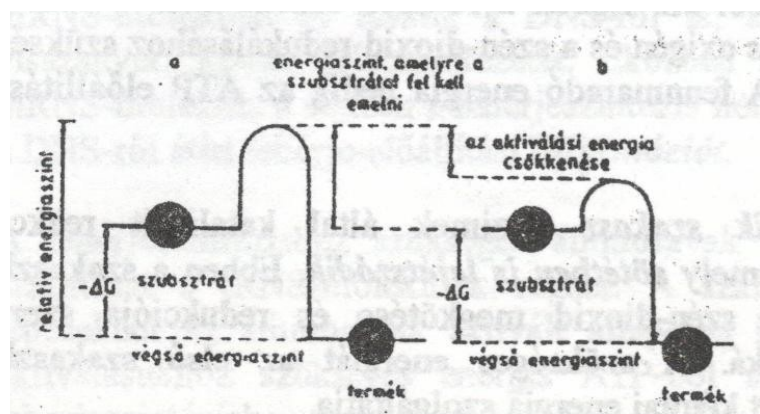
Az enzimek csak olyan reakció lejátszódását katalizálják, amelyek termodinamikailag lehetségesek, vagyis amelyek spontán is lejátszódhatnak. A katalizátorhatást az enzimek az **aktiválási energia** csökkentésével fejtik ki.

Egy bizonyos reakció létrejöttének szükséges, de nem elégséges feltétele az, hogy **termodinamikailag lehetséges legyen**. Hogy a reakciópartnerek reagálni tudjanak egymással, **aktivált** (gerjesztett) **állapotba** kell kerülniük.

Az aktiválási energia az az energiamennyiség, amely szükséges ahhoz, hogy a reagáló anyagok egy mólját az alapállapotból a reakció létrejöttében szükséges mértékben aktivált állapotba gerjesszük. Minél nagyobb az aktiválási energia, annál "nehezebben" jön létre a reakció.

Ahhoz, hogy egy reakció mérhető sebességgel folyjon szükséges az, hogy megfelelő mennyiségű reagáló molekula legyen aktivált állapotban. A hőmérséklet növekedésével a molekulák kinetikai (mozgási) energiája növekszik, ebből következik, hogy a hőmérséklet minden reakciót meggyorsít.

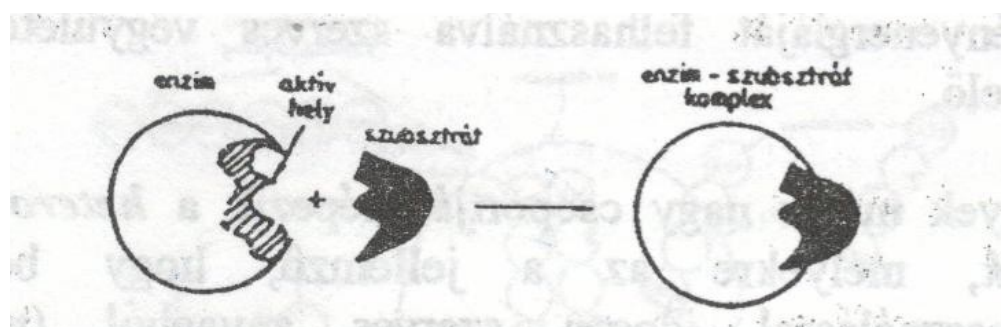
A katalizátorok képesek állandó hőmérsékleten gyorsítani a reakciót azért, hogy az aktiválási energiát csökkentik. Olyan reakcióutakat tesznek lehetővé, amelyek kisebb aktiválási energiát igényelnek. Az élő szervezetekben ennek nagyon nagy jelentősége van, hiszen a hőmérsékletet nem emelhetjük tetszés szerint a fehérjék denaturálódásának veszélye nélkül (II/29. ábra).



II/29. ábra. A biokémiai reakciók eredeti (A) aktiválási energiája az enzim (B) jelenlétében csökken

Az enzimek, mint általában a katalizátorok nem szerepelnek a katalizált reakció egyenletében reakciópartnerként. Mennyiségük nem változik a katalízis során. Sztöchiometrikusan ugyan valóban nem vesznek részt a reakcióban, de az átalakuló molekulákkal időlegesen reagálnak.

Először az átalakuló vegyülettel, a **szubsztráttal** reagálnak. A szubsztrát az enzimhez kapcsolódva átalakul végtermékké, majd a keletkezett termék leválik az enzimről. A felszabaduló enzim ezután újabb szubsztrátmolekulához kapcsolódhat. Ez a körfolyamat az oka, hogy kis mennyiségű enzim nagy tömegű anyag átalakításában képes résztvenni (II/30. ábra).



II/30. ábra. Az enzim - szubsztrát illeszkedés

A katalizátorok általában többé-kevésbé specifikusak. Csak meghatározott reakciókat katalizálnak, másokat viszont nem. Az enzimek esetében ez a specifitás sokkal kifejezettebb.

A specifitásuk jól értelmezhető fehérjetermészetük alapján. A reakcióképes csoportjaik a felületen helyezkednek el, ezek az oldalláncok határozott szerkezetű "erőtérmentát" képeznek. Ez a speciális reakcióképes felület felelős az enzimek katalitikus hatásáért. Egy bizonyos erőteremtő csak egy valamilyen határozott

szerkezetű molekulával képes katalitikusan eredményes reakcióba lépni. A katalitikus aktivitásért felelős molekularészlet az enzim **aktív centruma**.

Az elmondottakból az is következik, hogy minden olyan durva behatás, amely megváltoztatja az enzimmolekula szerkezetét, megszünteti az enzim aktivitását (pH, hőmérséklet, nehézfémek, sók, stb.)

2.2. Felépítő folyamatok

A **fotoszintézis** az élővilág számára a legalapvetőbb felépítő folyamat, melyben a zöld növények a Nap energiáját megkötik és átalakítják minden élő szervezet számára felhasználható kémiai energiává.

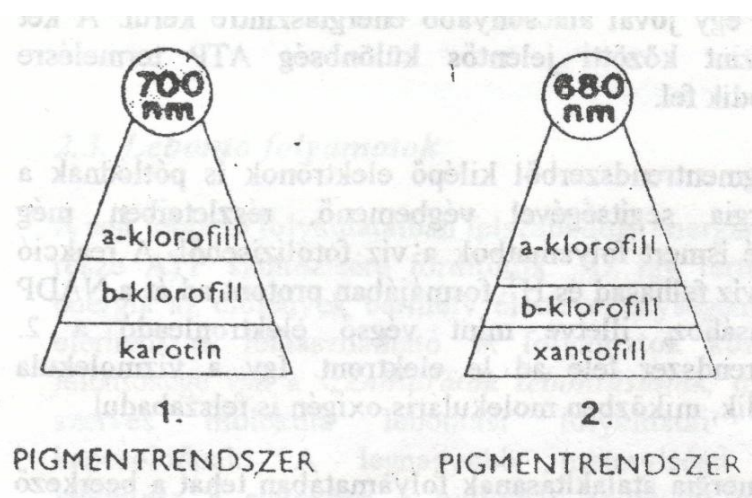
A fényenergia megkötését ún. fotoszintetikus pigmentek végzik, amelyekre jellemző a lipideknél tárgyalt konjugált kettős kötésrendszer, mely könnyen elmozduló elektronokat tartalmaz. Ezek a mozgékony elektronok kötik meg a fény energiacsomagjainak - a fotonoknak - az energiáját, így a pigmentmolekula gerjesztett állapotba kerül. Ez a gerjesztett állapot rövid ideig tart, a felvett többletenergiát az elektron könnyen elveszítheti és visszakerül eredeti pályájára. A fényenergia ebben az esetben nem hasznosítható a fotoszintézis számára.

Ha a gerjesztett elektron többletenergiája átadódik egy másik molekulának, vagy maga az elektron kerül át egy elektronfelvevő molekulára, akkor már hasznosulhat a fotoszintézis kémiai folyamataiban. A fényt megkötő molekula az elektronleadással oxidálódik, míg az elektront felvevő molekula redukálódik (elektronleadás = oxidáció, elektronfelvétel = redukció). Ilyen fotoszintetikus pigment pl. a klorofill-a, klorofill-b (zöld színű), a karotin (narancsvörös) és a xantofill (sárga színű).

A különböző típusú pigmentek mindegyikére jellemző a fényelnyelő képesség, de közülük csak **a fehérjékhez kapcsolódott a-klorofill-molekulák tudják a megkötött fényenergiát kémiai energiává átalakítani**. A többiek az elnyelt fény energiáját egymásnak átadva, végső soron az energiaátalakításra képes néhány a-klorofill-molekulához továbbítani.

Az egymástól eltérő működésű pigmentek nagyobb egységekbe, **pigmentrendszerbe** csoportosulnak.

A fotoszintézis folyamatában két alapvető pigmentrendszer működik (II/31. ábra).

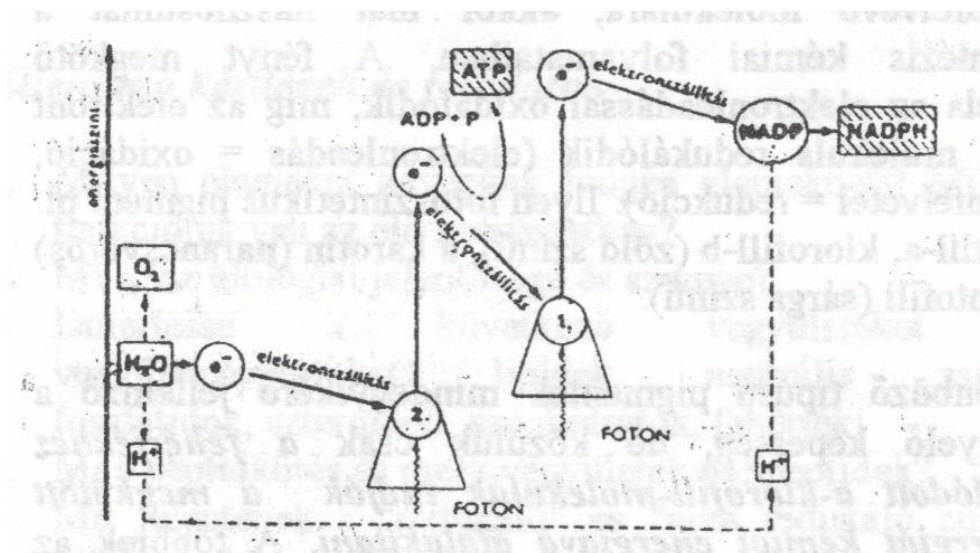


II/31. ábra. A fotoszintézis két pigmentrendszerének felépítése

1. pigmentrendszerben karotin-, b-klorofill- és a-klorofill-molekulák a fényelnyelő pigmentek, viszont a 2. pigmentrendszerben a klorofill-molekulák mellett xantofillmolekulák a fényelnyelők. Mindkét pigmentrendszer fénygyűjtő része a beérkező foton energiáját a reakcióközpont felé irányítja. A reakcióközpont fehérjékhez kötődő a-klorofill-molekulákból áll. A két pigmentrendszer között a különbség részben az összetevőkben és azok arányában, részben a reakcióközpont által elnyelt fény hullámhosszában van.

Az **1. pigmentrendszerben** az a-klorofillok fényelnyelési maximuma a hosszabb, a **2. pigmentrendszerben** a rövidebb hullámhosszúságra esik. A pigmentrendszerek majdnem egész tömegét a fénygyűjtő pigmentek teszik ki, míg a reakcióközpont tömege az egésznek alig 1 %-a.

A fotoszintézisben a **fényenergia átalakítása** során az 1. pigmentrendszer központi a-klorofill-molekulája a beérkező fotontól gerjesztett állapotba kerül és lead egy elektront (II/32. ábra). Ezt felveszi egy elektronszállító rendszer, amely több tagból áll. A tagok redoxfolyamatokkal kapcsolódnak egymáshoz. Ilyenek például a citokróom nevű anyagok, amelyek porfirinvázúak, de a magnézium helyén vas található. Elektronfelvétellel az Fe^{3+} állapotból az Fe^{2+} állapotba redukálódik a molekula. Majd az elektront a szállítórendszer következő tagjának továbbadva Fe^{2+} állapotból újra Fe^{3+} oxidált állapotba kerül. A felvett elektront ilyen redoxrendszer szállítja el a végső elektronfelvevőhöz, a NADP-molekulához. A NADP a beérkező elektronok és a víz fotolíziséből származó protonok együttes hatására NADPH-molekulává redukálódik.



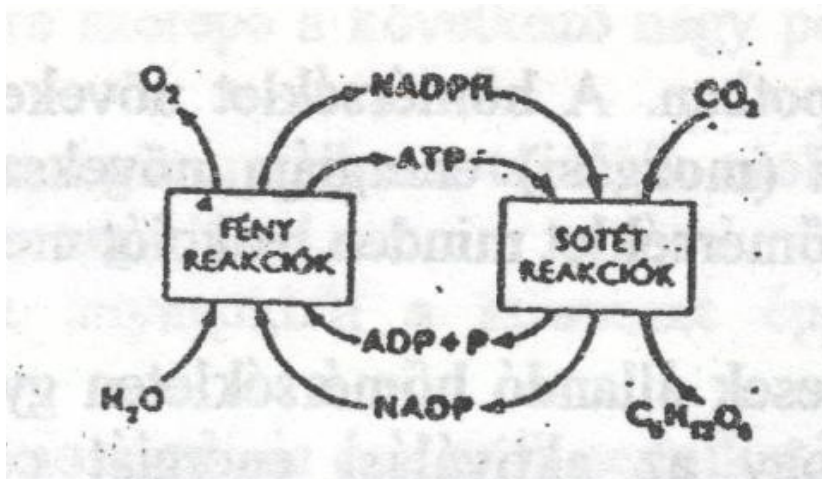
II/32. ábra. A fényenergia átalakítása kémiai energiává

A folyamat során a 2. pigmentrendszer fotontól gerjesztett a-klorofill-molekulája szintén lead egy elektront. A leadott elektront az előzőhöz hasonló felépítésű elektronszállító redox-rendszer veszi fel, amely elszállítja az 1. pigmentrendszer leadott elektronjának a helyére. Ezzel az elektron egy jóval alacsonyabb energiaszintre kerül. A két energiaszint közötti jelentős különbség ATP termelésre használódik fel.

A 2. pigmentrendszerből kilépő elektronok is pótlódnak a fényenergia segítségével végbemenő, részleteiben még kevésbé ismert folyamatból, a víz fotolíziséből. A reakció során a víz felhasad és H^+ formájában protont ad át a NADP redukálásához, illetve mint végső elektronleadó a 2. pigmentrendszer felé ad le elektront. Így a vízmolekula oxidálódik, miközben molekuláris oxigén is felszabadul.

A fényenergia átalakításának folyamatában tehát a beérkező fotonok elektronok áramlását idézik elő a víztől a NADP-molekula felé. Így a végső elektronadó vízmolekula oxidálódik, míg a végső elektronszállító NADP redukálódik. A folyamat végtermékei az oxigén, a NADPH- és az ATP-molekuláká átalakított fényenergia. E két utóbbi a továbbiakban alapvető feltétele a szén-dioxid megkötésének és beépítésének a szénhidrátokba.

A fotoszintézis lényegében két szakaszra különíthető, amelyek egymással igen szoros kapcsolatban állnak (II/33. ábra).



II/33. ábra. A fotoszintézis két szakaszának összekapcsolódása

Az **első szakasz csak fény jelenlétében** megy végbe, ez a fényenergia megkötéséből és kémiai energiává történő átalakításából áll. Ebben a részben szabadul fel a vízből a molekuláris oxigén és a szén-dioxid redukálásához szükséges NADPH. A fennmaradó energia pedig az ATP előállítására fordítódik.

A **második szakasz** enzimek által katalizált reakciók sorozata, amely **sötétben is lejátszódik**. Ebben a szakaszban történik a szén-dioxid megkötése és redukciója szerves molekulákká. A szükséges energiát az első szakaszban termelődött kémiai energia szolgáltatja.

A felépítő (anabolikus) biokémiai folyamatok mind energiaigényesek. A felépítéshez szükséges energia forrásai lehetnek szerves vagy szervetlen vegyületek. Ezen az alapon az élővilágot két csoportra lehet osztani.

Az élőlények egyik nagy csoportját képezik az autotróf szervezetek, melyekre az a jellemző, hogy külső energia felvételével kis molekulájú, kis energiatartalmú vegyületeket állítanak elő. A felvett külső energia származhat a Nap fényenergiájából (foto-szintetizáló szervezetek) vagy egyéb szervetlen vegyületekből (kemoszintetizáló szervezetek).

Az **autotróf szervezetek** legjelentősebb képviselői a zöld szintestekkel rendelkező fotoszintetizálók, a növények, ők az élővilág termelő szervezetei. Csak a növények képesek arra, hogy a talajból és levegőből felvett szervetlen vegyületekből a Nap fényenergiáját felhasználva szerves vegyületeket állítsanak elő.

Az élőlények másik nagy csoportját képezik a **heterotróf szervezetek**, melyekre az a jellemző, hogy belső energiafelhasználással idegen szerves anyagból (nagy energiatartalmú) saját szerves anyagot állítson elő (nagy energiatartalmú). Ezek az ún. fogyasztó szervezetek.

A felépítő folyamatok lépésről-lépésre játszódnak le a szervezetekben. Először kis molekulájú közti termékek képződnek, majd ezekből ún. építőkö-molekulák keletkeznek (nukleotidok, aminosavak, egyszerű cukrok, zsírsavak, glicerin) és

végül az építőkö-molekulákból makromolekulák (fehérjék, poliszacharidok, nukleinsavak, lipidek, stb.) A felépítő folyamatok közül csak a **fehérjeszintézissel** foglalkozunk bővebben.

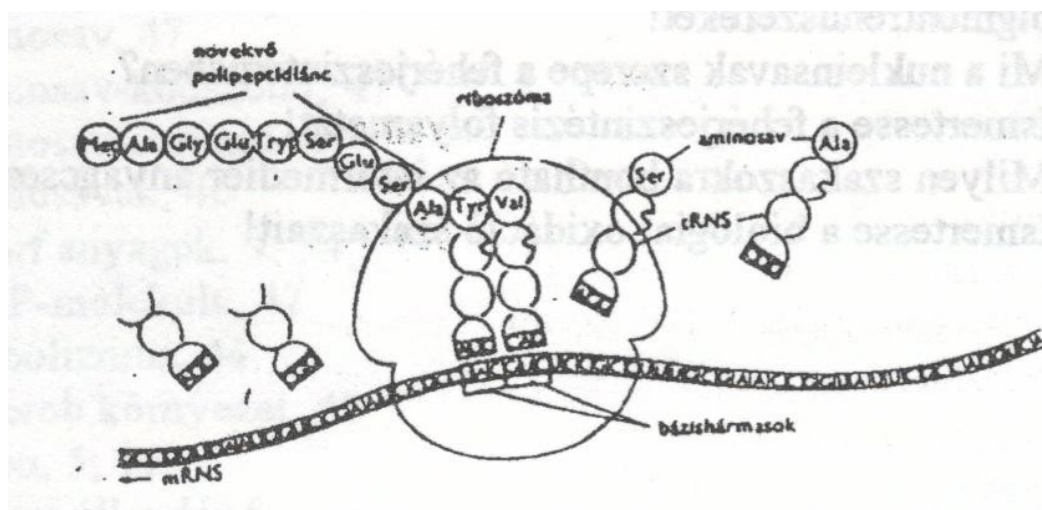
A fehérjék előállítására vonatkozó információt a DNS-molekula tárolja a sejtben bázishármasai formájában. A **DNS-molekula** egyik fontos jellemzője, hogy képes a **megkettőződésre**, és ezzel az információ megsokszorozódására. A másik fontos jellemzője, hogy képes az információ átadására az egyik nukleotidszála mentén képződő mRNS-molekula számára.

Az **átírás** azzal kezdődik, hogy az mRNS képződését katalizáló enzim a DNS egyik nukleotidszálaéhoz kötődik, és széttekeri a molekula egy szakaszát. Így az egyes nukleotidszálok hozzáférhetővé válnak, és az egyik bázissorrendje átíródik a szintetizálódó mRNS-molekulára. Ez úgy történik, hogy miközben az enzim a nukleotidszál mentén halad előre, a DNS bázissorrendjének megfelelő kiegészítő nukleotidok kapcsolódnak egymás után a növekvő mRNS-lánchoz. Így a DNS-molekula bázissorrendje egyértelműen meghatározza a keletkező mRNS-molekula bázissorrendjét. Az RNS molekulák általános felépítésének megfelelően azonban a timin helyett mindig uracil bázis található a keletkezett molekulában.

Az enzim addig folytatja útját a polinukleotid-láncon, amíg **felépül a teljes mRNS- molekula**. Ekkor elengedi a kész mRNS-molekulát és leválik a DNS-ről is, amely ezután visszanyeri kettős hélixszerkezetét. Eközben a keletkezett mRNS-molekula a sejtben a fehérjeszintézis helyére **szállítja** a DNS-ről átírt fehérje-előállítási **információt**.

A fehérjeszintézishez szükséges aminosavak felvételét és szállítását a tRNS-molekulák végzik. A szállítás kezdeti lépéseként az aminosavak aktivált állapotba kerülnek. Az aktiválásukhoz szükséges energia ATP-ből származik. A fehérjeszintézisben részt vevő húszféle aminosav aktiválását aminosavanként más-más enzim végzi. Az aktivált aminosavak az őket szállító tRNS-molekulákkal reagálnak. Minden aminosavfajtának külön tRNS szállítója van. **Az aminosavmolekulák a tRNS szállítómolekulájának egyik végéhez kapcsolódnak** és így szállítódnak a sejtben a fehérjeszintézis helyére.

Az **aminosavak összekapcsolódása** polipeptidlánccá a riboszómákon történik. A riboszómák összetett fehérjéket és rRNS-t tartalmazó bonyolult szerkezetű molekulák. Egy kisebb és egy nagyobb rész különböztethető meg rajtuk, amelyek egyidejűleg alkalmasak egy mRNS- és egy fehérjemolekula átmeneti megkötésére (II/34. ábra). A riboszóma felületén találkoznak egymással a fehérje aminosav-sorrendjének információját hozó mRNS, és magukat az aminosavakat hozó tRNS-molekulák.



II/34. ábra. A fehérjeszintézis folyamata a riboszómán

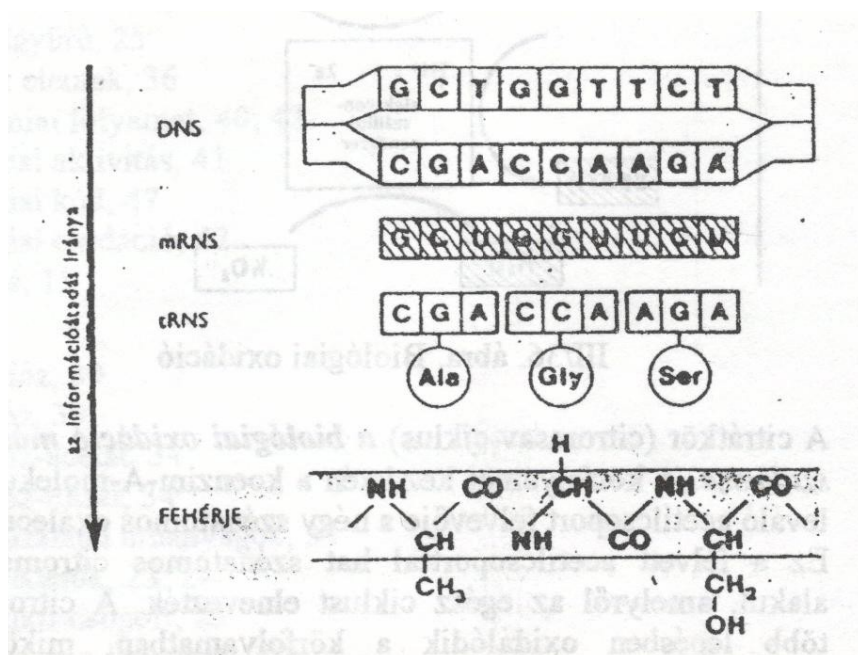
A riboszóma végighalad az mRNS-molekulán, miközben leolvassa a bázishármasok formájában hozott információkat. Az információ leolvasása és megértése azt jelenti, hogy az mRNS egymás után következő bázishármasaihoz mindig a megfelelő bázishármassal rendelkező tRNS kerül a riboszómára. Ott átmenetileg összekapcsolódik az mRNS-sel és átadja a növekvő polipeptidláncnak az általa szállított aminosavat. Az aminosav leadása után elszakad az mRNS-től, majd leválik a riboszóma felületéről.

A lánckezdést mindig azonos aminosav, a metionin indítja. Az utána érkező második aminosav ehhez kapcsolódik peptidkötéssel, majd a sorban következő aminosavak kapcsolódnak a polipeptidlánchoz. E lépések addig folytatódnak, amíg kialakul a teljes fehérjére jellemző aminosav-sorrend. Végül a riboszóma az mRNS-molekulán elérkezik a lánc végét jelző bázishármashoz, így a kész fehérjemolekula enzimek segítségével leválik a riboszóma felületéről. A folyamat befejező lépése a kezdő metionin lehasítása a polipeptidlánc elejéről.

A DNS bázissorrendje és a fehérjék aminosav-sorrendje között tehát szoros összefüggés van. Ez a kapcsolat azonban nem közvetlen. A DNS molekulájában az információ mintegy rejtjelezve, ún. kód formájában található. A kód általánosságban olyan jelek rendszere, amellyel az információ meghatározott úton továbbítható és visszaalakítható. A biológiai kód jelei a bázishármasok, amelyek egy-egy aminosavat fejeznek ki. az információforrás a DNS, ahonnan a kód átírása a képződő mRNS-molekulára történik. Innen a kód lefordítását az aminosavak jelrendszerére a tRNS-molekulák végzik (II/35. ábra). Mivel a nukleinsavak bázishármasait négy alapvető bázis alkotja, így három bázisból 4^3 , vagyis 64-féle bázishármas jön létre.

Ez jóval több, mint a fehérjéket felépítő 20 aminosav típus, de részben egy-egy aminosavat több bázishármas is kódol, részben egy indító és három láncvégződést záró bázishármas is van közöttük. a lehetséges változatokat egy átfogó táblázatban

az aminosav-kódszótár tartalmazza. Mivel a bázishármasok minden élőlényben ugyanazon aminosav beépülését jelentik, ezért a biológiai kód általános érvényű az élővilágban.

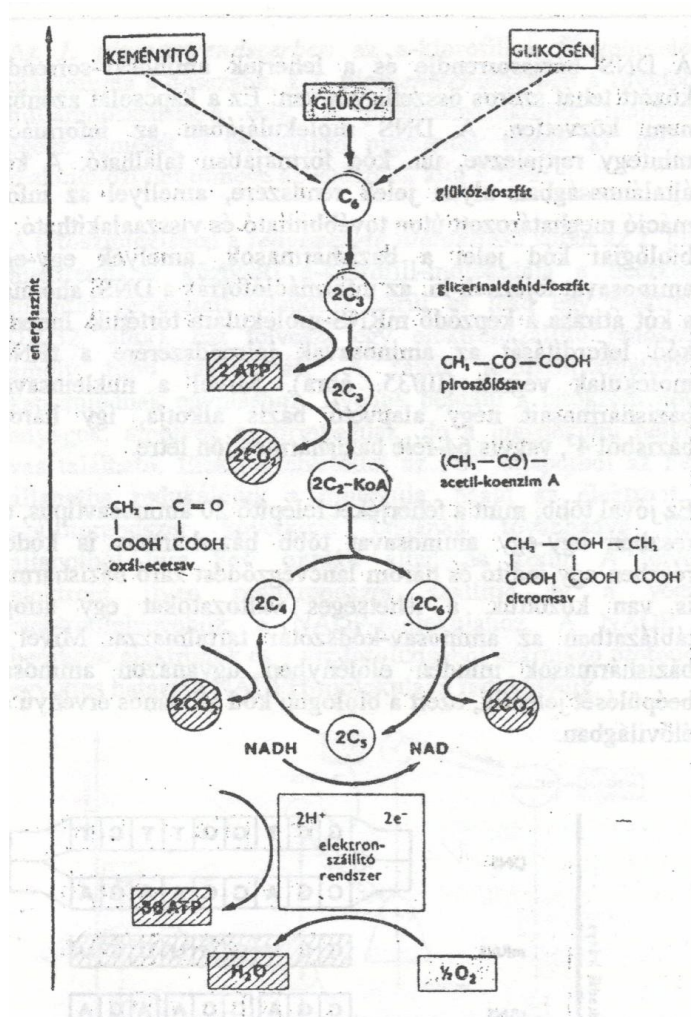


II/35. ábra. A fehérjeszintézis DNS-ben tárolt információjának átadási iránya

2.3. Lebontó folyamatok

A sejt lebontó folyamataiban felszabaduló energia tekintélyes része ATP szintézisére fordítódik. Az így termelt kémiai energia az élőlények bármely élettevékenységéhez könnyen elérhető és felhasználható. A folyamatok közül kiemelt jelentősége van a **szénhidrátok lebontásának**, mert a többi szerves molekula lebontási folyamatai is ehhez kapcsolódnak. A legnagyobb mennyiségű szénhidrát lebontása a sejtekben a biológiai oxidáció folyamatában történik. (II/36. ábra). A teljes folyamat igen sok reakcióból áll, amelyek mindegyikét különböző enzim katalizálja.

A biológiai oxidáció első szakaszában a sejtalkotók szétesnek az őket felépítő makromolekulákra (lipidek, szénhidrátok, nukleinsavak, fehérjék). Ezek a makromolekulák tovább bomlanak építőkö molekulákra (zsírsavak, glicerin, egyszerű cukrok, mononukleotidok, aminosavak), majd még kisebb méretű köztes termékekre. Akármilyen volt is a kiindulási anyag, különböző reakciólépéseken keresztül két szénatomos acetyl-csoport keletkezik és ez az acetyl-csoport egy koenzimhez kapcsolódva lép be a citrátkörbe. Innentől kezdve a lebomlás kiindulási terméktől függetlenül azonos úton halad tovább.



II/36. ábra. Biológiai oxidáció

A citrátkör (citromsav-ciklus) a **biológiai oxidáció második szakasza**. A körfolyamat kezdetén a koenzim-A-molekuláról leváló acetilcsoport felvevője a négy szénatomos oxálecetsav. Ez a felvett acetilcsoporttal hat szénatomos citromsavvá alakul, amelyről az egész ciklust elnevezték. A citromsav több lépésben oxidálódik a körfolyamatban, miközben molekulájának átrendeződése újra az oxálecetsav kialakulásához vezet. A hat szénatomos lánc két szén-dioxid egymást követő leadásával négy szénatomosra csökken. Ezzel a ciklus bezárul, és az újra kialakult oxálecetsav készen áll a következő acetilcsoport felvételére.

A biológiai oxidáció harmadik szakasza a **terminális oxidáció**. A terminális oxidációban az összes hidrogén vízzé oxidálódik a légzési oxigén segítségével. ez a folyamat a lebontás energiatermelésének döntő többségét adja. Amíg ugyanis a glikolízis során mindössze 2 ATP-molekula keletkezik 1 glükózmolekula lebontásakor, addig a terminális oxidációban 36 ATP-molekula képződik a glükóz bontásából ideszállított hidrogén elégetésével. Így egy mólnyi glükóz teljes biológiai oxidációja 38 mólnyi ATP hasznosítható energiáját jelenti az illető sejt számára.

A biológiai oxidáció oxigéndús környezetben, aerob körülmények között játszódik le. Vannak azonban olyan esetek is, amikor nem áll elegendő oxigén rendelkezésre a sejtben és az anyagcsere-folyamatok anaerob környezetben zajlanak le. Az ilyen típusú reakcióutakat közös néven **erjedésnek** nevezzük.

Az erjedés első lépései megegyeznek a glikolízis folyamatával a piroszőlősavszubsztrátiáig. Innentől többféle reakcióút lehetséges. Két közismert formája közül az egyikben a piroszőlősavból szén-dioxid lép ki, és a végtermék az etanol, míg a másik út végterméke a piroszőlősavból átalakult tejsav. Mivel mind a két végtermék még további oxidálással energiát tudna termelni, az erjedés energetikai szempontból nem gazdaságos. A folyamatból felhasználható energia mindössze 2 ATP 1 glükózra vonatkoztatva, vagyis megegyezik a glikolízisben felszabadult energiámmal.

Az anyagcsere-folyamatokat a II/1. táblázat foglalja össze.

II/1. táblázat

Az asszimiláció és a disszimiláció összehasonlítása

Összehasonlítási szempontok	Asszimiláció	Disszimiláció
típusai	- autotróf $\begin{cases} \text{fotoszintézis} \\ \text{kemoszintézis} \end{cases}$ - heterotróf	- biológiai oxidáció (légzés) - erjedés
kiindulási anyag	- szerves molekula - szervetlen molekula	makromolekula
végtermék	nagy energiaszintű szerves makromolekula	- CO_2 és H_2O - még energiadús szerves vegyület (ld. erjedés)
energia - ATP	igényes	termelő
H szállító enzimje	$\text{NADP}^+ \rightleftharpoons \text{NADPH}$	$\text{NAD}^+ \rightleftharpoons \text{NADH}$
kémiai folyamat	redukció (e^- felvétel)	oxidáció (e^- leadás)

Ellenőrző kérdések és feladatok

1. Mit jelentenek az "anyagcsere" és az "intermedier anyagcsere" kifejezések?
2. Csoportosítsa az élőlényeket anyagcseretípusok szerint!
3. Ismertesse az enzimeket, mint katalizátorokat!
4. Ismertesse az enzimes reakciók mechanizmusát!
5. Magyarázza el a fotoszintézis lényegét!
6. Ismertesse a fotoszintetizáló élőlényekben található pigmentrendszereket!
7. Mi a nukleinsavak szerepe a fehérjeszintézisben?
8. Ismertesse a fehérjeszintézis folyamatát!
9. Milyen szakaszokra bontható az intermedier anyagcsere?
10. Ismertesse a biológiai oxidáció szakaszait!

SI-EGYSÉGEK

A nemzetközi mértékegységrendszer (Système International, jele: SI, kiejtése: es-i) alapegységeit, néhány származtatott egységét, valamint az SI-n kívüli, de törvényesen használható — közmérték — mértékegységeket a következő három táblázat foglalja össze:

Alapmennyiségek, származtatott mennyiségek és egységeik (SI)

A 7 alapmennyiség és néhány származtatott mennyiség neve	jele	A mértékegység			
		neve	jele	kifejezése más SI-egységgel	kifejezése az alap- és kiegészítő-egységekkel
Hosszúság	l	méter	m		m
Felület	A	négyzetméter	m ²		
Térfogat	V	köbméter	m ³		
Idő	t	másodperc	s		s
Frekvencia, rezgés-szám	f, ν	hertz	Hz	1/s	1/s
Sebesség	v	méter per másodperc	m/s		m/s
Gyorsulás	a	méter per másodperc a négyzetben	m/s ²		m/s ²
Tömeg	m	kilogramm	kg		kg
Sűrűség	ρ	kilogramm per köbméter	kg/m ³		kg/m ³
Erő	F	newton	N		m·kg/s ²
Nyomás	p	pascal	Pa	N/m ²	kg/m·s ²
Munka, energia, hő(mennyiség)	W, E, Q	joule	J	N·m	m ² ·kg/s ²
Tejlesztőmenny	P	watt	W	J/s	m ² ·kg/s ³
Elektromos áramerősség	I	amper	A		A
Elektromos feszültség	U	volt	V	W/A	m ² ·kg/A·s ³
Elektromos ellenállás	R	ohm	Ω	V/A	m ² ·kg/s ³ ·A ²
Elektromos töltés (mennyiség)	Q	coulomb	C	A·s	s·A
Elektromos vezetés	G	siemens	S	1/Ω	s ³ ·A ² /m ² ·kg
Elektromos kapacitás	C	farad	F	C/V	s ⁴ ·A ² /m ² ·kg
Termodinamikai hőmérséklet	T	kelvin	K		K
Anyagmennyiség	n	mól	mol		mol
Anyagmennyiség-koncentráció	c	mól per köbméter	mol/m ³		mol/m ³
Moláris tömeg	M	kilogramm per mól	kg/mol		kg/mol
Moláris térfogat	V _m	köbméter per mól	m ³ /mol		m ³ /mol
Moláris fajlagos vezetés	Λ _m	siemens x négyzetméter per mól	S·m ² /mol	1/Q · m ² /mol	s ³ ·A ² /mol·kg
Fényerősség	I _v	kandela	cd		cd
Radioaktív sugárforrás aktivitása	A	becquerel	Bq	1/s (az 1 s alatt bomlások száma)	

Néhány korlátozás nélkül használható - SI-n kívüli - törvényes egység

A mennyiség	Az SI-n kívüli mértékegység	
	neve	jele
Térfogat, tartalom	V	liter l, L átszámítás SI-re: 1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Tömeg	m	tonna t átszámítás SI-re: 1 t = 10 ³ kg
Idő	t	perc, óra min (1 min = 60 s), h (1 h = 60·60 = 3600 s)
Sebesség	v	kilométer per óra km/h (km/3600 s)
Celsius-hőmérséklet	t	Celsius-fok °C átszámítás SI-re: 0 °C = 273,15 K, jele T ₀ 25 °C = 298,15 K, jele: T ° vagyis t (°C) + 273,15 = T (K), - 273,15 °C = 0 kelvin. Ez a hőmérséklet abszolút nullapontja.

Néhány, csak meghatározott szakterületen használható - SI-n kívüli - törvényes mértékegység

Szakterület	A mennyiség		Az SI-n kívüli mértékegység	
	neve	jele	neve	jele
Folyadékok és gázok mechanikájával foglalkozó szakterület (pl. autópár)	Nyomás	p	bar	bar átszámítás SI-re: 1 bar = 10 ⁵ Pa = 100 kPa
Atom(mag)fizika, ill. radiofizika	Tömeg	m	atomtömeg egység	u átszámítás SI-re: 1 u = 1,660 531·10 ⁻²⁷ kg
	Energia	E	elektronvolt	eV átszámítás SI-re: 1 eV = 1,602·10 ⁻¹⁹ J

A mértékegységek többszörösei, törtrészei

Ha az SI-egységek és a nem SI-, de törvényesen használható mértékegységek túl nagyok vagy túl kicsik, akkor ezek számértékeit a 10 meghatározott egész számú pozitív vagy negatív kitevőjű hatványaival, az ún. decimális (latinul decies = tízezer) szorzókkal fejezzük ki. A decimális szorzók mindegyike egy előtaggal, más néven *prefixummal* helyettesíthető, amelyek neve és jele van.

A törvényes egységek decimális szorzói és prefixumai

neve	A decimális szorzó (az egység szorzója)		A prefixum (előtag)	
	számértéke	neve	jele	
Trillió	1 000 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁸	exa-	E	
Ezerbillió	1 000 000 000 000 000 = 10 ¹⁵	peta-	P	
Billió	1 000 000 000 000 = 10 ¹²	tera-	T	
Millióárd	1 000 000 000 = 10 ⁹	giga-	G	
Millió	1 000 000 = 10 ⁶	mega-	M	
Ezer	1 000 = 10 ³	kilo-	k	
Száz	100 = 10 ²	hekto-	h	
Tíz	10 = 10 ¹	deka-	da	
Tized	0,1 = 10 ⁻¹	deci-	d	
Század	0,01 = 10 ⁻²	centi-	c	
Ezred	0,001 = 10 ⁻³	milli-	m	
Milliomod	0,000 001 = 10 ⁻⁶	mikro-	μ	
Ezermilliomod	0,000 000 001 = 10 ⁻⁹	nano-	n	
Billiomod	0,000 000 000 001 = 10 ⁻¹²	piko-	p	
Ezerbilliomod	0,000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁵	femto-	f	
Trilliomod	0,000 000 000 000 000 001 = 10 ⁻¹⁸	atto-	a	

Van néhány egység, amelyhez semmiféle prefixum nem kapcsolható. Ilyen a Celsius-fok, a perc és az óra. Vannak — ezen kívül — olyan egységek is, amelyekre csak részleges tiltság vonatkozik. Ilyen pl. a tonna, amelyhez a hekto- (h), a deka- (da), deci- (d), centi- (c) prefixumokat tilos kapcsolni.

PERIÓDUSOS RENDSZER

1																	VIII.a
2																	He
3																	Ne
4																	Ar
5																	Kr
6																	Xe
7																	Rn
I.a II.a III.a IV.a V.a VI.a VII.a VIII.a																	
1s ² 2s ² 3s ² 4s ² 5s ² 6s ² 7s ² 8s ² 9s ²																	
A vegyértékűj beépülő atompályái																	
Rendszám → 4 2s ² Be → 9,01																	
Vegyjel Be																	
Relatív atomtömeg 9,01																	
I.b II.b III.b IV.b V.b VI.b VII.b VIII.b																	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
Fr	Ra	Ac*	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	
(223)	(226)	(227)*	232,0	(231)	238,1	(237)	(242)	(243)	(247)	(249)	(251)	(254)	(253)	(256)	(254)	(257)	
* *																	
58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87																	
Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu																	
140,1 140,9 144,2 (147) 150,4 152,0 157,3 158,9 162,5 164,9 167,3 168,9 173,0 175,0																	
*																	
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104																	
Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr																	
232,0 (231) 238,1 (237) (242) (243) (247) (249) (251) (254) (253) (256) (254) (257)																	

Az elemek neve, vegyjele, néhány jellemző adata

Elem neve	Vegyjele	Rend- száma	Relatív atom- tömege	Olvadás- pontja (°C)	Forrás- pontja (°C)	Sűrűsége** (g/cm ³)
Aktínium	Ac	89	(227)*	1050	3200	10,07
Alumínium	Al	13	26,98	660	2450	2,70
Americium	Am	95	(243)	944	2600	11,70
Antimon	Sb	51	121,75	630,5	1380	6,70
Arany	Au	79	196,97	1063	2970	19,28
Argon	Ar	18	39,95	-189	-186	0,0018
Arzén	As	33	74,92	814	613	5,72
Asztácium	At	85	(210)	(302)	-	-
Bárium	Ba	56	137,34	714	1640	3,6
Berillium	Be	4	9,01	1278	2770	1,85
Berkélium	Bk	97	(249)	986	-	14,00
Bizmut	Bi	83	208,98	271	1560	9,8
Bór	B	5	10,81	2300	2550	2,34
Bróm	Br	35	79,90	-7	59	3,11
Cérium	Ce	58	140,12	795	3468	6,77
Cézium	Cs	55	132,91	29	690	1,90
Cink	Zn	30	65,38	419	907	7,13
Cirkónium	Zr	40	91,22	1852	3580	6,51
Diszprózium	Dy	66	162,50	1407	2600	8,56
Einsteinium	Es	99	(254)	-	-	-
Erbium	Er	68	167,26	1497	2900	9,05
Európium	Eu	63	151,96	826	1439	5,25
Ezüst	Ag	47	107,87	961	2210	10,5
Fermium	Fm	100	(253)	-	-	-
Fluor	F	9	18,99	-219,6	-188	0,0017
Foszfor	P	15	30,97	44	280,5	1,83
Francium	Fr	87	(223)	-	-	-
Gadólinium	Gd	64	157,25	1312	3000	7,87
Gallium	Ga	31	69,72	30	2237	5,90
Germánium	Ge	32	72,59	937	2830	5,32
Hafnium	Hf	72	178,49	2222	5400	13,29
Hélium	He	2	4,003	-272	-269	0,00018
Hidrogén	H	1	1,008	-259	-253	0,00009
Higany	Hg	80	200,59	-39	357	13,55
Holmium	Ho	67	164,93	1461	2600	8,78
Indium	In	49	114,82	157	2000	7,31
Iridium	Ir	77	192,22	2443	5300	22,5
Itterbium	Yb	70	173,04	824	1427	6,97
Ittrium	Y	39	88,91	1509	2927	4,47
Jód	I	53	126,90	113,5	184	4,93
Kadmium	Cd	48	112,40	321	767	8,65
Kalcium	Ca	20	40,08	838	1440	1,54
Kalifornium	Cf	98	(251)	-	-	14
Kálium	K	19	39,09	64	756	0,86
Kén	S	16	32,06	119	444	2,07
Klór	Cl	17	35,45	-103	-35	0,003
Kobalt	Co	27	58,93	1493	2900	8,90
Kripton	Kr	36	83,80	-157	-153	0,004
Króm	Cr	24	51,99	1875	2665	7,19
Kürium	Cm	96	(247)	1350	-	13,51
Lantán	La	57	138,91	920	3470	6,17
Laurencium	Lr	103	(256)	-	-	-
Lítium	Li	3	6,94	180,5	1326	0,53

számszerűen Jeleni előzetes adatok A

Elem neve	Vegyjele	Rend- száma	Relatív atom- tömege	Olvadás- pontja (°C)	Forrás- pontja (°C)	Sűrűsége** (g/cm ³)
Lutécium	Lu	71	174,97	1652	3327	9,84
Magnézium	Mg	12	24,31	651	1110	1,74
Mangán	Mn	25	54,94	1244	2150	7,44
Mendelévium	Md	101	(256)	-	-	-
Molibdén	Mo	42	95,94	2610	5560	10,22
Nátrium	Na	11	22,99	98	892	0,97
Neodímium	Nd	60	144,24	1024	3027	7,00
Neon	Ne	10	20,18	-249	-246	0,0009
Neptúnium	Np	93	237	639	3902	19,5
Nikkel	Ni	28	58,70	1453	2730	8,91
Nióbium	Nb	41	92,91	2468	3300	8,57
Nitrogén	N	7	14,01	-210	-196	0,0013
Nobelium	No	102	(255)	-	-	-
Ólom	Pb	82	207,2	327,5	1725	11,34
Ón	Sn	50	118,69	232	2260	7,28
Oxigén	O	8	15,99	-219	-183	0,0014
Ozmium	Os	76	190,2	3050	5500	22,61
Palládium	Pd	46	106,4	1552	3980	12,02
Platina	Pt	78	195,09	1769	4530	21,45
Plutónium	Pu	94	(244)	640	3327	19,86
Polónium	Po	84	(209)	254	962	9,4
Praezodímium	Pr	59	140,91	935	3017	6,48
Prométium	Pm	61	(145)	1080	3212	6,77
Protaktínium	Pa	91	231	1560	-	15,37
Rádium	Ra	88	226	700	1140	5
Radon	Rn	86	(222)	-71	-61,8	0,0097
Rénium	Re	75	186,21	3170	5900	21,04
Réz	Cu	29	63,55	1083	2595	8,94
Ródium	Rh	45	102,91	1960	4500	12,41
Rubídium	Rb	37	85,47	39	688	1,53
Ruténium	Ru	44	101,07	2500	4900	12,45
Sztroncium	Sr	38	87,62	769	1380	2,6
Szamárium	Sm	62	150,4	1072	1900	7,54
Szelén	Se	34	78,96	217	685	4,79
Szén	C	6	12,01	3727	4830	2,26
Szilícium	Si	14	28,09	1410	2680	2,33
Szkandium	Sc	21	44,96	1539	2727	2,99
Tallium	Tl	81	204,37	303	1457	11,85
Tantál	Ta	73	180,95	2996	5427	16,65
Technécium	Tc	43	97	2140	5030	11,49
Tellur	Te	52	127,60	450	990	6,24
Terbium	Tb	65	158,93	1360	2800	8,23
Titán	Ti	22	47,90	1668	3260	4,51
Tórium	Th	90	232,04	1750	4000	11,7
Tulium	Tm	69	168,93	303	1457	9,33
Urán	U	92	238,03	1132	3818	19,07
Vanádium	V	23	50,94	1890	3450	6,11
Vas	Fe	26	55,85	1536,5	3000	7,87
Volfrám	W	74	183,85	3410	5930	19,3
Xenon	Xe	54	131,30	-112	-107	0,0059

* A leghosszabb felezési idejű izotóp tömegszáma
** standard nyomáson és 0 °C-on

A legismertebb ionok töltésszáma

Kationok

+1		+2		+3	
ammónium	NH ₄ ⁺	bárium	Ba ²⁺	alumínium	Al ³⁺
ezüst	Ag ⁺	cink	Zn ²⁺	króm(III)	Cr ³⁺
hidrogén	H ⁺	higany(II)	Hg ²⁺	kobalt	Co ³⁺
higany(I)	Hg ⁺	kalcium	Ca ²⁺	vas(III)	Fe ³⁺
kálium	K ⁺	króm(II)	Cr ²⁺		
lítium	Li ⁺	magnézium	Mg ²⁺		
nátrium	Na ⁺	mangán	Mn ²⁺		
réz(I)	Cu ⁺	ólm	Pb ²⁺		
		ón	Sn ²⁺		
		réz(II)	Cu ²⁺		
		vas(II)	Fe ²⁺		

Anionok

-1		-2		-3	
acetát	CH ₃ COO ⁻	dikromát	Cr ₂ O ₇ ²⁻	foszfát	PO ₄ ³⁻
bromid	Br ⁻	karbonát	CO ₃ ²⁻		
fluorid	F ⁻	kromát	CrO ₄ ²⁻		
hidrogén-		oxid	O ²⁻		
karbonát	HCO ₃ ⁻	peroxid	O ₂ ²⁻		
hidrogén-		szulfát	SO ₄ ²⁻		
szulfát	HSO ₄ ⁻	szulfid	S ²⁻		
hidroxid	OH ⁻	szulfít	SO ₃ ²⁻		
jodid	I ⁻				
klorát	ClO ₃ ⁻				
nitrát	NO ₃ ⁻				
nitrit	NO ₂ ⁻				
permanganát	MnO ₄ ⁻				