

KEGLEVICH KRISTÓF

SZERVES KÉMIA

10. osztály

— *kézirat gyanánt* —

A kézirat elkészítésében közreműködött:

BOGDÁNDI LILLA (2018B), DITTRICH REBEKA (2018B),
KISS ANNA BOGLÁRKA (2018B), MÓRÉ JUDIT (2018B),
POLGÁR PATRICIA (2017B), ROSSEN MÁRTON (2017B), SEMPERGER ZSOLT (2017B),
SZÉPKÚTI FANNI (2017B), TAKÁCH ÉVA (2017B), ÜRMÖSSY ANNA (2017B),
ÜRMÖSSY BARBARA (2018B), VARGA MARCELL (2017B) és VÖRÖS ESZTER (2018B)

VILLÁNYI ATTILA: *Kémia 10.* (Bp., Műszaki, 2015.¹⁰)
és RÓZSAHEGYI MÁRTA–SIPOSNÉ KEDVES ÉVA–HORVÁTH BALÁZS: *Kémia 11–12.*
(Szeged, Mozaik, 2010.) című könyve alapján



Budapest–Józsefváros, 2021² (2016¹)

N.-nak

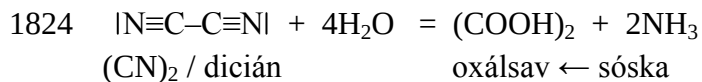


BEVEZETÉS

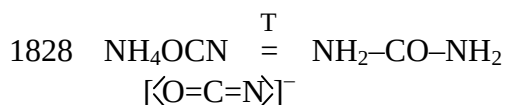
A szerves kémia a C vegyületeivel foglalkozik, kivéve: CO , CO_2 , H_2CO_3 és sói, HCN és a cianidok
szervetlen kémia

Vis vitalis-elmélet: szerves anyag csak élő szervezetben keletkezik

- megdöntése: FRIEDRICH WÖHLER (német)



hidrolízis: vízzel való reakció



NH₄-cianát karbamid ← vizelet szárazanyaga
← műtrágya
← utak jégmentesítése
← endoterm oldódás

WÖHLER szervetlen anyagból olyat állított elő, amely közismerten szerves

- továbbélése: „a természetes anyag jobb”

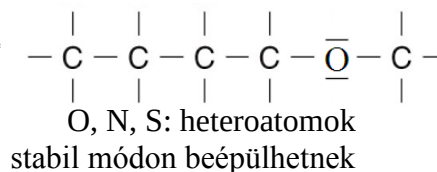
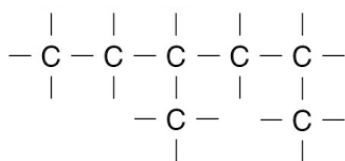
van benne valami plusz, ami a mesterséges anyagból hiányzik

a „vegyszer”, azaz mesterséges anyag sokak fejében a mérge fogalmával azonos

↕
holott minden anyag vegyi, * amennyiben a vegytan minden anyagot vizsgál

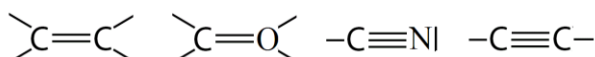
Igen sok szerves vegyület létezik

- a C-atomok tetszőleges hosszúságú láncba állhatnak össze**



- elágazások

- C – kis atomméret, nagy EN → többszörös kovalens kötések is lehetségesek



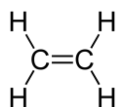
Képlet

- tapasztalati: csak arányt mutat meg (minden anyagnak lehet) – pl. NaCl, CaCl₂, SiO₂
ionvegyületek és atomrácsos anyagok esetében csak ezt használjuk

- összeg- / molekulaképlet (molekuláris anyagoknál) – pl. H₂O₂, C₂H₄ (etilén)

tapasztalati képletük: „HO”, „CH₂” lenne – nem használjuk

- szerkezeti képlet



- félkonstitúciós / gyökcsoportos képlet (szerves vegyületeknél) – pl. CH₂=CH₂
(a H kovalens kötéseit nem tüntetjük föl)

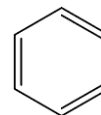
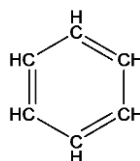
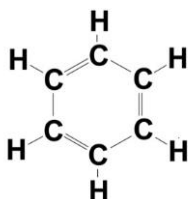
- vonalképlet – pl. =

C-atom: pont, a C-hez kapcsolódó H nem szerepel, minden egyéb (pl. heteroatom) igen

pl. a benzol képlete(i)

„CH”

C₆H₆



* Ugyanúgy, ahogy minden szám „matematikai”. Értelmetlen lenne „nem matematikai számról” beszélni.

** Hasonlóra képesek a kénatomok (S₈), illetve a felváltva elhelyezkedő Si- és O-atomok is alkothatnak láncot.

Konstitúció: az atomok kapcsolódási sorrendje

$\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$
etil-alkohol (f)
vízben korlátlanul oldódik
szeszszag

$\text{CH}_3\text{--O--CH}_3$
dimetil-éter (g)
vízben nem oldódik
jellegzetes szag

- **izomerek:** azonos összegképletű, de eltérő szerkezetű molekulák
- **konstitúciós izomerek:** olyan molekulák, melyek az atomok kapcsolódási sorrendjében térnek el

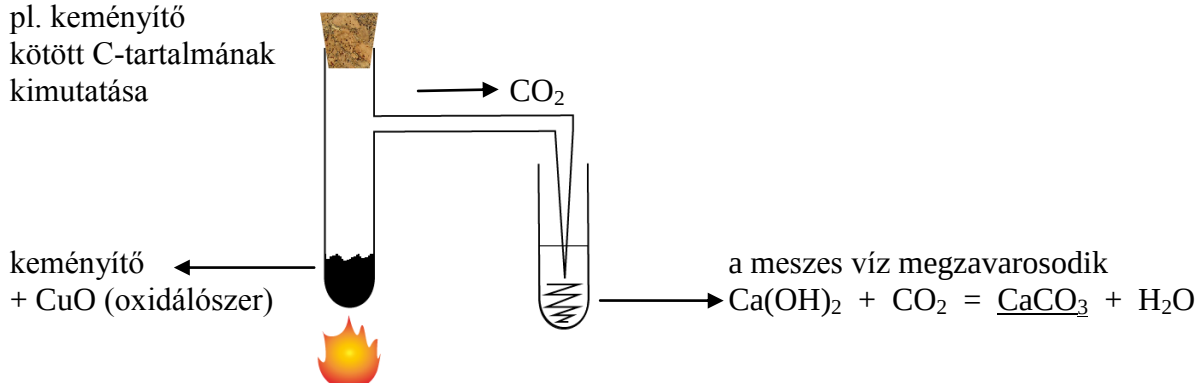
SZERVES ANYAGOK ELEMİ ÖSSZETÉTELE

Analízis (kémiai elemzés) – kvalitatív (minőségi)
– kvantitatív (mennyiségi)

1. Kötött széntartalom kimutatása

az anyag hevítésével → a) lehet, hogy a szerves anyag elég → H_2O , CO_2 – utóbbit a $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ jelzi
→ b) hőbomlást szenved, azaz elszénesezik – látjuk
(→ c) izomerizálódik)

pl. keményítő
kötött C-tartalmának
kimutatása



2. Kötött hidrogéntartalom kimutatása

az anyag égetésével → $\text{H}_2\text{O(g)}$ → hideg üveglap bepárasodik

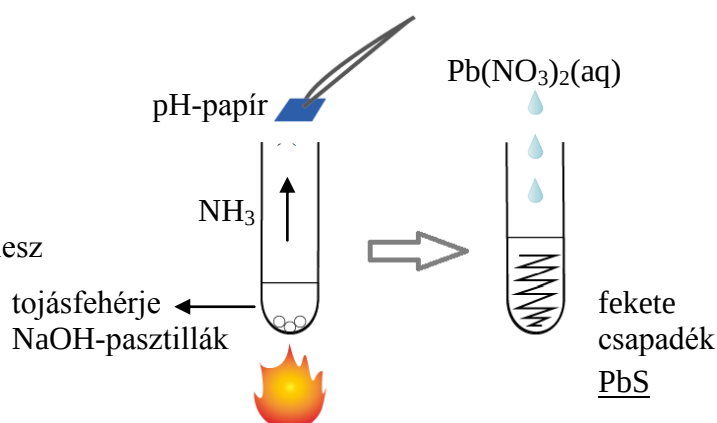
3. Kötött nitrogéntartalom kimutatása

fehérje kötött N-tartalma $\xrightarrow{\text{ccNaOH, T}}$ NH_3

$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
↳ pH-papír kék lesz

4. Kötött kén tartalom kimutatása

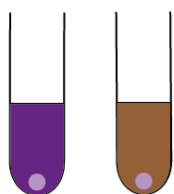
fehérje NaOH-os főzése
 $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{PbS}$



5. Kötött oxigéntartalom kimutatása

folyadék esetében, amennyiben oldja a jódot → ha az oldat lila: nincs kötött „O”
→ ha az oldat barna: van kötött „O”

„O” → nagy EN → polarizálja a jód molekula e^- -szerkezetét → könnyebb gerjeszthetőség → színmélyülés



A METÁN

1. Molekulaszerkezet, fiz. tul.

- tetraéderes, $109,5^\circ$, poláros kötések ($C \leftarrow H$), apoláros molekula

- színtelen, szagtalan, vízben nem oldódó gáz

$$\rho(CH_4) < \rho(\text{levegő})$$

- előfordulása

- városi gáz: fűtés, Bunsen-lámpa

 ↘ merkaptánokkal ($R-SH$) szagosított: hogy érezhető legyen a gázömlés

- földgáz

- mocsárgáz (PH_3 -tól begyulladhat $\rightarrow$ lidércfény)

- bélgáz

- kérődző állatok, pl. tehén gyomrában metanogén (= metánképző) baktériumok

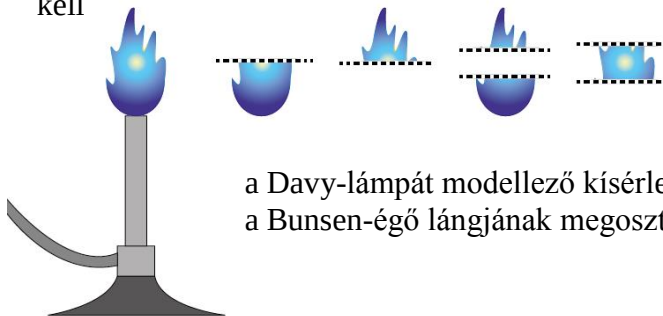
 ↘ CH_4 -t böfög

- *sújtólég* (szénbánya)

 ↘ *Davy-féle biztonsági bányászlámpa*: a lángot sűrű szövésű fémháló veszi körül

CH_4 van a levegőben $\rightarrow$ robbanás $\rightarrow$ a láng megnő $\rightarrow$ a fémháló jó hővezető, lehűti

$\rightarrow$ megszűnik a gyors égés egyik feltétele, a $T_{gyulladás}$ $\rightarrow$ a láng elalszik $\rightarrow$ menekülni kell



a Davy-lámpát modellező kísérlet:

a Bunsen-égő lángjának megosztása sűrű szövésű fémhálával

2. Reakciók

a) égés

- tökéletes $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

Bunsen-lámpa színtelen / halványkék lángja

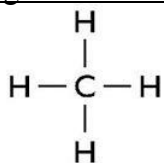
- tökéletlen $CH_4 + O_2 = C + 2H_2O$

 ↓

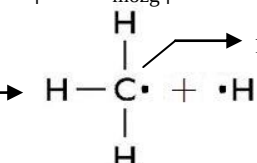
szén szemcsék a lángban $\rightarrow$ izzik, kormoz, Bunsen-égő sárga lángja

b) levegőtől elzárt hevítés

$T \uparrow \rightarrow E_{mozg} \uparrow \rightarrow$ kötések szakadnak föl

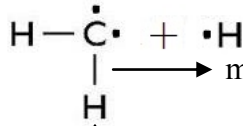


kb. $1000^\circ C$

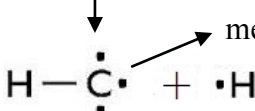


metilgyök

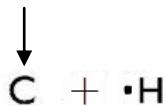
gyök: párosítatlan e^- -t tartalmazó, ezért nagyon reakcióképes, semleges atom vagy atomcsoport



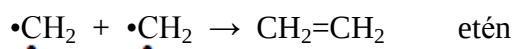
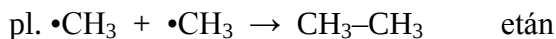
metiléngyök



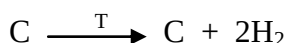
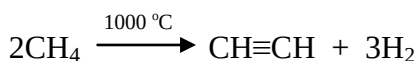
metingyök



a gyökök lehűtés közben rekombinálnak (melyik melyikkel – p, T és kat. befolyásolhatja)



bruttó egyenletek

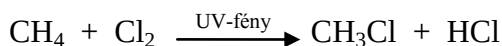


etin (= acetilén) ipari előállítása régen

gázkorom (= petrolkoksz): igen finom eloszlású

↳ (autó)gumi kopásállóságának növelése

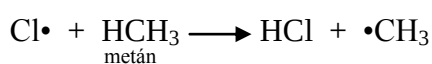
c) klórozás



mechanizmus: gyökös láncreakció

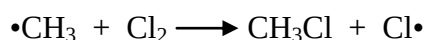


lánccindító lépés

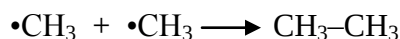


láncvivő lépés:

a gyökök száma változatlan



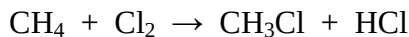
...



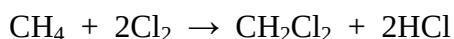
láncletörő lépés

(többféle lehet)

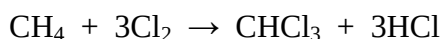
tehát:



metil-klorid / klórmétán (gáz)

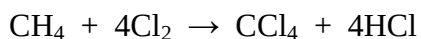


metilén-klorid / diklórmétán



kloroform / triklórmétán

↳ narkotikus



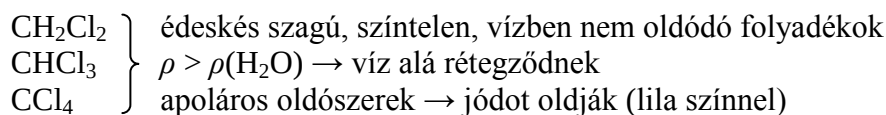
szén-tetraklorid / tetraklórmétán

↳ karcinogén

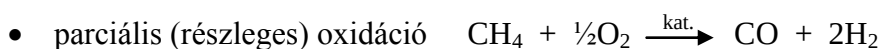
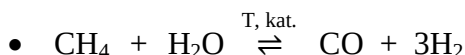
Robbanásszerű reakció, keveréktermék, *n*-arányokkal lehet befolyásolni a termék összetételét!

szubsztitúció: olyan reakció, melynek során egy molekula atomja vagy atomcsoportja másik atomra vagy atomcsoportra cserélődik ki melléktermék kilépése közben

CH₄ klórozása: gyökös szubsztitúció (S_R)



d) szintézisgáz gyártása



szintézisgáz: CO és H₂ változó arányú keveréke – fontos vegyipari alapanyag

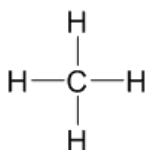
↓
pl. Fischer-Tropsch-szintézis – 1920-as évek, Németország
– vízgáz → műbenzin



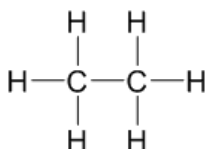
ALKÁNOK / PARAFFINOK

1. Homológ sor

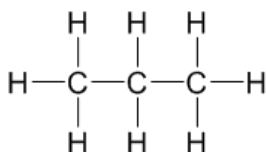
a) általános képlet



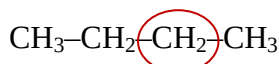
metán



etán



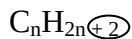
propán



bután

homológ sor:

olyan vegyületek, melyek esetében a szomszédos tagok egy metilénsoportban különböznek
 $-\text{CH}_2-$



lánc vége

telített, nyílt láncú szénhidrogének általános képlete

C-atomok között
csak egyszeres kötés

nem gyűrűs

b) konstitúciós izoméria

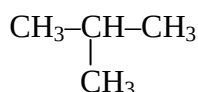
- CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 – egyfajta konstitúció

- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

n-bután

↓

normál = egyenes szénláncú



2-metilpropán / izobután

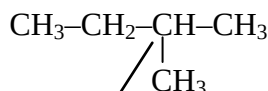
- $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

n-pentán

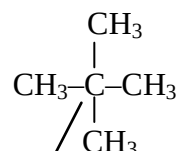
↓
primer

↓
szekunder

2-metilbután / izopentán



↓
tercier



↓
kvaterner

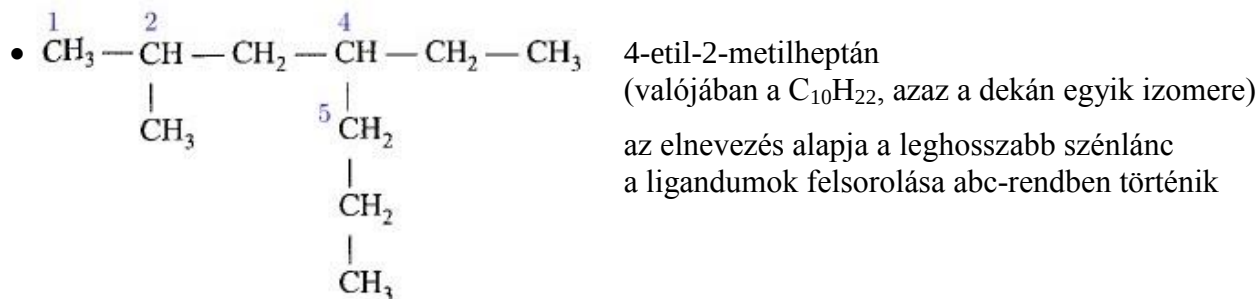
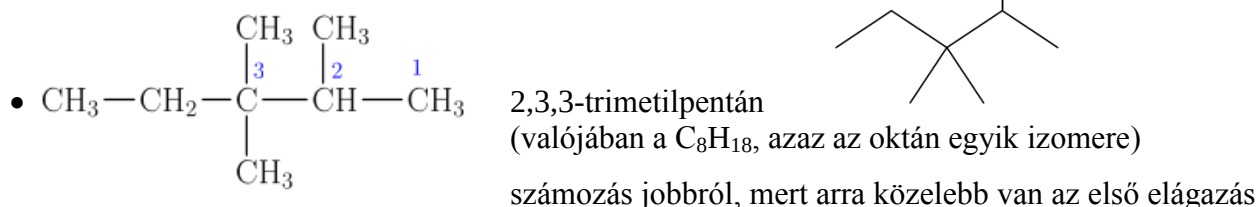
2,2-dimetilpropán /
neopentán

C-atom rendűsége: hány másik C-atommal létesít kovalens kötést

- C_6H_{14} – ötféle konstitúciós izomer

↳ az izomerek száma a szénatomszámmal – egyre gyorsuló mértékben – nő
számukra vonatkozóan nincs könnyen alkalmazható matematikai szabályszerűség

c) nómenklatúra = nevezéktan



- csoport*: a molekula egy általunk körülhatárolt része (önállóan nem létezik)

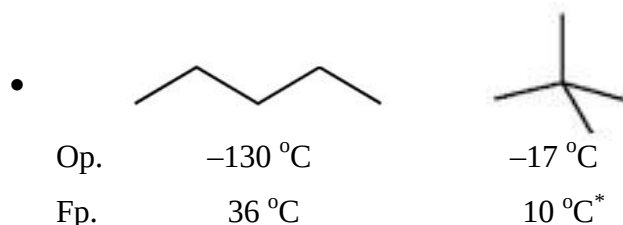
alkán	→	alkilcsoport
CH_4	→	CH_3- metilcsoport
CH_3-CH_3	→	CH_3-CH_2- etilcsoport
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	→	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ n-propilcsoport
	→	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ izopropilcsoport

- IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry → egységes nevezéktan

tiszta kémia: iskola, kutatás
 alkalmazott kémia: vegyipar

2. Fizikai tulajdonságok

- $\text{CH}_4 \dots \text{C}_4\text{H}_{10}$ g – színtelen, szagtalan
 $\text{C}_5\text{H}_{12} \dots \text{C}_{16}\text{H}_{34}$ f – színtelen, jellegzetes szag
 $\text{C}_{17}\text{H}_{36} \rightarrow$ sz – fehér, fagyúszerű
amorf (szilárd anyag, de nincs kristályszerkezet) → nincs éles Op.
 szerkezetük a molekularácshoz hasonlít leginkább
 → diszperziós kötés
 minden szénhidrogén-molekula apoláris!



elágazások → Op. ↑, Fp. ↓ (az anyag szűkebb hőmérséklettartományban folyékony)

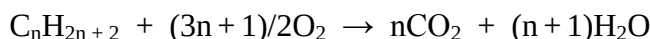
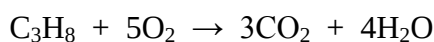
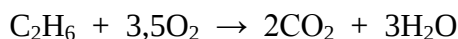
↓
kompakt alakú molekula

- ↳ gömbszerű; fagyáskor könnyebben rendeződik kristályszerkezetbe
- ↳ forráskor könnyebben szakad ki a folyadékfázisból (kevésbé akadnak egymásba)

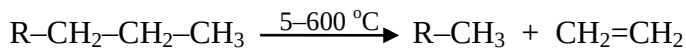
* Az izopentán (2-metilbután) Op.-ja -160°C (vagyis kilóg a sorból), Fp.-ja 28°C .

3. Reakciók

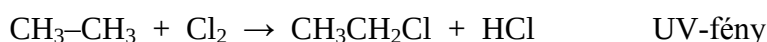
a) tökéletes égés $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



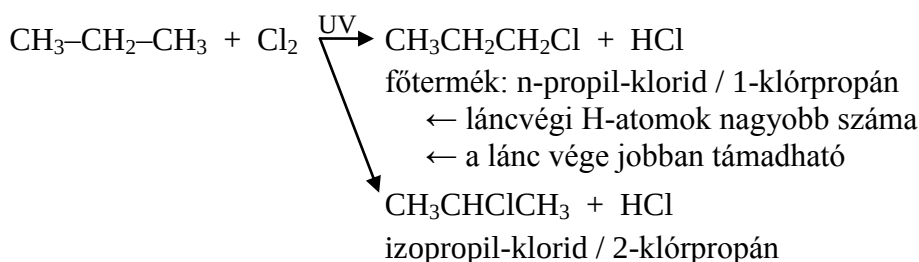
b) krakkolás: levegőtől elzárt hevítés $\rightarrow$ a nagy C_{asz} -ú molekula tördelődik (*to crack*),
etilén vagy propilén képződik



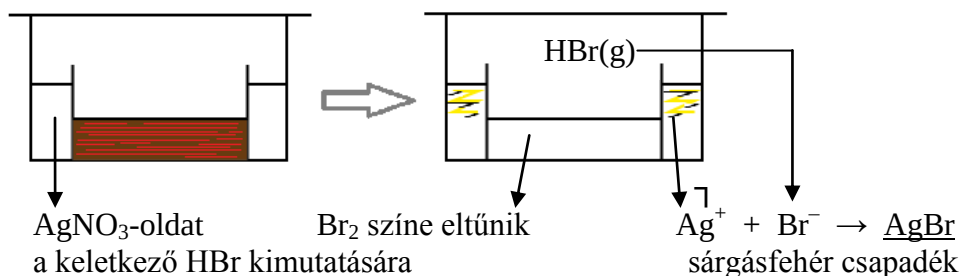
c) halogénszubsztitúció



klóretán / etil-klorid



keve-
rék-
termék



Σ a telített szénhidrogének a telítetlenekhez képest kevésbé reakcióképesek*

KŐOLAJ, FÖLDGÁZ

1. Keletkezésük – vitatott

- fosszilis eredet: planktonok anaerob (levegőtől elzárt) bomlása $\rightarrow$ kőolaj, földgáz legvalószínűbb
- a reduktív őslégekörből maradtak vissza
- szerves eredet: karbidok + H₂O $\rightarrow$ különféle szénhidrogének

2. Földgáz: kis molekulájú, alacsony forráspontú szénhidrogének keveréke

főleg CH₄

+ kevés C₂H₆

C₃H₈, C₄H₁₀ $\rightarrow$ PB-gáz

↳ nagy égéshő

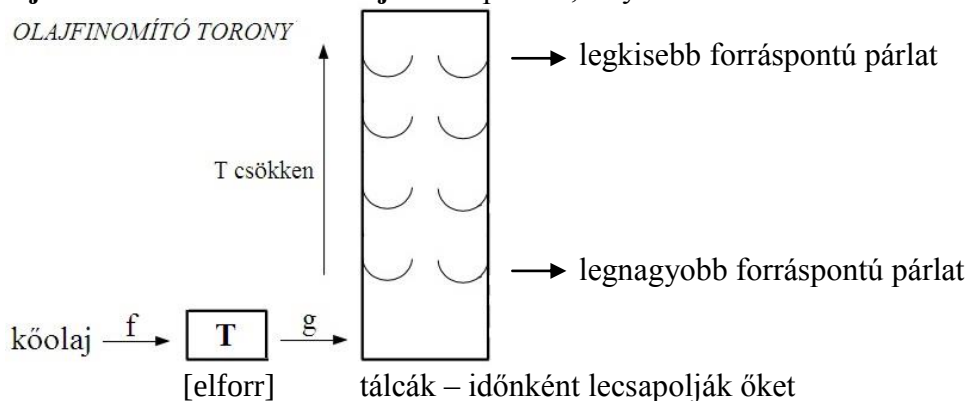
öngyújtó, gázpalack

esetleg: CH₂=CH₂, CO₂, H₂O

„nedves” földgáz $\rightarrow$ nyomás alatt kondenzál (folyadékcseppek)

* Innét származik a paraffin név (*parum affinis* = kevésbé reaktív).

3. Kőolaj frakcionált kondenzációja – az iparban, folyamatos üzem



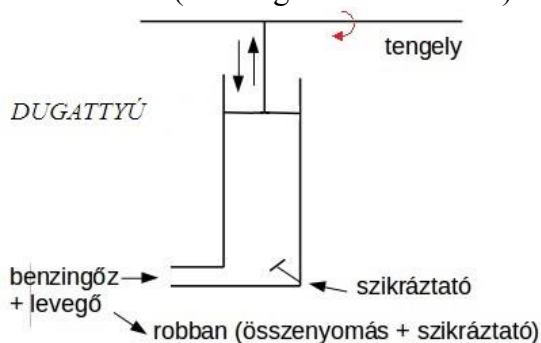
frakcionált: szakaszos $\rightarrow$ Fp.-tartomány szerinti párlatok = frakciók

kondenzáció: lecsapódás

4. A frakciók felülről

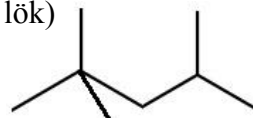
- (motor)benzin C_5-C_{10} Fp.: 50–150 °C
üzemanyag, sebbenzin (finomítva), ap. osz.,
petroléter (C_5 -ú szénhidrogének keveréke): növényi színyanyagok kioldása
- petróleum (világítóolaj) $C_{11}-C_{12}$ Fp.: 150–300 °C
lámpa, Na tárolása, traktor, kerozin eá.
- Diesel-olaj (dízelolaj, gázolaj) $C_{13}-C_{15}$ Fp.: 200–350 °C
dízelüzemű kocsik, mozdony, „olajszőkítés”*
- pakura $C_{15} <$ Fp.: > 350 °C
nem desztillál át, 350 °C fölött hőbomlik
vákumdesztilláció ($p \downarrow \rightarrow Fp. \text{ is } \downarrow$) $\rightarrow$ kenőolaj ($\rightarrow$ vazelin, krakkbenzin, olefinek), gépszír, aszfalt

5. Otto-féle motor (belső égésű benzinmotor) – Nikolaus August Otto (1870-es évek)



ha túl gyorsan robban $\rightarrow$ kopog a motor (dugattyú visszafelé lök)

- kompressziótűrés jellemzése: oktánszám
 - jó: elágazó, gyűrűs – pl. izooktán = 2,2,4-trimetilpentán
 - rossz: normális szénláncú – pl. normál-heptán



oktánszám: az adott benzin kompressziótűrése hány százalék izooktánt tartalmazó izooktán-normál-heptán elegy kompressziótűréssel azonos

- oktánszámnövelő adalékanyagok:
 - régen (ma már tilos): Pb-tetraetil és aromások
 - ma: metil-alkohol és metil-terc-butil-éter

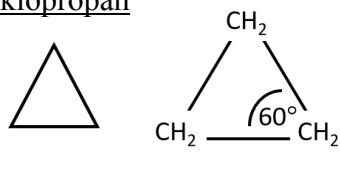
* A gázolajat háztartási tüzelőolaj (HTO) néven is árusították, az állami támogatás miatt lényegesen olcsóbban, mint üzemanyagként. Ferrocénnal színezték pirosra, hogy meg lehessen különböztetni az üzemanyagtól. Az olajszőkítés során (1990-es évek) a HTO-hoz kénsavat adtak, ennek hatására visszanyerte eredeti színét, majd illegálisan üzemanyagként adták el jóval drágábban. (Természetesen a kénsav nem tett jót a motornak...)

CIKLOALKÁNOK

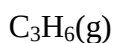


1. Legkisebb cikloalkánok

a) ciklopropán



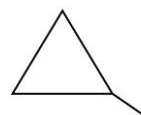
tetraéderes C-atom: $109,5^\circ \leftrightarrow$ szabályos Δ : 60°
szögfeszültség $\rightarrow$ nagyon reakcióképes



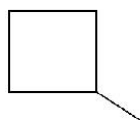
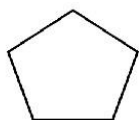
b) ciklobután: $C_4H_8(g)$



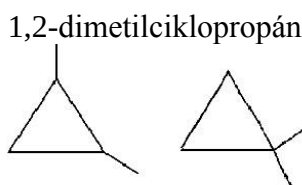
ciklobután – konstitúciós izomer: metilciklopropán



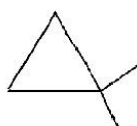
c) ciklopentán: $C_5H_{10}(f)$ és konstitúciós izomerjei



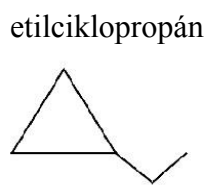
metilciklobután



1,2-dimetilciklopropán



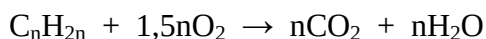
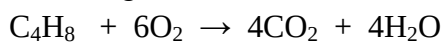
1,1-dimetilciklopropán



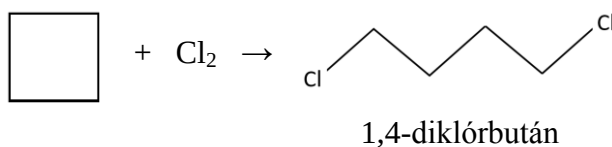
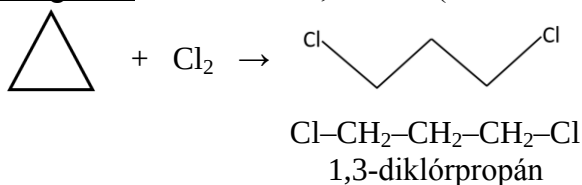
etilciklopropán

2. Reakcióik

a) tökéletes égés

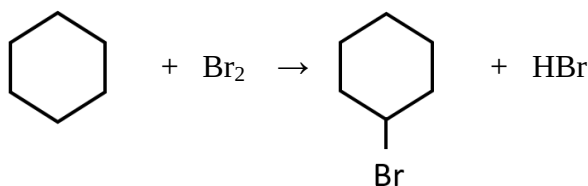


b) halogénnel – lánchasadás, nem S! (nincs melléktermék)



3. Ciklohexán (C_6H_{12}): színtelen, benzinszagú, apoláros folyadék

↳ igen stabil gyűrű $\rightarrow$ a halogénnel szubsztitúciós reakcióba lép

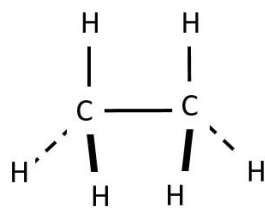


brómciklohexán / ciklohexil-bromid ($C_6H_{11}Br$)

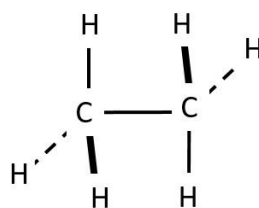
KONFORMÁCIÓ

= egy molekula kovalens kötéssel közvetlenül nem kapcsolódó atomjainak / atomcsoportjainak viszonylagos térbeli elrendeződése

Etán

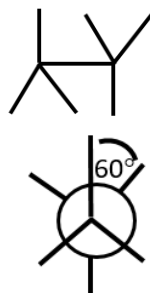
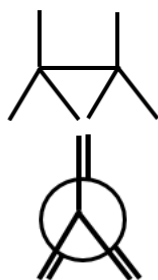


fedő állás
legmagasabb E

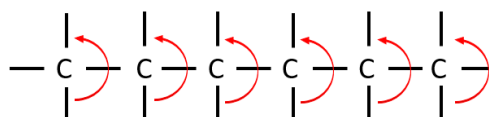


nyitott állás
legalacsonyabb E ← ligandumok távol egymástól

+ végtelen sok köztes állapot ← C–C σ (szigma)-kötés körüli rotáció



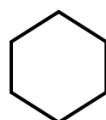
Alkánok: a C–C kötések körül állandó rotáció
← hőmozgás



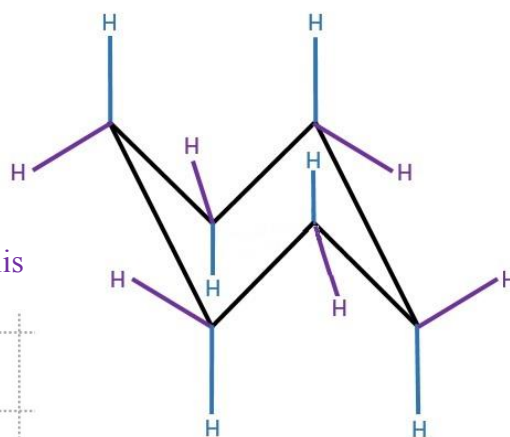
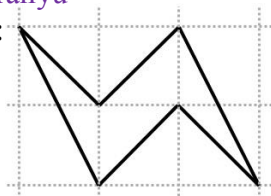
az a konformáció a legstabilabb, ha mindenütt
109,5°-os kötésszög és nyitott állás alakul ki



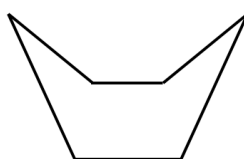
Ciklohexán (C₆H₁₂) és legstabilabb konformációi



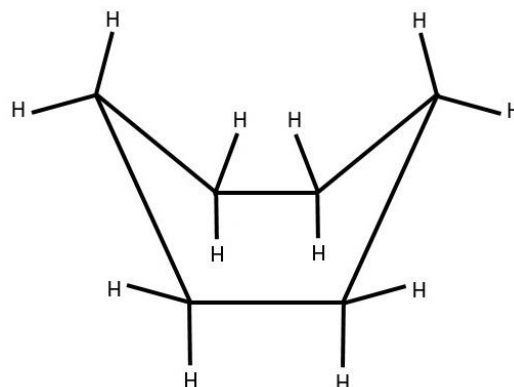
- székkonformáció
 - legalacsonyabb E
 - 3-3 db „H” lefelé axiális / felfelé axiális
↳ függőleges
 - 3-3 db „H” lefelé ekvatoriális / felfelé ekvatoriális
↳ érintőirányú
 - szép szék rajzolásának alapja:
2:3 arányú téglalap



- kádkonformáció
 - aránylag alacsony E



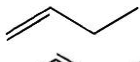
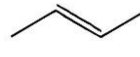
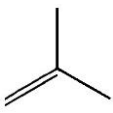
- + végtelen sok további konformáció



ALKÉNEK / OLEFINEK

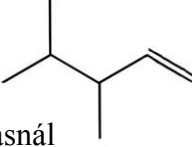
1. Homológ sor, nevezéktan

C_nH_{2n} – egy kettős kötést tartalmazó, nyílt láncú szénhidrogének általános képlete
→ cikloalkánok konstitúciós izomerjei

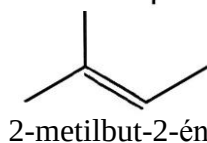
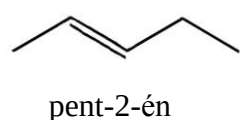
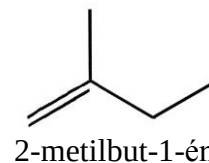
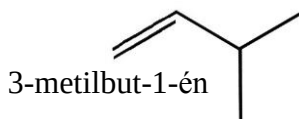
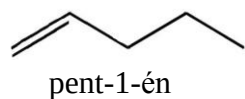
- $CH_2=CH_2$ etén / etilén
- $CH_2=CH-CH_3$ propén / propilén
- $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ but-1-én 
- $CH_3-CH=CH-CH_3$ but-2-én 
- $CH_2=C(CH_3)-CH_3$ 2-metilprop-1-én / izobutilén 

tanulságok: – IUPAC-név: a = helye is kell (melyik C-atom után áll)

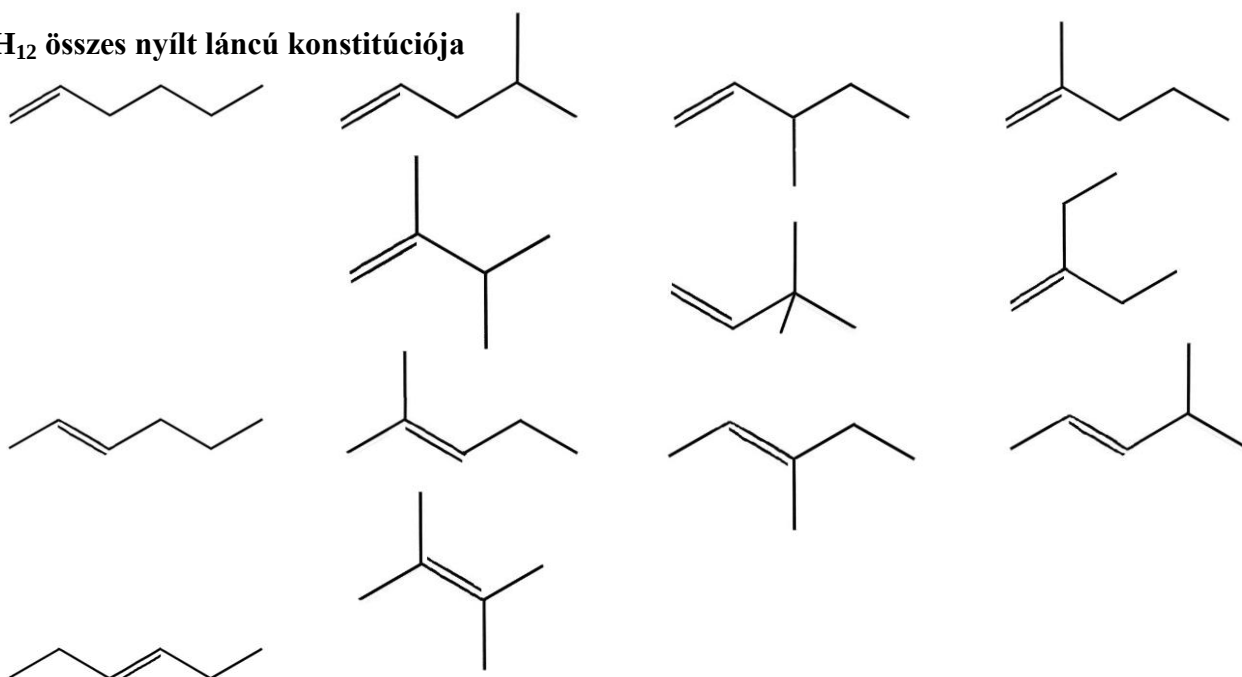
– konstitúciós izomerek száma több, mint az alkánoknál (bután: 2 db, butén: 3 db)

- $H_2C=CH-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ 3,4-dimetilpent-1-én
↳ a kettős kötés nagyobb rangú (kisebb számot kap) az elágazásnál 
- $H_3C-\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{CH_2}{||}}{C}-CH_2-CH_3$ 2-metil-3-metilidénpentán

2. C_5H_{10} összes nyílt láncú konstitúciója



3. C_6H_{12} összes nyílt láncú konstitúciója



4. Csoportnevek

etén → $\text{CH}_2=\text{CH}-$ vinilcsoport

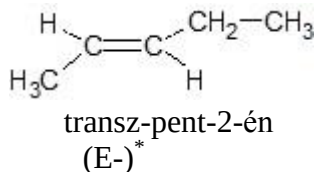
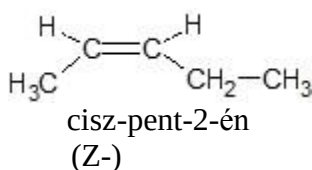
propén → $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$ allilcsoport (*alium*: fokhagyma)

5. Geometriai / cisz-transz izoméria:

- azonos konstitúciójú molekulák térszerkezete a kettős kötés miatt eltér egymásától (a π -kötés által gátolt rotáció következtében)
feltétele: a kettős kötés melletti C-atomokhoz egymástól különböző ligandumok kapcsolódnak

- pl. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ pent-2-én

↓ ↓
síkháromszöges elrendeződés



a kettős kötés körül nincs forgás!

- pl.

cisz-3-metilpent-2-én

↳ a leghosszabb szénlánc állását kell nézni!

- de:

2-metilbut-2-én

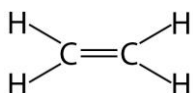
(a =-től balra ugyanolyan csoportok)

- cisz- és transz-izomerek közti különbségek:
 - Op., Fp.
 - termodinamikailag stabilabb a transz-izomer (a nagyobb ligandumok távolabb vannak)

6. Az etilén

a) molekulaszerkezet

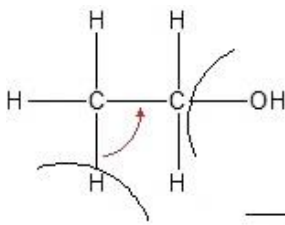
- planáris (lapos)
- apoláros molekula



→ síkháromszöges C-atom,
HCH szög < 120°

b) lab. eá.

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow[\text{SiO}_2, 180^\circ\text{C}]{\text{ccH}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$



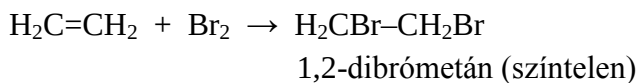
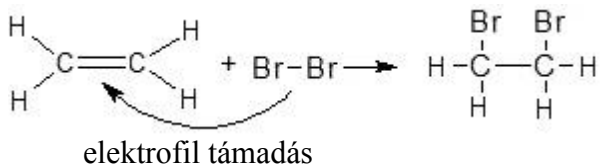
elimináció: olyan reakció, amely során
egy nagy molekulából egy kisebb hasad ki

- színtelen, vízben nem oldódó, édeskés szagú gáz
- vizsgálatok:
 - a sárga brómos vizet elszínteleníteti
 - a kénsavval savanyított KMnO_4 -oldatot is elszínteleníteti ($\text{MnO}_4^- \xrightarrow{\text{CH}_2=\text{CH}_2 / \text{H}^+} \text{Mn}^{2+}$)
 - meggyújtva világító és kormozó lánggal ég

* Régies német jelölésmód; Z = *zusammen* (együtt), E = *entgegen* (szemben).

c) reakciói

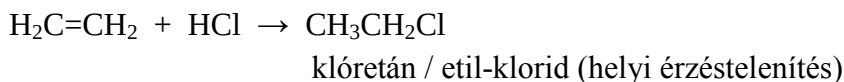
- Br₂



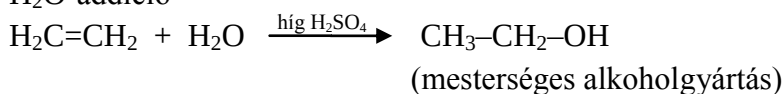
addíció: olyan reakció, melynek során (legalább) két molekula melléktermék keletkezése nélkül egyesül

alkének addíciós reakciói: elektrofil addíció (A_E) – kiv. telítés

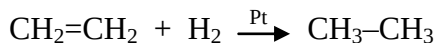
- HX-addíció



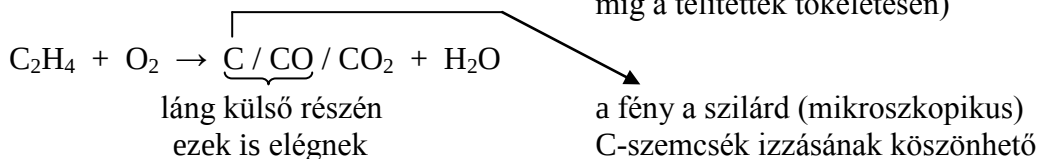
- H₂O-addíció



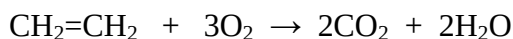
- H₂-addíció / telítés



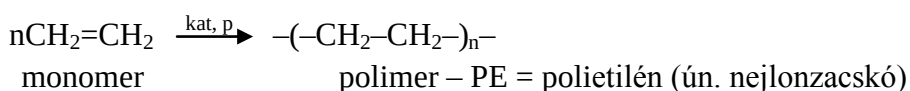
- levegőn való égés: világító, kormozó láng ← telítetlen (vagyis viszonylag magas a C-tartalma)
(az aromások is világító, kormozó lánggal égnek, míg a telítettek tökéletesen)



tökéletes égés (oxigénatmoszférában)



- *polimerizáció*: olyan reakció, mely során sok kisebb molekula melléktermék képződése nélkül egyesül



d) etilén ip. eá.

$$\text{köölaj} \rightarrow \text{pakura} \rightarrow \text{kenõolaj} \rightarrow \text{krakkbenzin} + \text{etilén}$$

e) felhasználás

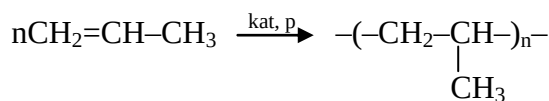
- gyümölcsérlelési hormon (banánok érlelése)
- ipari alapanyag (PE, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$...)

7. Propilén (CH₂=CH-CH₃)

– ip. eá. nagy C_{asz}-ú kőolajpárlatok krakkolása

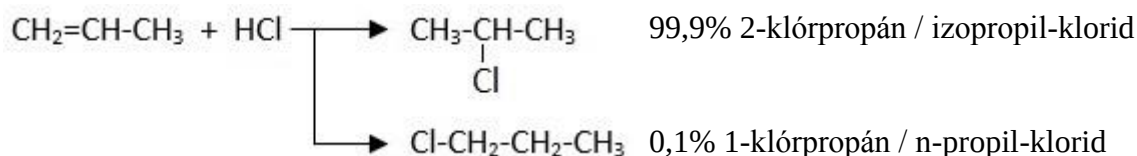
– lab. eá. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow[\text{SiO}_2, 180^\circ\text{C}]{\text{cH}_2\text{SO}_4} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

– felhasználás



PP (polipropilén) – eldobható műanyag pohár
– hajléktalan szatyor

– HCl-addíció



a 'H' és a 'Cl' kétféle módon épülhet be → keveréktermék képződése lenne várható
gyakorlatilag azonban csak izopropil-klorid keletkezik – valamiféle irányítás működik

Markovnyikov-szabály: víz vagy HX-addíció során a 'H' a kettős kötést hordozó két szénatom közül ahhoz kapcsolódik, amelyiken eleve több 'H' volt

8. Többi alkén

- homológ soruk ~ alkánok

CH₂=CH₂ Fp. = -104 °C

CH₂=CH-CH₃ -48 °C

CH₂=CH-CH₂-CH₃ -6,3 °C

cisz-but-2-én  + 4 °C

transz-but-2-én  + 1 °C

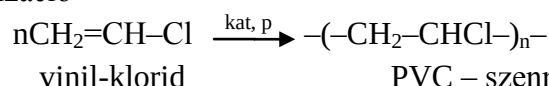
többi folyadék / szilárd

- apolárosak, színtelenek, szagtalanok – kiv. CH₂=CH₂

- jellemző reakciók:

– addíció: $\left. \begin{matrix} \text{X}_2 \\ \text{HX} \end{matrix} \right\}$ nem kell kat.
H₂O – kat. híg H₂SO₄^{*}
H₂ – kat. Pt vagy Pd^{**}

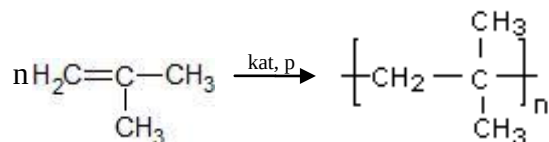
– polimerizáció



vinil-klorid

PVC – szennyvízcsatorna

– elektromos kábel lágy bevonata



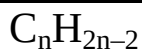
PIB (poliizobutilén) – ragógumi alapanyaga

– levegőn tökéletlen égés

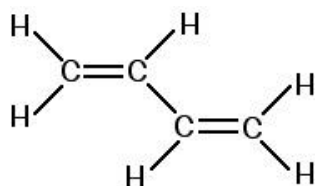
* A híg kénsav szerepe abban áll, hogy megprotonálja a H₂O-molekulát. Az így keletkező H₃O⁺ elektrofil sajátosságú részecske, jobban tudja támadni az olefin negatív töltésű kettős kötését, mint a vízmolekula (A_E).

** A palládium atomosan oldja a hidrogéngázt (intersticiális / rácsközi hidridet képezve vele), a platina a felületén köti meg atomosan a hidrogént. Így növelik annak reaktivitását. Ebből is látszik, hogy a telítés nem elektrofil mechanizmusú addíció.

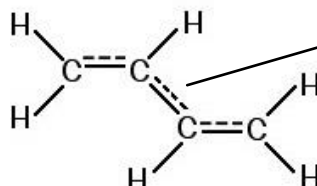
ALKADIÉNEK / DIOLEFINEK



1. Buta-1,3-dién $CH_2=CH-CH=CH_2$
színtelen, jellegzetes szagú gáz



határszerkezet



valós szerkezet

nincs rotáció → planáris
kötéstávolság: 147 pm

2 π -kötés delokalizálódik

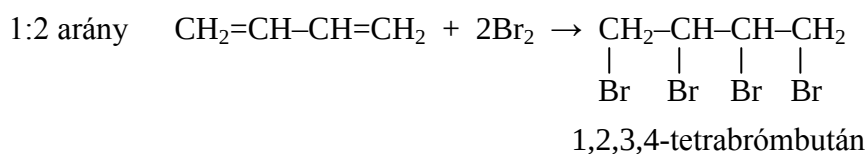
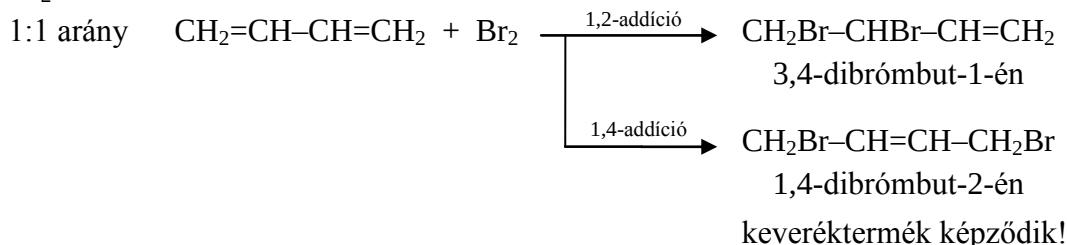
- a delokalizáció bizonyítékai

– középső C–C kötéstávolság: az egyes és a kettős kötés között van

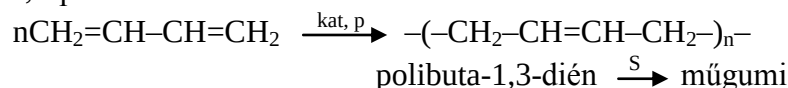
CH_3-CH_3 154 pm

$CH_2=CH_2$ 134 pm

– Br_2 -addíció

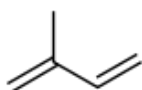
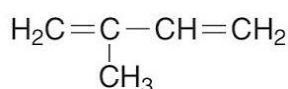


– 1,4-polimerizáció



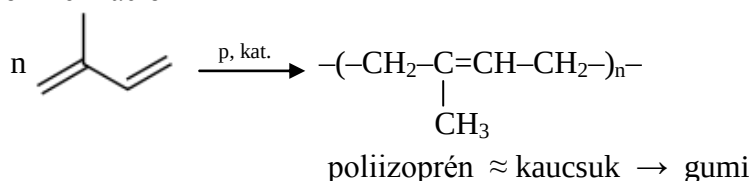
- ip. eá. – nagy Casz-ú kőolajpárlatok krakkolása
- felh. – műgumi

2. Izoprén / 2-metilbuta-1,3-dién



2 delokalizált π -kötés

- színtelen, folyékony
- polimerizáció



- izoprénvázas vegyületek: terpének, karotinoidok

POLIÉNEK

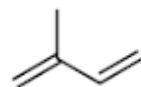
1. Csoportosítás: több π -kötés alkothat...

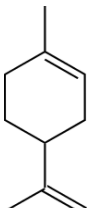
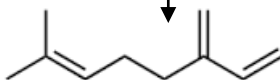
- *kumulált kettőskötés-rendszert*
 $>C=C=C=C<$ – minden szén között kettős kötések $\rightarrow$ instabil
- *konjugált kettőskötés-rendszert*
 $-C=C-C=C-C=C-$ – ha az egyes és a kettős kötések föl váltva helyezkednek el
 π -elektronok delokalizálódnak $\rightarrow$ stabil
- *izolált kettőskötés-rendszert*
 a kettős kötések legalább két σ -kötés választja el egymástól $\rightarrow$ stabilitása $\sim$ normális =

2. Terpének

↳ izolált kettőskötés-rendszert tartalmazó, természetes, izoprénvázas vegyületek

↳ izoprénegységekből áll



-  limonén (a citrom és a narancs aromaanyaga), mircén (babér), mentol, kámfor



 O-tartalmúak

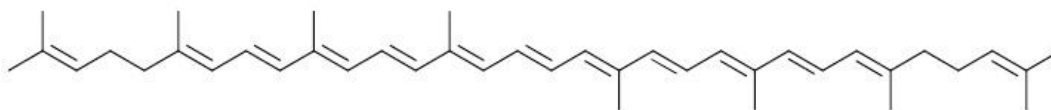
- *kaucsuk* (fonalas) $\xrightarrow[140\text{ }^\circ\text{C}]{3-5\text{ m/m\% S}}$ *gumi* (térhálósított) $\xrightarrow{\text{C (petrolkoksiz)}}$ kopásálló lesz (és fekete)
 ↓
 vulkanizálás
 ~ 40 ezer izoprénegységből áll; szakítható, melegen nyúlós, hidegen rideg anyag
- ebonit: keménygumi, 30 m/m%-nál több kén tartalmaz

3. Karotinoidok

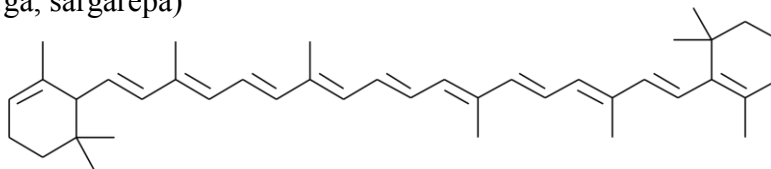
↳ konjugált $=$ -rendszert tartalmazó ($\rightarrow$ ált. színes), természetes, izoprénvázas vegyületek

a) példák

- likopin (piros, paradicsom)



- β -karotin (sárga, sárgarépa)

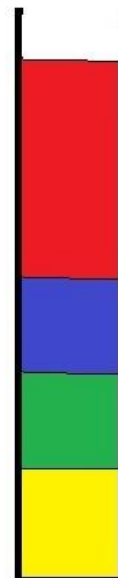


élelmiszer-adalékanyag: antioxidáns, provitamin, színezék

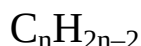
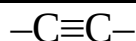
- A-vitaminok ($\rightarrow$ látás)
- lutein (egy xantofill, zöld, brokkoli, spenót, káposzta, cukkini)
 apolárosak $\rightarrow$ *lipidek* (az élő szervezet zsírdékony molekulái)

b) paradicsomszörp (likopin) + Br_2

- konjugált $=$ -ek $\rightarrow$ delok. e^- -ok $\rightarrow$ könnyen gerjeszthetők $\rightarrow$ az anyag színes
 a Br_2 a $=$ -ek egy részével addíciós reakcióba lép $\rightarrow$ megszűnik a konjugáció,
 így a delokalizáció is $\rightarrow$ színváltozás



ALKINOK



az összegképlet ugyanaz, mint a cikloalkéneké és az alkadiéneké → konstitúciós izomerek

Az acetilén / etin

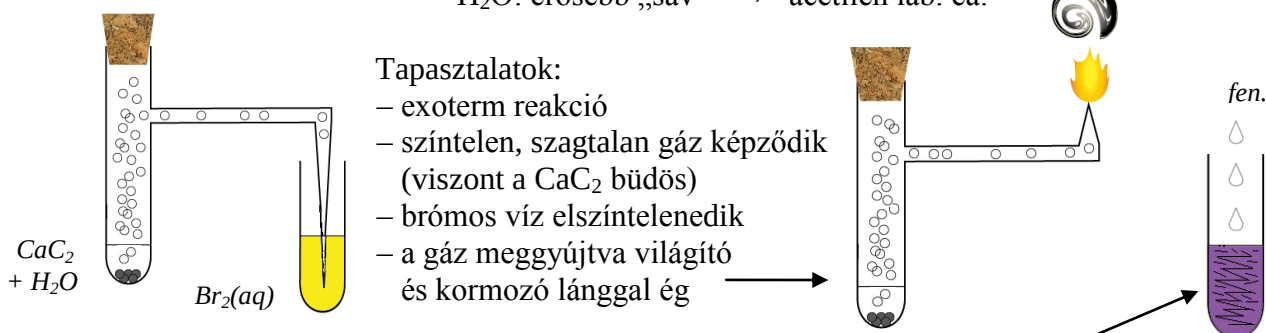
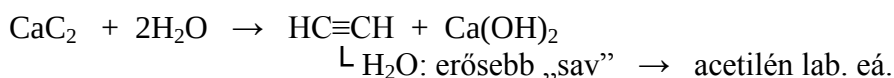
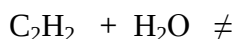
- $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ színtelen, szagtalan gáz
-  $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ C: elektronhiányos
 $\uparrow$ tasztítás $\equiv\text{C}\leftarrow\text{H}$ erősebben poláros
 $\equiv\text{C}\leftrightarrow\text{H}$ savas jelleg → acetilén: sav (nagyon gyenge)

a) reakciók

- $\text{HC}\equiv\text{CH} + 2\text{Na} \xrightarrow{\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3} [\text{:C}\equiv\text{C:}]^{2-} + 2\text{Na}^+ + \text{H}_2 = \text{Na}_2\text{C}_2 + \text{H}_2$

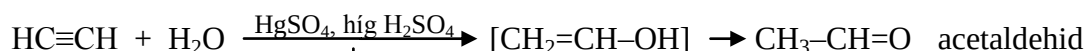
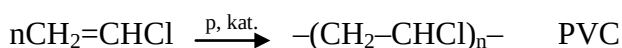
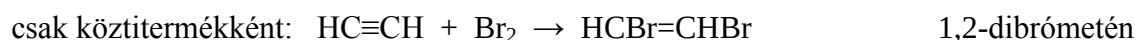
$\downarrow$
savi lépéssel induló redoxireakció

$\downarrow$
nátrium-karbid: só
 C_2^{2-} : karbidion / acetilidion



a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nagy része kicsapódik, a fenolftalein ciklámen színnel jelzi a lúgos kémhatást

• addíció:



$\downarrow$
addíció, amelyet egy spontán, azonnali izomerizáció követ

a Hg^{2+} szerepe: *inhibitor* (olyan anyag, mely meggátolja a reakciót) – megakadályozza, hogy a telítetlen vinil-klorid, illetve a vinil-alkohol további addíciós reakcióba lépjen*

- égés: tökéletlenül → világító és kormozó lánggal

* Az 1950-es években a Minamata-öbölben (Japán) a helyi – acetaldehid gyártásával foglalkozó – vegyi üzemből nagy mennyiségű HgSO_4 került a vízbe. Ez feldúsulva a halak és a halászok szervezetében krónikus Hg^{2+} -mérgezést okozott. A Minamata-kór tünetei: súlyos idegrendszeri elváltozások, agysejtek pusztulása, mozgáskoordinációs zavarok.

b) C_2H_2 jelentősége:

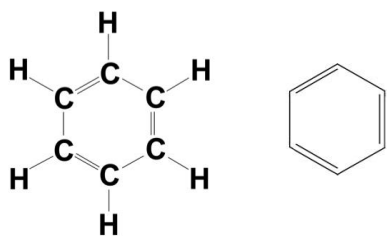
- égése tiszta oxigénben: magas $T \rightarrow$ hegesztés
 $C_2H_2 + 2,5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$ (tiszta oxigénben)
- robbanásveszélyes (összenyomva $C_2H_2 \rightarrow 2C + H_2$)
- *Dissous-gáz*: kovaföldben fölitatott acetonban oldott C_2H_2
↳ így biztonságosan szállítható

c) előállítás:

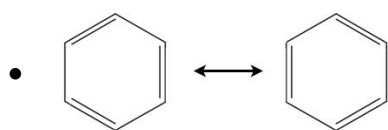
- ipari $2CH_4 \xrightarrow{1500^\circ C} C_2H_2 + 3H_2$
- lab. $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow HC\equiv CH + Ca(OH)_2$
 $CaCO_3 + 3C \xrightarrow{T} CaC_2 + CO + CO_2$ (diszproporció = szétarányosulás)

AROMÁS SZÉNHYDROGÉNEK

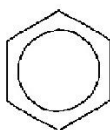
1. Benzol (C_6H_6) – színtelen, jellegzetes ~ édeskés szagú folyadék



- $d = 139$ pm mindenhol
C–C 154 pm
C=C 134 pm
 - Br_2 -os vizet nem színteleníti el (csak átoldja a brómot) $\rightarrow$ nem telítetlen
- } $\rightarrow$ delok. π -kötések



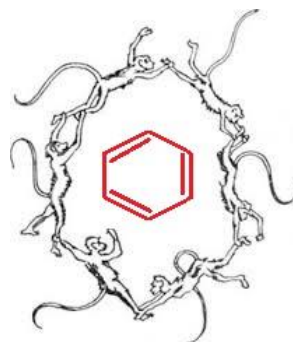
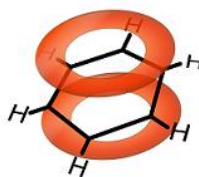
- 2 határszerkezet
– valójában egyik sem (mint a buta-1,3-dién esetében)
itt is konjugált π -kötések



DELOKALIZÁLT π -ELEKTRONSZEXTETT*

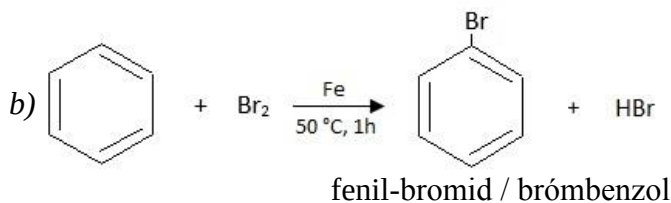
- $\rightarrow$ igen stabil
- $\rightarrow$ aromás vegyület (eredetileg az anyag illatára vonatkozott)
- $\rightarrow$ planáris molekula, minden $\alpha = 120^\circ$

- tudjuk, hogy a π -kötések e^- -jai a benzolgyűrűn (= a 6 C-atomon) gyűrűsen delokalizálódnak, mégis az ún. Kekulé-képletet használjuk (amely a határszerkezetet írja le)



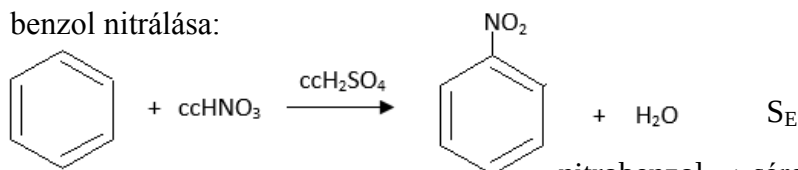
- fiz. tul. – színtelen, jellegzetes szagú folyadék
 - $\rho(C_6H_6) < \rho(H_2O)$
 - apoláros
 - Fp. = $80^\circ C > Fp.(n\text{-hexán}) = 68^\circ C$
↳ pedig a C_6H_{14} moláris tömege nagyobb
benzolmolekula: sík $\rightarrow$ közelebb vannak $\rightarrow$ jobb tapadás $\rightarrow$ magasabb Op., Fp.
 - karcinogén
- a benzol reakciói
 - a) tökéletlen égés – erősen világító és igen kormozó lánggal
 O_2 -atmoszféra: $C_6H_6 + 7,5O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$

* A 'szex' latin szó, jelentése: hat. Amikor két ellentétes nemű személy egymással van elfoglalva, a bibliai 6. parancs fogalmi köréhez kapcsolható tevékenységet folytatnak. Esetünkben a 3 π -kötés 6 db e^- -ja delokalizálódik gyűrűsen.



elektrofil szubsztitúció (S_E)
nem addíció!
(hiszen nem telítetlen)

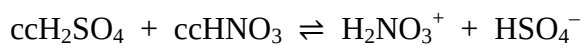
benzol nitrálása:



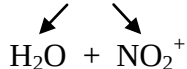
nitrobenzol → sárga cseppek a jeges vízben
→ gyógyszer, festék eá.

nitrálóelegy:

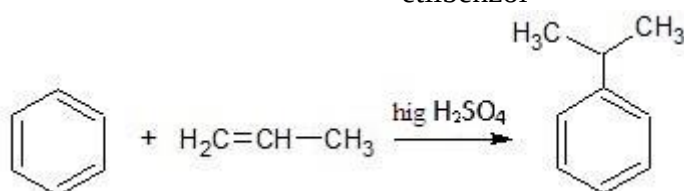
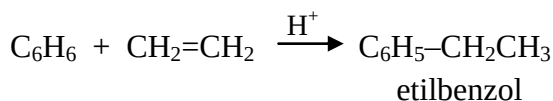
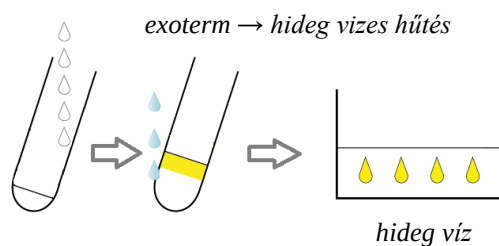
ccH₂SO₄ és ccHNO₃ keveréke (2:1)



↑
erősebb sav

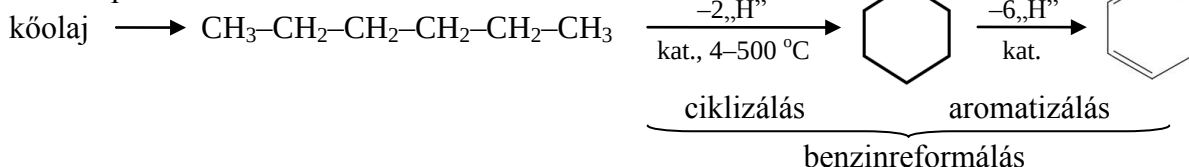


nitroniumion
elektrofil támadó ágens



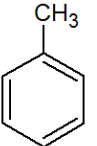
izopropilbenzol / kumol

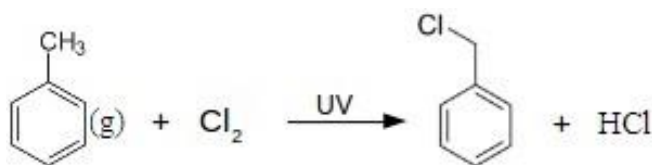
- benzol ipari eá.



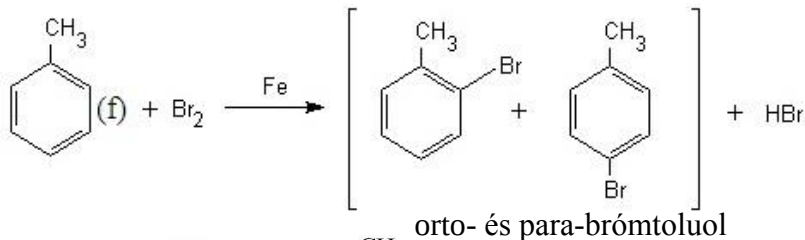
- felh. – régen: oldószer
– ma: vegyipari alapanyag: kumolon át fenol (→ fenoplasztok) és acetone eá.

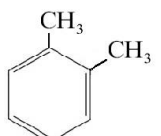
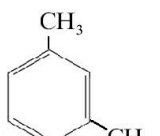
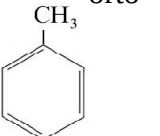
2. Egyéb aromások

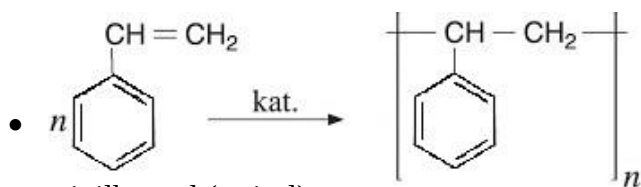
-  toluol – ap. osz.
színtelen folyadék
TNT eá.



benzil-klorid / klórmetilbenzol



-  1,2-dimetilbenzol / orto-xilol
-  meta-xilol
-  para-xilol



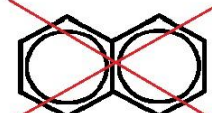
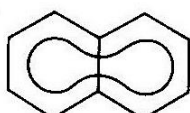
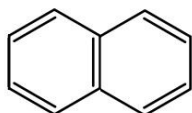
vinilbenzol (szirol)

jellegzetes, aromás szagú folyadék

toluol, xilol, szirol ip. eá. – kőolajpárlatok katalitikus átalakítása

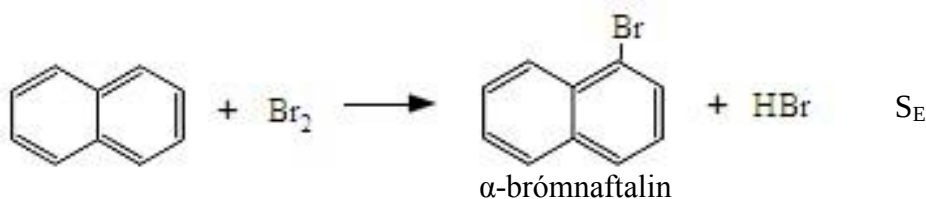
PS – polisztirol (habként: hungarocell)
írásvetítő fólia, vonalzó
joghurtos pohár
elektromos, hő- és hangszigetelő

- naftalin ($C_{10}H_8$) – szilárd, fehér, szublimál, „téli kabát szag” (molyirtó)
– 2 kondenzált (= összenőtt) benzolgyűrű



babapiskótaszerűen 10 e^- delokalizálódik (nem $2 \cdot 6 = 12$)

aromás vegyület: $(4n + 2)$ db gyűrűsen delokalizált e^- -t tartalmaz $\rightarrow$ sík
↳ Hückel-szabály



fokozott reaktivitás

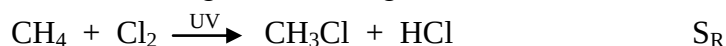
← brómos vizet is elszínteleníti

← sem katalizátor, sem melegítés nem kell

HALOGÉNEZETT SZÉNHIIDROGÉNEK

1. Előállítás

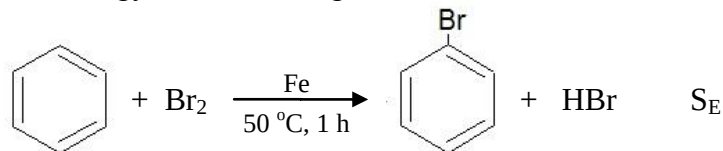
a) telített szénhidrogénekből halogénszubsztitúcióval



b) telítetlen szénhidrogénekből halogén- vagy hidrogén-halogenid-addícióval

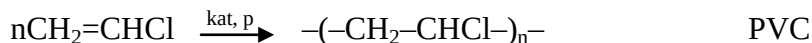


c) aromás vegyületekből halogénszubsztitúcióval



2. Nevek

$CHCl_3$	kloroform / triklórmetán (f)	bódító, apoláros osz.
CCl_4	szén-tetraklorid / tetraklórmetán (f)	karcinogén, apoláros osz.
CF_2Cl_2	difluordiklórmetán / freon-12 (g)	nagy párolgáshő $\rightarrow$ hűtőfolyadék (régén) hajtógáz (régén) O_3 bomlását katalizálja $\rightarrow$ ózonlyuk
CH_3-CH_2-Cl	etil-klorid / klóretán (Fp. = 12 °C)	helyi érzéstelenítő



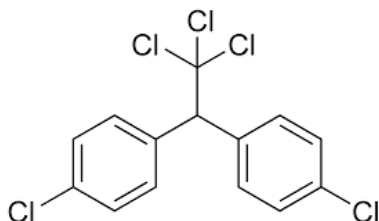
PVC

vinil-klorid / klóretén (g)



teflon

tetrafluoretén / tetrafluoretilén (g)



DDT / diklór-difenil-triklóretán (sz) – rovarirtó

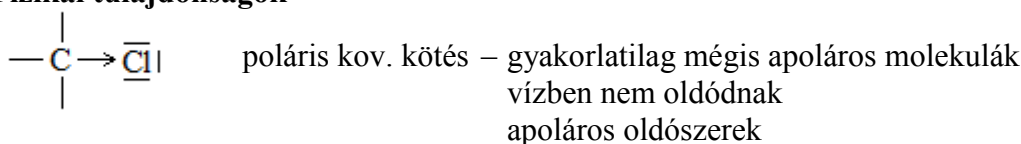
- Nápoly 1943. évi ostroma után járvány ellen használták
- felfedezője, MÜLLER 1948-ban orvosi Nobel-díjat kapott
- Afrika, malária ellen
- *peszticid*: növényvédő szer

bioakkumulatív (felhalmozódó) és rákkeltő anyag → ma tiltott

→ „Néma tavasz” (madarak hiánya)

↔ Afrikában ma is használják (és mégis vannak madarak)

3. Fizikai tulajdonságok



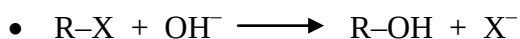
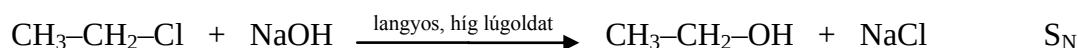
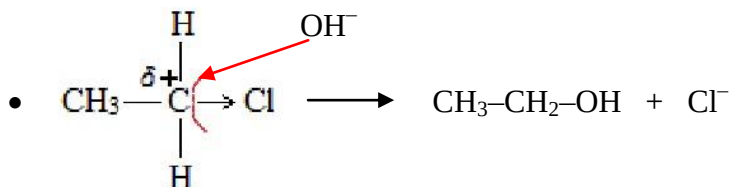
CH_3Cl – gáz (csak diszperziós kötések),

CH_2Cl_2 , CHCl_3 , CCl_4 – folyadékok (nagyobb M)

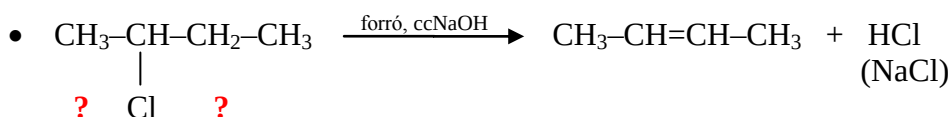
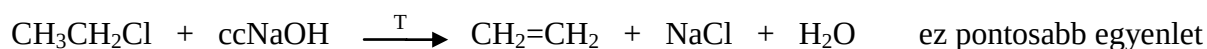
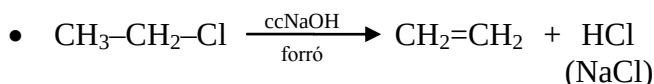
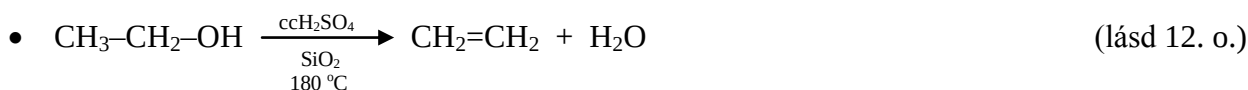
4. Kémiai tulajdonságok

a) éghetetlenek – tűzoltás (halonok)

b) nukleofil szubsztitúció



c) elimináció (= kihasadás)

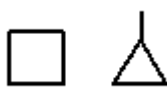
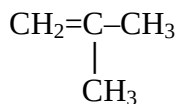
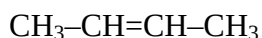
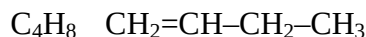


Zajcev-szabály: elimináció során a hidrogénatom a heteroatom melletti azon szénatomról szakad le, amelyiken eleve kevesebb hidrogénatom volt

Izoméria

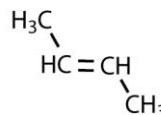
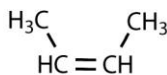
I. konstitúciós

más kapcsolódási sorrend

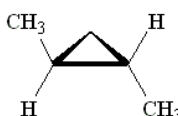
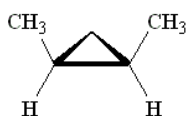


térizoméria
(= sztereo~)

II. geometriai*



eltérő, kimerevített konformáció

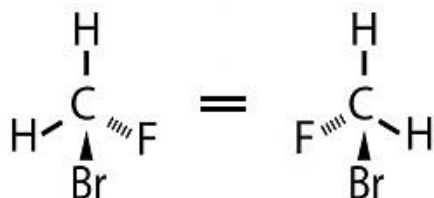
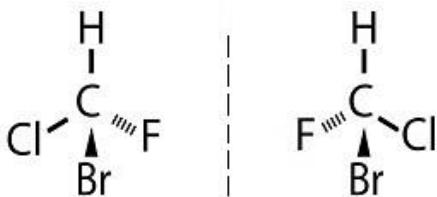


III. optikai

OPTIKAI IZOMÉRIA

eltérő konfiguráció = egy szénatom körüli térbeli elrendeződés

1. Brómfluorklórmétán (^{*}CHBrFCl)



4 különböző ligandum → kiralitáscentrum

királis molekula: tükörképe nem önmaga

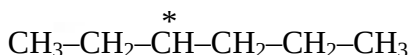
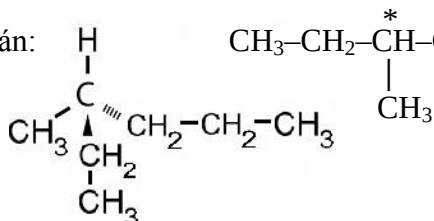
↓ pl.

→ *enantiomerpár*: két olyan molekula, amely azonos konstitúciójú, tükörképi párok, de egymással nem hozhatók fedésbe

~ jobb / bal kéz (kesztyű!) – kheir (gör) = kéz

csak három ligandum különbözik → akirális ~ bögre

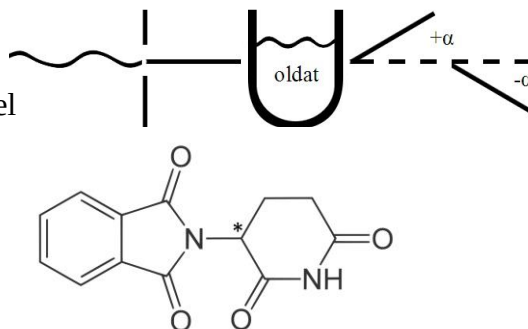
legkisebb C_{asz}-ú királis alkán:



3-metilhexán

2. Enantiomerek

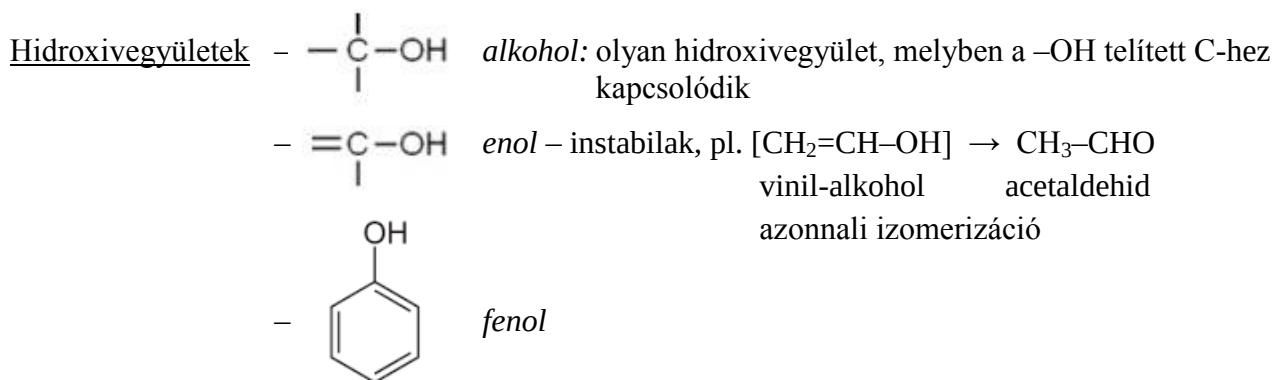
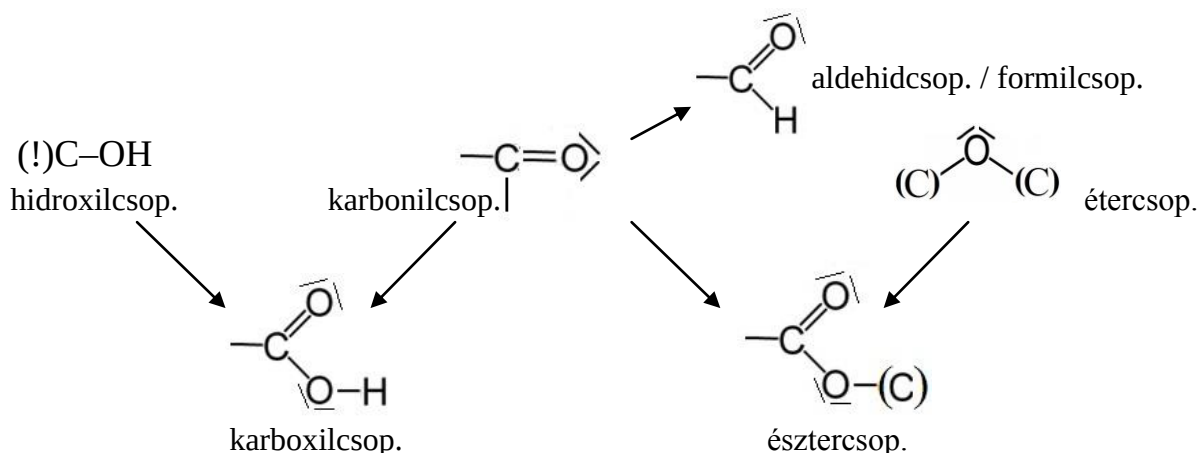
- fizikai tulajdonságaik megegyeznek, kivéve: oldatuk a síkban polarizált fény síkját más irányban forgatja el
- kristályaik egymás tükörképei
- kémiai tulajdonságaik is megegyeznek, kivéve: más királis molekulákkal eltérő módon reagálnak
pl. *Contergan* (NSZK, 1950-es évek)
egyik izomer → kismamák hányás ellen...
másik izomer → torzszülöttek



* Valójában a geometriai izoméria az optikai izoméria egyik különleges esetének is tekinthető. A sztereo-, geometriai és optikai izoméria merev szétválasztása kissé iskolás, tudományos szempontból indokolatlan.

O-tartalmú funkciós csoportok

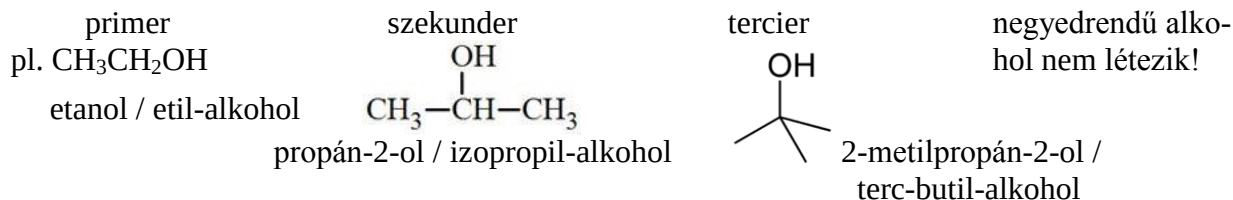
Funkciós csoport: a szerves molekulák azon, heteroatomot tartalmazó része, amely döntően meghatározza a molekula viselkedését (minél kisebb a molekula, annál jobban)



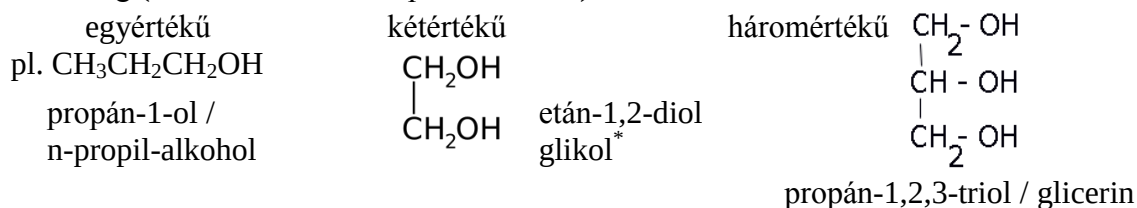
ALKOHOLOK

1. Csoportosítás, nevezéktan

- rendűség (a -OH csoport hányadrendű szénatomhoz kapcsolódik) szerint:



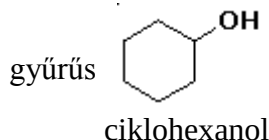
- értékűség (azonos funkciós csoportok száma) szerint:



* A glikol ún. vicinális diol, azaz -OH-csoportjai szomszédos szénatomokon helyezkednek el. A geminális diolok – a két -OH-csoport egyazon szénhez kapcsolódik – instabilak, vízvesztéssel bomlanak.

- szénhidrogénlánc szerint

– nyílt láncú



– telített

/

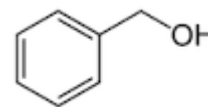
telítetlen

/

aromás



but-3-én-1-ol



benzil-alkohol

(marcipánszagú, szintelen f)

2. Fizikai tulajdonságok

a) molekulák közötti kölcsönhatások: diszperziós, dipólus-dipólus, hidrogénhídkötések ($\leftarrow -\text{OH}$)

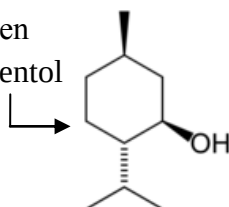
→ Op., Fp. magas (nincs gáznemű alkohol)

→ jó vízdékonyság (etanol, metanol – korlátlan; C_3-C_{10} – jó)

→ *viszkózitás*: a folyadék belső súrlódása / folyósságának mértéke
annál nagyobb, minél több $-\text{OH}$ -ot tartalmaz a molekula (glicerín: igen viszkózus)

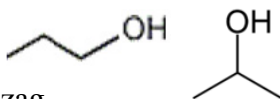
b) szín: cseppfolyós – szintelen

szilárd – fehér, pl. mentol



c) szag: kis C_{asz} – szeszszag (CH_3OH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)

C_3 – hányingerszag



C_8-C_{10} – mosószerszag

d) oldhatóság

etil-alkohol: vízzel minden arányban elegyedik,

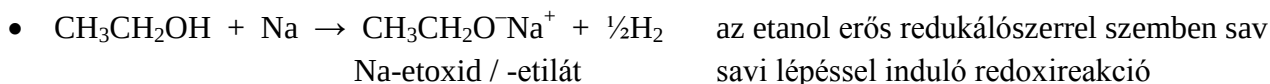
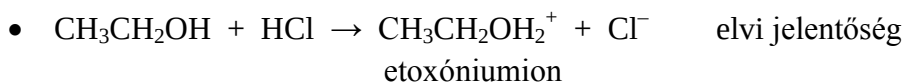
de a I_2 -ot is oldja → jódtinktúra (sebfertőtlenítés, ma helyette Betadine)

amfipatikus (polaritás szempontjából kétféle) molekula – kettős oldékonyságú

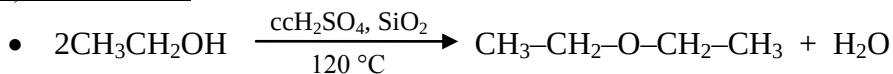
– univerzális oldószer

3. Kémiai tulajdonságok

a) sav-bázis – amfoter

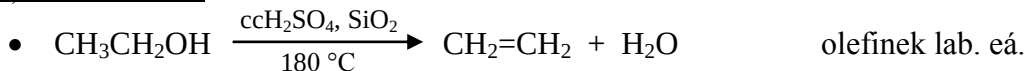


b) éterszintézis

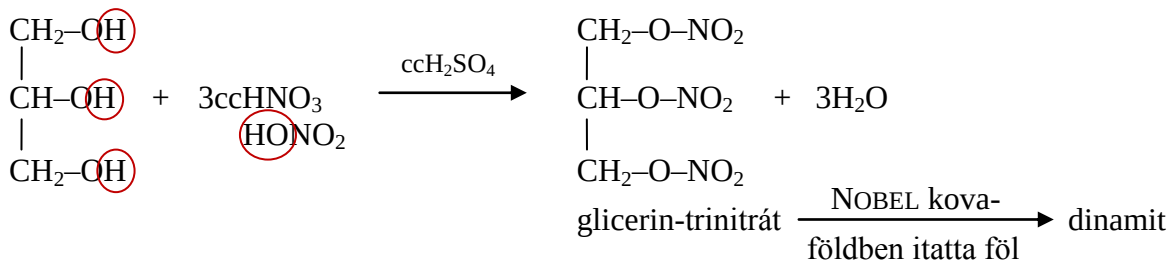


kondenzáció: több molekula összekapcsolódása vízkilépéssel

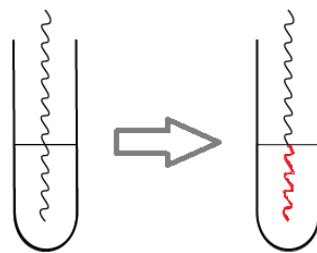
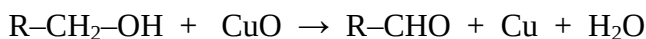
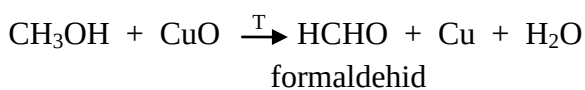
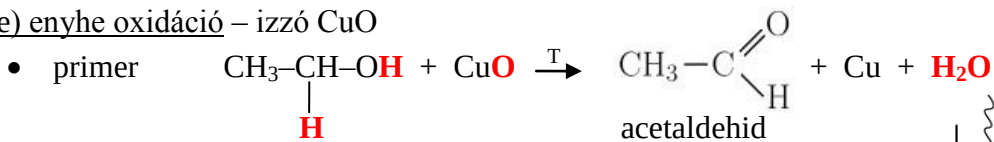
c) vízelimináció



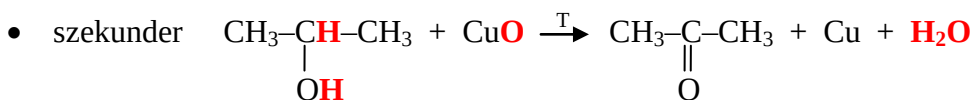
d) észteresítés: alkohol + karbonsav $\rightarrow$ 'sima' észter
+ szervesetlen sav $\rightarrow$ szervesetlen észter



e) enyhe oxidáció – izzó CuO



Tapasztalatok: 1) fekete drót (CuO) berezel (Cu, vörös)
2) a kellemes szeszszagba az CH_3CHO szúrós szaga vegyül

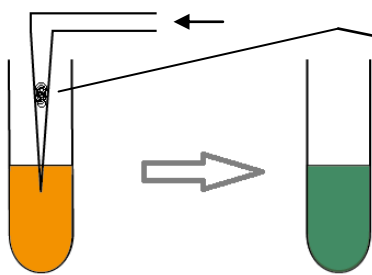
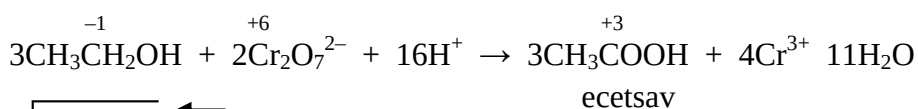


- **tercier** – enyhén nem oxidálható, mivel a -OH -ot hordozó C-atomon nincsen leszakítható 'H'

Σ alkoholok enyhe oxidációja: izzó réz(II)-oxidddal

a szerves termék: oxovegyület; pr. alk. → aldehid
szek. alk. → keton

f) erélyes oxidáció – $\text{Cr}^{3+} / \text{ccH}_2\text{SO}_4$ (alkoholszonda)

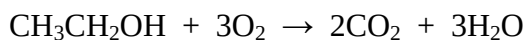


alkohollal átitatott vattadarab

oldat színe: narancs ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) $\rightarrow$ zöld (Cr^{3+})

Σ az erélyes ox. karbonsavat eredményez

g) égés



pl. borszeszégő, flambírozott palacsinta

4. Etil-alkohol (CH₃CH₂OH)

a) köznap neve

- borszesz, denaturált szesz (piridin = C₅H₅N hozzáadásával)
- tisztaszesz = spiritusz („a bor lelke”, hiszen ez távozik el forraláskor) – 96 V/V%
azeotrópos összetétel: legalacsonyabb forráspont ↓
(alacsonyabb, mint a két komponensé külön-külön)
- vízelvonószer alkalmazása (pl. vízmentes MgSO₄) → abszolút alkohol = 100 V/V%

b) főbb kémiai tulajdonságok

- CH₃CH₂OH + CuO → CH₃CHO + Cu + H₂O
- CH₃CH₂OH + K → CH₃CH₂O[−]K⁺ + ½H₂
- CH₃CH₂OH $\xrightarrow[\text{SiO}_2, 180^\circ\text{C}]{\text{cH}_2\text{SO}_4}$ CH₂=CH₂ + H₂O
- 2CH₃CH₂OH $\xrightarrow[\text{SiO}_2, 120^\circ\text{C}]{\text{cH}_2\text{SO}_4}$ CH₃CH₂–O–CH₂CH₃ + H₂O

c) ip. eá.

- C₆H₁₂O₆ $\xrightarrow{\text{zimáz}}$ 2CH₃CH₂OH + 2CO₂ erjesztéssel
exoterm, a must „forr”
max. 10–15 V/V%
(töményebb mérgező lenne az enzimet
termelő gomba számára)
- CH₂=CH₂ + H₂O ⇌ CH₃CH₂OH mesterséges eá. (etilén hidratálása)
kat. – H⁺ (mint minden vízáddíció során)
es eltolása: – vízfelesleg
– mérsékelten magas T (300 °C)
– magas p (7–8 MPa)

d) jelentőség: oldószer, fertőtlenítőszer, vegyipari alapanyag, illatszeripar

ital → sör ~ 5 V/V%
bor, pezsgő ~ 10–12 V/V% (22 magyar borvidék létezik)
likőr ~ 20 V/V%
égetett ~ 40–60 V/V%
 ↳ az erjesztés után a cefrét lepárolják (→ „égetett”, azaz ledesztillált)
 gyümölcs → pálinka
 krumpli → vodka
 gabona → whisky

5. Metil-alkohol (CH₃OH) (metanol, faszesz, rézeleje)

a) köznap neve

- faszesz ← régi előállítás: fa *száraz lepárlása* (hőbontása, levegőtől elzárt hevítése)
 ↳ háromféle halmazállapotú termék:
 faszén, fakátrány (pl. metanol, aromások), fagáz
- rézeleje ← a pálinkafőzés során, a berendezés régebbi részéből készült csövén először
 megjelenő párlat tartalmazhat metanolt – ezt el kell önteni

b) tulajdonságai

- fiz. tul. ≈ CH₃CH₂OH (forráspontja alacsonyabb)
 └ 1 kupica – vakság, 2 kupica – halál
- idegméreg – a szervezetben HCHO-dé alakul, valójában ez mérgező
 a CH₃CH₂OH hasonló módon CH₃CHO-dá alakul → ez okozza a másnaposságot
 CH₃OH-mérgezés esetén elsősegélyként sok pálinkát kell itatni a beteggel,
 mert szervezetében a két alkoholt ugyanaz az enzim bontja
 (az etanol „leszorítja” a metanolt)

c) ip. eá. (nagynyomású metanolszintézis szintézisgázból)



katalizátor

es eltolása – igen nagy p (20–30 MPa)

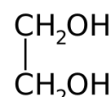
– mérsékelten magas hőmérséklet

d) felhasználása

- oktánszámnövelő
- oldószer
- észterezés
- $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{HCHO} \rightarrow$ fenoplasztok (bakelit)

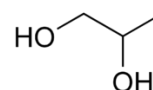
6. (Etilén)glikol

- legegyszerűbb kétértékű alkohol
- édes ízű (a $-\text{OH}$ -ok növekvő száma édes ízt okoz)*
- viszkózus, színtelen, szagtalan, vízben minden arányban oldódó folyadék (Fp. = 200 °C)
- felhasználása: fagyálló, poliészter műanyag eá. $\rightarrow$ PET = poli(etilén-tereftalát)
 - ↳ az oldatok fagyáspontja mindig alacsonyabb, mint a tiszta oldószeré



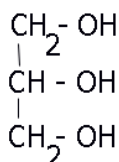
7. Propilén-glikol

- színházi műfűst (kód): elforralják, majd hideg levegővel lecsapatják

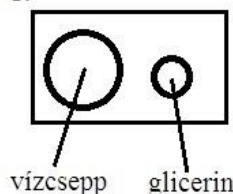


8. Glicerín

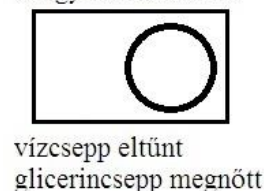
- viszkózus, színtelen, szagtalan, vízben minden arányban oldódó folyadék (Fp. = 290 °C)
- higroszkópos – vízmegkötő hatású
 - ↳ kozmetika (pl. hidratáló krém), bélyegzőpárna
- kötött a zsírok, olajok alkotórésze
- nitroglicerín
- bor pancsolása (a bor természetes úton is tartalmaz glicerint, ettől lesz testes, dús a teste)
- vicinális diolok (és poliolok) kimutatása:
 - frissen leválasztott $\text{Cu}(\text{OH})_2$ -csapadékhoz kell adni a mintát $\rightarrow$ mélykék komplex



1.



2. egy kis idő múlva



9. Alkoholok származtatása

- olefinekből, elektrofil addícióval
$$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$$
- halogénszármazékokból, nukleofil szubsztitúcióval
$$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaCl}$$

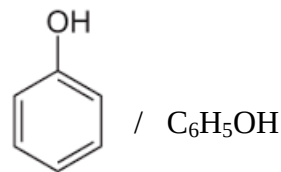
híg, ~30°C

* Erről a sajátosságáról kapta nevét: *glükerosz* (gör) = édes. A glicerín, a glükóz, sőt, a glicin neve is innét származik.

A FENOL

1. Fizikai tulajdonságai

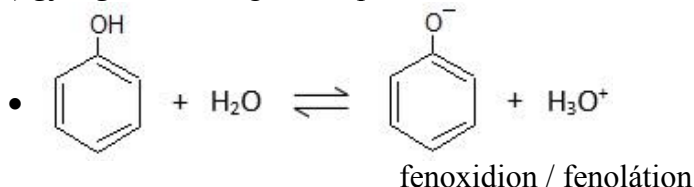
- szilárd ($T_p = 43\text{ °C}$) ← H-hidak, lapos molekula
- színtelen kristályok (ha sokáig áll, megrózsaszínesedik)
- temperaszagú
- vízben rosszul oldódik, etil-alkoholban kiválóan



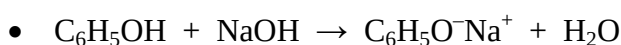
2. Kémiai tulajdonságai

a) mérgező

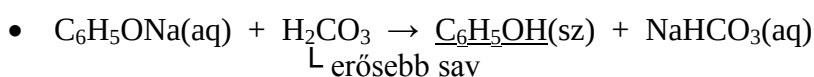
b) gyenge sav → régi köznapi neve: karbolsav



vízben rosszul oldódik

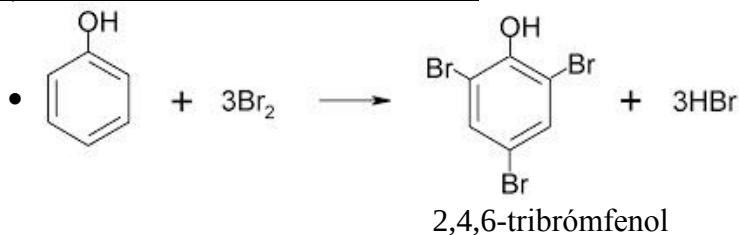


lúgoldatban jól oldódik



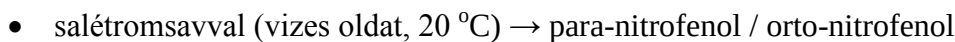
Na-fenoxid-oldatba CO_2 -ot vezetve kicsapódik a fenol

c) brómozás – elektrofil szubsztitúció



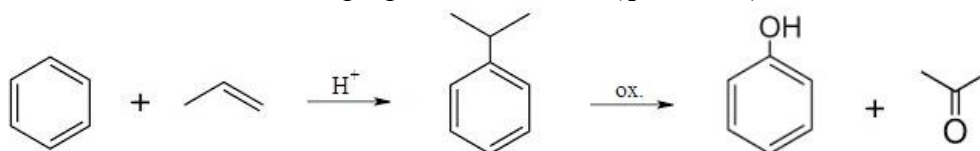
benzolhoz képest fokozott reaktivitás

↓
a brómos vizet is elszínteleníti (nem kell elemi Br_2)



d) komplexképzés Fe^{3+} -sókkal – fenolos hidroxilcsoport kimutatása → lila szín

3. Ipari előállítás – benzolból és propénből, kumolon (i-pr-benzol) keresztül

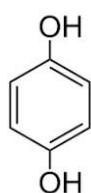


4. Felhasználás

- baktericid → húsok füstölése
→ Semmelweis Ignác a klóros víz után fenolos vízzel való kézmosást vezetett be
- műanyaggyártás – $HCHO$, $C_6H_5OH \xrightarrow{\text{polikondenzáció}}$ bakelit (régi telefonkészülék)
- vegyipari alapanyag → festék, gyógyszer

5. Egyéb fontosabb fenolok

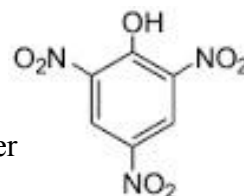
a) hidrokinon



- fehér, szagtalan por
- vízben rosszul, apoláros oldószerben jól oldódik
- redukálószer, oldata hívó a fekete-fehér fényképezés során
($Ag^+ \xrightarrow{\text{hidrokinon}} Ag$)

b) pikrinsav / 2,4,6-trinitrofenol

- szilárd, sárgászöld, vízdékony
- erős sav
- robbanószer (TNP), szívgyógyszer

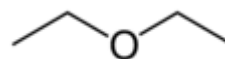


ÉTEREK

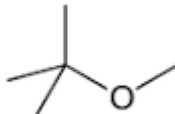
1. Molekulaszerkezet, nevezéktan, jelentőség

a) szimmetrikus

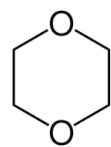
- $\text{CH}_3\text{--O--CH}_3(\text{g})$ dimetil-éter
- $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--O--CH}_2\text{--CH}_3$ dietil-éter / éter
 - alacsony Op., Fp.
 - illékony, gyúlékony igen tűzveszélyes!
 - jó apoláros oldószer
 - altató, narkotikus hatás *

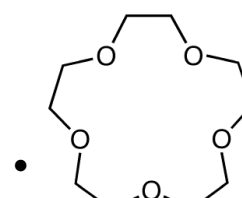


b) aszimmetrikus / vegyes

- $\text{CH}_2=\text{CH--O--C}_6\text{H}_5$ fenil-vinil-éter
-  metil-terc-butil-éter (MTBE)
 - oktánszámnövelő adalékanyag
- eugenol (szegfűszeg) – érzéstelenítő

c) gyűrűs

-  tetrahidrofuran
 - színtelen, apoláros oldószerek
-  dioxán
 - színtelen, apoláros oldószerek



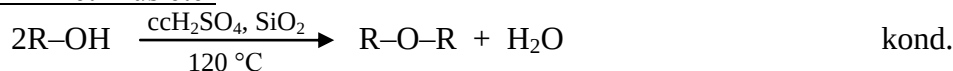
koronaéter: kettőnél több oxigénhidat tartalmazó gyűrűs éter → komplexképző, katalizátor

d) általánosságban

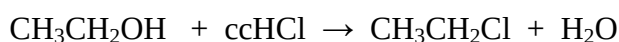
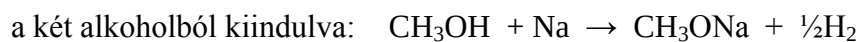
- gyakorlatilag apolárisak (elvileg gyengén dipólusosak)
- csak diszperziós kötések → illékonyak (a $\text{CH}_3\text{--O--CH}_3$ gáz)

2. Előállítás

a) szimmetrikus éter



b) vegyes éter



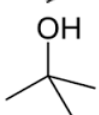
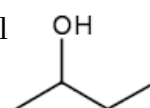
3. $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$: variációk egy összegképletre

a) alkoholok

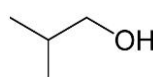
normál butil-alkohol

szek-butil-alkohol

terc-butil-alkohol



izobutil-alkohol

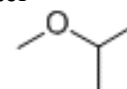
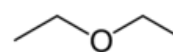


b) éterek

dietil-éter

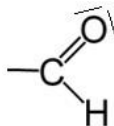
metil-n-propil-éter

metil-izopropil-éter

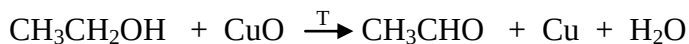
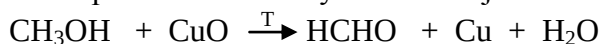


* Az éteren kívül altató hatású a kőgáz (N_2O), a kloroform (CHCl_3) és a xenon (Xe) is.

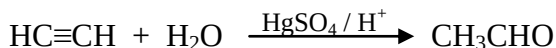
ALDEHIDEK



1. Előállítás: primer alkohol enyhe oxidációjával



alcohol dehydrogenatus (H-elvonás = dehidrogénezés)



2. Nevezéktan, fiz. tul.

- formaldehid / metanal

színtelen, szúrós szagú gáz
vizes oldata: formalin (preparátumok tartósítása)
 $\text{pH} = 7$

saját halmazában nem képes H-hídkötéseket kialakítani, a vízmolekulákkal viszont igen

paraformaldehid $-(\text{CH}_2\text{O})_n$ a formalinoldatból kiváló fehér csapadék
forralás hatására visszaoldódik

jelentősége: – baktericid $\rightarrow$ preparátum, kolbász füstölése (fa füstjében, fenollal együtt)
– bakelitgyártás $\leftarrow$ formaldehid + fenol
- CH_3CHO

acetaldehid

színtelen, jellegzetes szagú
vízben korlátlanul oldódik (semleges)
Fp. = 21 °C dipólusmolekula
 (diszp. és dip-dip kötések)*
vizes oldatából a paraldehid válhat ki
- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$

propénal / akrolein

színtelen folyadék
az odaégett zsír csípős szagát adja
- benzaldehyd

színtelen, marcipánillatú folyadék
levegőn állva lassanként benzoesavvá (sz)
oxidálódik
- fahéjaldehyd
- $\text{HOC}-\text{CH}_2-\text{CHO}$

propándial

3. Reakciók

- vizes oldatuk semleges
- $\text{HCHO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

kis C_{asz} – tökéletes égés
- $\text{R}-\text{CHO} \xrightarrow[+2[\text{H}]]{\text{red.}} \text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$
- aldehid $\xrightarrow{\text{oxidáció}}$ karbonsav

$\hookrightarrow$ alapvető sajátság:
 redukálószer

pl. $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Br}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$
 $\rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{HBr}$

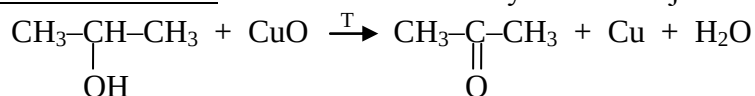
* A hasonló M-ű etil-alkohol Fp.-ja jóval magasabb (78 °C), mivel a –OH-csoportok között hidrogénhídkötések is hatnak.

KETONOK

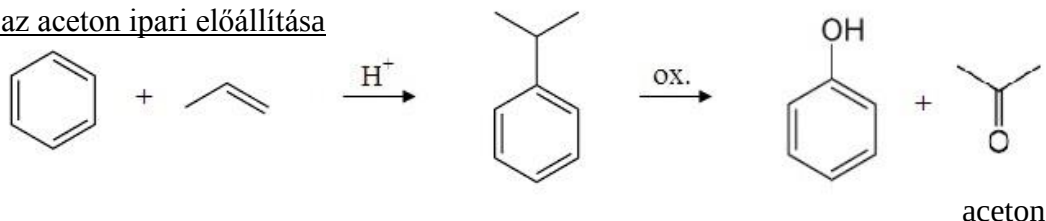


1. Előállítás

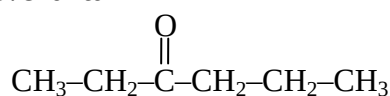
a) laboratóriumban: szekunder alkohol enyhe oxidációja



b) az aceton ipari előállítása

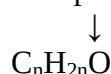


2. Nevezéktan

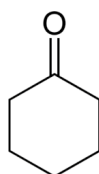


hexán-3-on

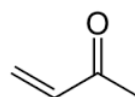
etil-ⁿpropil-ke-ton



telített, nyílt láncú, egyértékű ketonok



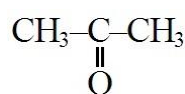
ciklohexanon



but-3-én-2-on

metil-vinil-ke-ton

3. Aceton / dimetil-ke-ton / propanon



színtelen, körömlakkle-mo-só szagú folyadék

vízben ko-rlá-tlanul oldó-dik

benzinnel is e-legye-dik

} amfi-pa-tikus mole-ku-la,

} uni-ver-zá-lis oldó-szer

diszperziós és dip-dip kö-té-sek, a vízmolekula-kkal H-hi-da-t is ki-la-kít

Op., Fp. ≈ azo-nos M-ű al-de-hid

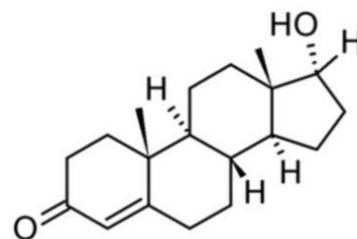
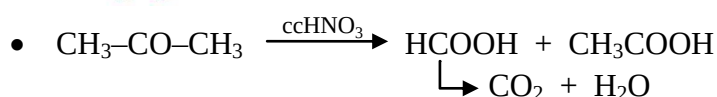
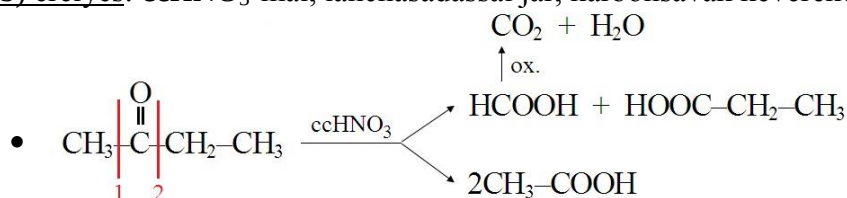
pi-ro-s tech-no-kol, ré-gi kö-rö-m-lak-kle-mo-só, la-bo-ra-tó-ri-um-i mo-so-ga-tás

vi-ze-et, cu-kor-be-teg le-he-le-te

4. Oxidáció

a) enyhe – Ø, mi-vel a fun-k-ció-s cso-port C-a-to-m-ján ni-n-cs le-sza-kí-tha-tó ‘H’ (Ø Ag-tü-kör)

b) erélyes: ccHNO₃-mal, lánc-ha-sa-dás-sal jár, kar-bon-sa-vak ke-ve-ré-ké-hez ve-zet



5. **Szteránváz-as ho-rmo-nok**: – pro-gesz-ter-on, ösz-tro-gén, tesz-to-sz-ter-on

– kar-bon-il-cso-portot (is) tar-tal-ma-zó sz-ter-án-vá-z-as ve-gyü-le-tek

– li-pi-dek

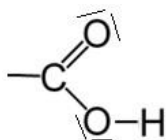
– a sz-er-ve-zet ko-le-sz-ter-in-ből (sz-in-tén sz-ter-án-vá-z-as) áll-ít-ja elő ö-ket

└─ minden sejt termeli (fő-képp a máj)

└─ ho-rmo-nok, e-pe-sa-vak sz-in-té-zí-se

└─ ma-gas ~-sz-in-t → é-re-l-me-sze-se-dés

KARBONSAVAK



1. Fizikai tulajdonságok, nevezéktan

a) telített, nyílt láncú, egyértékű karbonsavak

- HCOOH hangyasav / metánsav $\rightarrow \text{HCOO}^-$ formiátion / metanoátion
- CH_3COOH ecetsav / etánsav $\rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-$ acetátion / etanoátion
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ vajsav / butánsav $\rightarrow$ butirátion / butanoátion
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ izovajsav
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ valeriánsav / pentánsav
↳ macskák szexuális feromonja

színtelen, szúrós szagú,
vízben korlátlanul old.
folyadékok

színtelenek,
igen büdösek
(láb-, izzadságszag)

folyadékok

vízben rosszul oldódnak

↓

szappannal kell mosakodni

- $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ palmitinsav / hexadekánsav
neve: pálmazsír (zsírsav, azaz kötve más zsírokban is előfordul)
- $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ sztearinsav / oktadekánsav
szintén zsírsav

szilárd,
szagtalan,
amorf
vízben nemigen old.

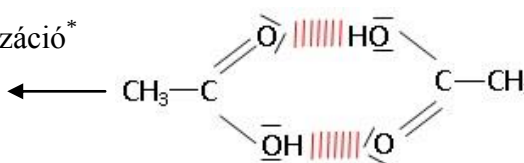
- Σ karboxilcsoportok közötti erős H-hídkötések $\rightarrow$ nincs gáz halmazállapotú karbonsav
 folyadék: színtelen ($\text{C}_1\text{--}\text{C}_9$)
 szilárd: fehér (C_{10} -től felfelé + összes dikarbonsav + összes aromás karbonsav)

magas olvadás-és forráspont

← H-hídkötések

← gőz- és folyadékfázisban dimerizáció*

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}, \text{g}) = 120 \text{ g/mol}$$



$\text{C}_1\text{--}\text{C}_2$: szúrós szag

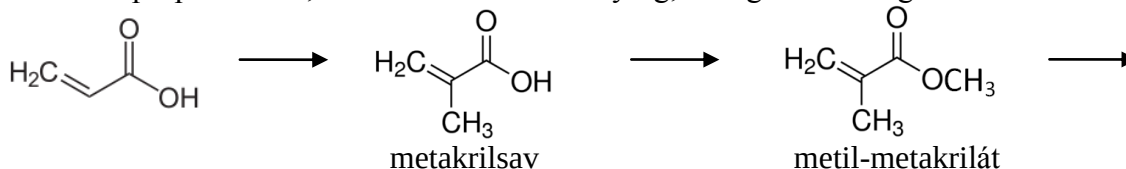
$\text{C}_4\text{--}\text{C}_5$: lábszag

vízoldékonyság a C_{asz} növekedésével csökken ($\text{C}_1\text{--}\text{C}_2$ korlátlan)

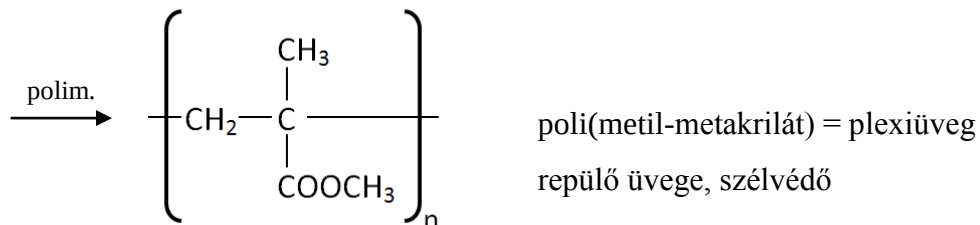
általános képlet: $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$

b) telítetlen, nyílt láncú karbonsavak

- akrilsav / propénsav – f, korlátozott vízoldékonyság, odaégett zsír szaga



* Dimerizációra hajlamos molekulák: NO_2 , HF és a karbonsavak gőz állapotban.



- $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ olajsav / cisz-oktadec-9-énsav – savanykás szagú, vízben nem oldódó, sárgás folyadék

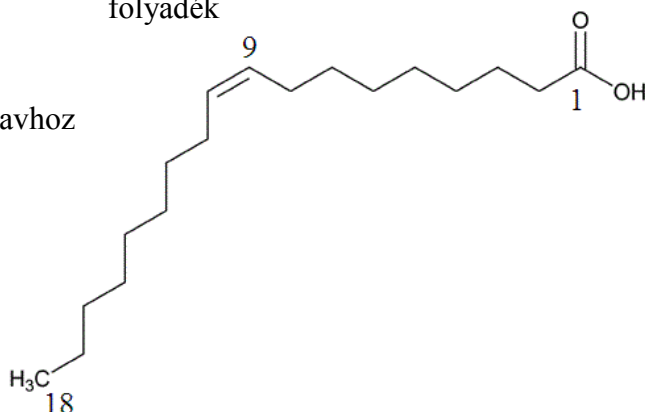
a kettős kötés körül cisz-konformáció

↓
molekulái a szinte azonos *M*-ű sztearinsavhoz képest szabálytalanabb alakúak

↓
nehezebben rendeződnek kristályrácsba

↓
alacsonyabb *Op.*

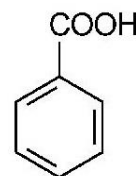
↓
standardállapotban folyékony



c) aromás karbonsavak

- benzoesav – szilárd, fehér, gyakorlatilag szagtalan, vízben gyakorlatilag nem oldódik

a trópusokon élő benzoefa izzadmányából vonható ki
Na-sója tartósítószer*



- szalicilsav – o-hidroxibenzoesav / 2-hidroxibenzoesav szintén fehér, szilárd...

fűzfa (lat. *salix*) kérge, kamilla virágzata

fájdalomcsillapító

régen tartósítószerként használták (= szalicil),
de nagyobb mennyiségben mérgező

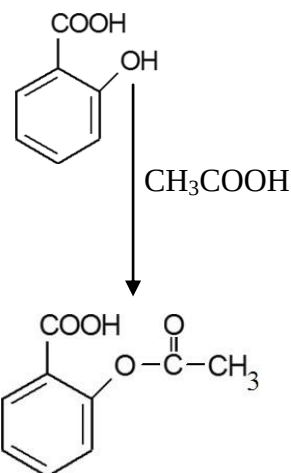
acetilszalicilsav

= aszpirin, fájdalomcsillapító

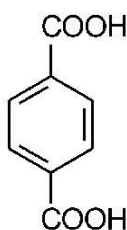
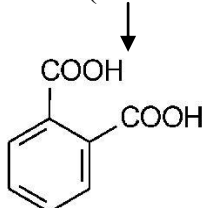
RICHTER GEDEON (†1944) szabadalma:

Kalmopyrin

= Ca-acetil-szalicilát



- ftálsav (orto / meta / para = tere)



a PET-palack egyik monomerje (lásd 59. o.)
poli(etilén-tereftalát)

* Tartósítószer típusai: (1) Baktericid vegyületek, mint a Na-benzoát, régen a szalicil, HCHO (hús füstölése). (2) Anti-oxidánsok: SO_2 , nitrites pácso (NaNO_2), aszkorbinsav, karotin. (3) NaCl (sózott hús). (4) Védőgáz, inert atmoszféra: N_2 .

d) telített dikarbonsavak

- oxálsav / sóska / etándisav



sóska, egres

fehér, szagtalan, vízben lassan oldódó, szilárd anyag

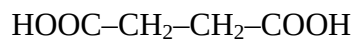
Ca-sója = $\text{Ca}(\text{COO})_2$ a vesekő egyik fajtája

WÖHLER a vis vitalis-elmélet megdöntésekor dicianból állította elő (lásd 1. o.)

- malonsav / propándisav



- borostyánkősav / butándisav

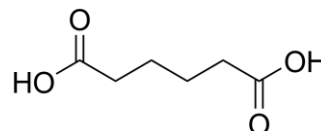


sói: szukcinátok

- adipinsav / hexándisav

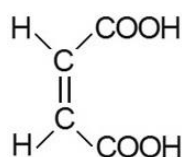


a nejlon egyik monomerje

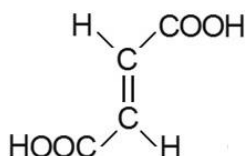


e) telítetlen dikarbonsavak

- maleinsav / cisz-buténdisav



- fumársav / transz-buténdisav



fumársav-katalízis → SZENT-GYÖRGYI ALBERT Nobel-díja
↳ a citromsavciklus része

vízben jobban oldódik, mint a maleinsav

← $-\text{COOH}$ -csoportok helyzete

(egymással nem létesítenek H-hídkötéseket)

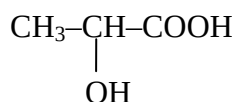
f) hidroxikarbonsavak

- aszkorbinsav = C-vitamin

bonyolult szerkezetű (szénlánc telítetlen, több $-\text{OH}$ -csoport)

SZENT-GYÖRGYI izolálta először mellékveséből, majd paprikából

- tejsav / α -hidroxipropánsav
2-



sói: laktátok

szilárd, könnyen elfolyósodik → színtelen, savanykás szagú

tejsavas erjedés: a glükózból termelődik anaerob körülmények

között; $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2$ piroszőlősav $\rightarrow 2$ tejsav

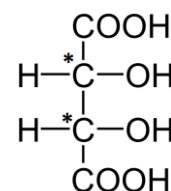
– savanyú tej

– kovászos uborka (kenyér ~ szénhidrát)

– izommunka során termelődik

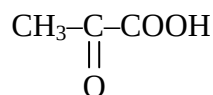
- borkősav / 2,3-dihidroxibutándisav

sói: tartarátok (Fehling-II-oldat)



g) ketosavak

- piroszőlősav / 2-oxopropánsav



2. Típusreakciók

a) sav-bázis reakciók

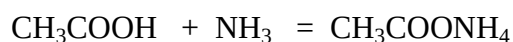
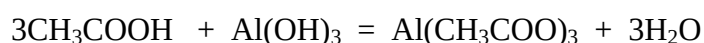
- $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

↳ középérső sav

monokarbonsavak közül a legerősebb – de pl. az $(\text{COOH})_2$ és a CCl_3COOH erősebb sav

- $\text{HCOOH} + \text{NaOH} = \text{NaHCOO} + \text{H}_2\text{O}$

↳ erős lúggal szemben már erős sav



b) CO₂-fejlesztés

- $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{HCOOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{NaHCOO} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ csaláncsípés kezelése: szódadikarbónával

c) hidrogénfejlesztés

- $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Zn} = \text{Zn}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2 + \text{H}_2\uparrow$
- $3\text{HCOOH} + \text{Al} = \text{Al}(\text{HCOO})_3 + 1,5\text{H}_2\uparrow$

d) észterezés

- $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \xrightleftharpoons{\text{ccH}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{COOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

3. A hangyasav és különleges reakciói

- hangya,* csalán csípésében, fenyőtűben
- 85 m/m%-os oldatként forgalmazzák
- tartalmaz aldehidcsoportot → könnyen oxidálható
$$\text{HCOOH} + 2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \xrightarrow{+2 \quad +4} \text{CO}_2 + 2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{O}$$
 adja az ezüstitükörpróbát (fekete csap.)
$$\text{HCOONa} + 2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- = \text{NaHCO}_3 + 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O}$$
 a formiátok (sók, észterek) szintén adják
$$\text{HCOOH} + \text{Br}_2 = 2\text{HBr} + \text{CO}_2$$
 brómos vizet elszínteleníti
- a CO a hangyasav formális savanhidridje
$$\text{ccHCOOH} \xrightarrow{\text{tömény kénsav, magas T}} \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$$
 CO lab. eá.
az apoláros CO vízben nem oldódik, viszont nagy nyomáson NaOH-oldatban elnyelethető:
$$\text{NaOH(aq)} + \text{CO} \xrightarrow{\text{p}} \text{HCOONa(aq)}$$
- ip. eá.
$$\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \xrightarrow{\text{kat.}} \text{HCOOH}$$
- felhasználás: vegyipari alapanyag, cserzőanyag

4. Az ecetsav és különleges reakciói

- tömény ecetsav = jégecet; Op. = 17 °C
L jegec = kristály (nyelvújításkori tükörfordítás)
- biológiai erjesztésű: 10–20%-os
- lab. eá.
$$\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow{\text{Ag}^+ / \text{OH}^-} \text{CH}_3\text{COOH}$$
 vagy
$$\text{CH}_3\text{CHO} \xrightarrow{\text{Cu}^{2+} / \text{OH}^-} \text{CH}_3\text{COOH}$$
- ip. eá.
biológiai erjedéssel (fermentáció) etil-alkoholból – pl. borecet
szintézissel:
$$\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}$$
$$\leftarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$$
- $\text{Cu} + 2\text{CH}_3\text{COOH} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O}$ rézkanál ecetes uborkában
- ecetsavgőzök égése
$$\text{CH}_3\text{COOH(g)} + 2\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$
- felhasználás: élelmiszeripar, műszál, oldószer, vegyipari alapanyag

* Egy hangya a csípésébe beledja HCOOH-készleteinek 75%-át. A tipikus hangyacsípés 0,006 cm³ 50 V/V%-os HCOOH-oldatot tartalmaz, ρ(HCOOH) = 1,2 g/cm³. Így kiszámítható, hogy 1 dl tiszta HCOOH előállításához 25 ezer hangya volt szükséges.

SZAPPANOK

1. Szappanok: nagy szénatomszámú karbonsavak Na^+ - és K^+ -sói

szilárd cseppfolyós

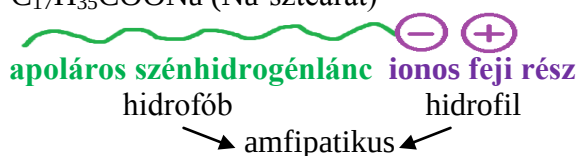
részecskeméret $\uparrow$ – elsőrendű kötés erőssége $\downarrow$

ionkötés elsőrendű $\rightarrow$ a Na^+ -tartalmú szappan szilárd, a K^+ -tartalmú folyékony

- $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO}^-\text{Na}^+$
nem oldódik a Na-palmitát jobban oldódik vízben, hiszen ionos
lúgosan hidrolizál, mert erős bázis és gyenge sav sója
- $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa} \xrightarrow{\text{víz}} \text{Na}^+ + \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO}^-$ elektrolitos disszociáció
 $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH} + \text{OH}^-$ hidrolízis (a szappan lúgos kémhatása miatt síkos tapintású)

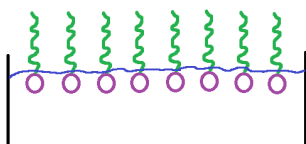
2. Hogyan oldódnak vízben?

- $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ (Na-sztearát)



felületaktív anyag (tenzid): az amfipatikus részecskék a felületen gyülekeznek

$\rightarrow$ *monomolekuláris réteg*



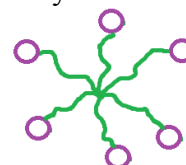
a sztearátionok ionos vége oldódik a vízben, apoláros „farkuk” kilóg stabilizálják a megnövekedett felületet (hab)

lecsökkentik a víz felületi feszültségét $\rightarrow$ vízipókok elsüllyed

majd:

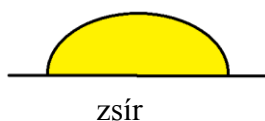


micella: amfipatikus részecskék összetapadásával létrejött kolloid méretű asszociátum (apoláros rész középre, ionos kívülre)



kolloid rendszer: olyan halmazkeverék, melyben a diszpergált részecske mérete 1–500 nm közé esik (opalizál, azaz szórja a fényt)

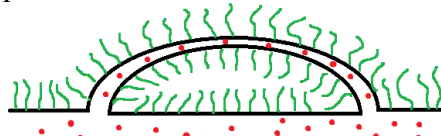
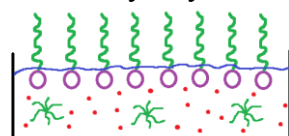
- tisztító hatás



apoláros rész föloldja a zsírt, ionos a vízben tud maradni



- buborék: vékony folyadékfilm, kétoldalt palmitát / sztearátionok fűződnek bele



habzás = megnövekedett felület

a $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^-$ -ok mellett a Na^+ -ok is az oldatban vannak $\rightarrow$ töltés kiegyenlítése

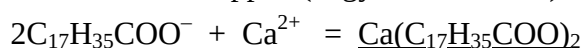
- *detergens:* szintetikus mosószer (pl. sampon)

3. Vízkeménység: a vízben oldott Ca^{2+} - és Mg^{2+} -vegyületek

kemény víz $\rightarrow$ vízkő válhat ki

$\rightarrow$ nem lehet babgulyást főzni (a hüvelyesek nem puhulnak meg)

$\rightarrow$ nem habzik a szappan (vagyis nem is mos)



csapadék

habzás $\sim$ tisztító hatás $\sim$ szappananionok koncentrációja (pl. savas oldatban $\emptyset$)

$$\text{---COO---(C)}$$
$$\bullet \text{ CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \xrightleftharpoons{\text{ccH}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$$

etil-acetát / ecetsavas etilészter (málnaaroma,
körömlakklemosó,
piros technokol)

- $$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{OH} \xrightleftharpoons{\text{ccH}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$$

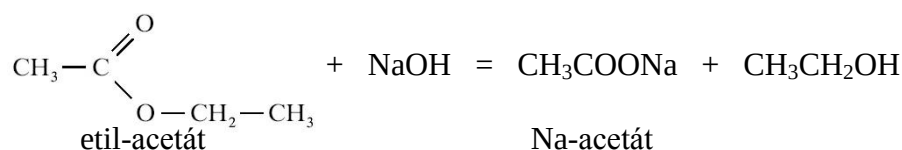
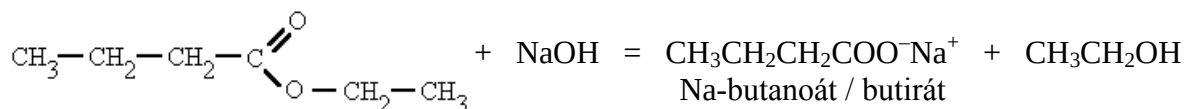
metil-butanoát (almaaroma)

$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Ø hidrogénhídkötés} \\ \text{csak diszp.} \\ \text{és gyenge dipól-dipól} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} \text{C}_{18}\text{--C}_{20}\text{-ig folyadék, utána amorf} \\ \text{vízben rosszul oldódnak} \\ \text{jó apoláros oldószerek (festék, lakk)} \end{array}$

kis C_{asz} – gyümölcsaroma

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}-\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \neq \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
etil-butanoát (ananászaroma)
vízben igen rosszul oldódik

- *lúgos hidrolízis* = *elszappanosítás*

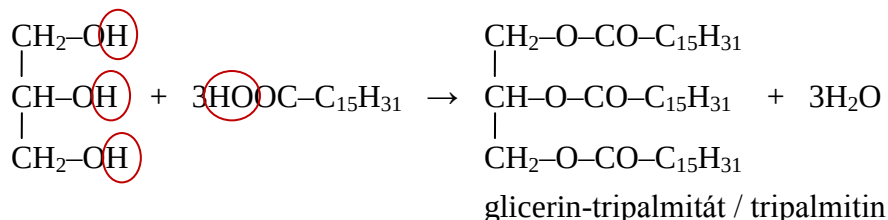


a) karbonsavészterek

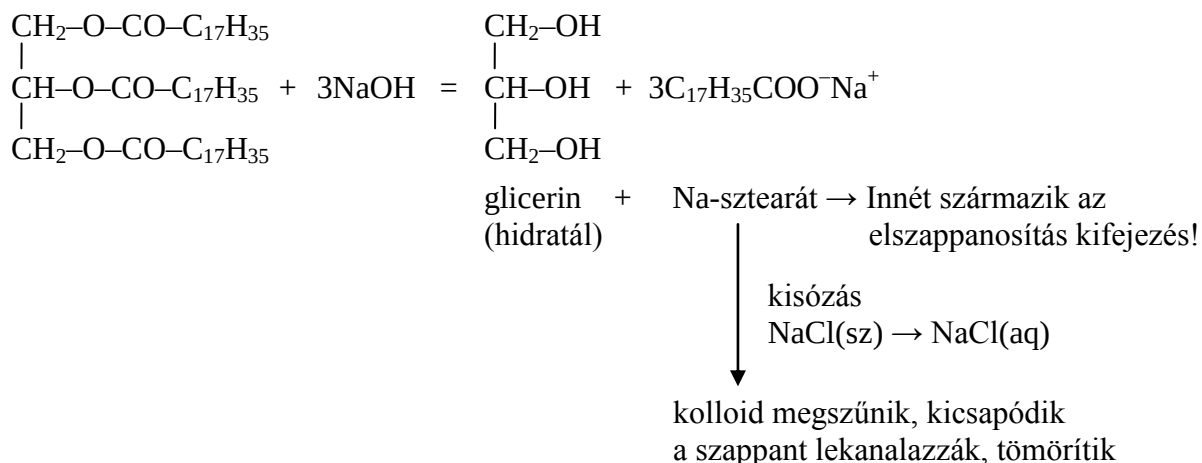
- kis C_{asz} -ú alkohol + kis C_{asz} -ú karbonsav $\rightarrow$ *gyümölcsészter*
 - nagy C_{asz} -ú alkohol + nagy C_{asz} -ú karbonsav $\rightarrow$ *viasz* (gyümölcs héja, méhviasz)
 ↳ apol. $\rightarrow$ vízlepergető
 - *trigliceridek*: glicerín + 3 nagy C_{asz} -ú karbonsav észterei
 - telített $\rightarrow$ zsír (sz) ált. állati eredet
 - telítetlen $\rightarrow$ olaj (f) ált. növényi eredet
- de: halolaj, kókuszzsír

szerepük: → energiaforrás, tartalék tápanyag
→ hőszigetelő
→ rugalmas (mechanikai hatás ellen véd)

– származtatás:

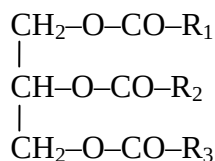


– szappanfőzés (zsír + NaOH-oldat) ~ trisztearin lúgos hidrolízise



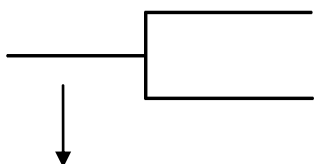
– a zsírok és olajok a valóságban keverékek

- ← sokféle trigliceridből állnak
- ← egy trigliceriden belül is eltérhetnek az észterező karbonsavak

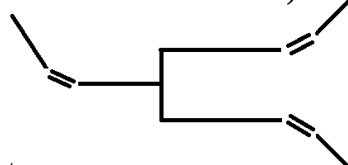


nincs éles olvadáspontjuk, amorf anyagok

–zsír



olaj (cisz-oktadec-9-énsav észtere)



szabályosabb → magasabb olvadáspont
(Maga a $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ is szilárd, az $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ pedig folyékony.)

– növényi olaj $\xrightarrow{\text{katalitikus hidrogénezés}}$ margarin (mesterséges vaj)

H_2 -addíció / telítés



a =-ek egy része telítődik

más része változatlan marad

és van, amelyik telítetlen marad, de konformációt vált

cisz → transz

transzzsírsavak (trigliceridben)

→ koleszterinszintet emel

→ szív- és érrendszeri betegségek

a margarin emulgeálószer is tartalmaz, hogy a benne lévő víz és az apoláros fázis ne válják szét
avasodás: kettős kötés melletti szénatomok oxidációja

– omega-zsírsavak

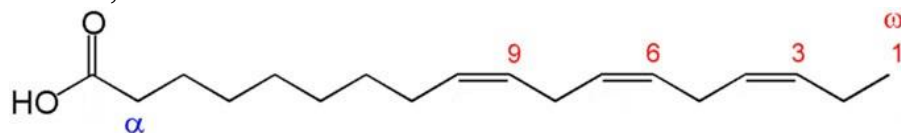
pl. halolajban, csukamájolajban, szójában, kukoricában, napraforgóban, tengeri halakban
az eszkimók nem szenvednek szív- és érrendszeri betegségekben, pedig sok zsiradékot fogyasztanak (hal)

↓
ezek ellen jók az ω-3- és az ω-6-zsírsavak

név ← a = a szénlánc karboxilcsoporttól átellenes végétől számítva hányadik C-atomon van

pl. linolénsav (észterésítve a lenolajban) = oktadeka-9,12,15-triénsav

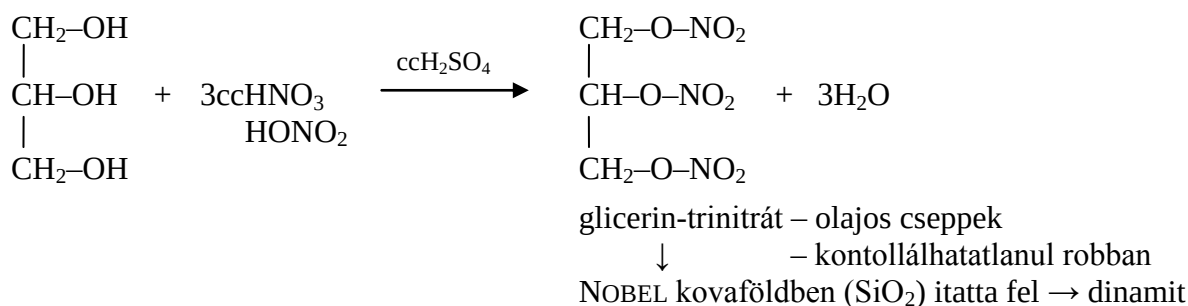
ω-3-, ω-6- és ω-9-karbonsav



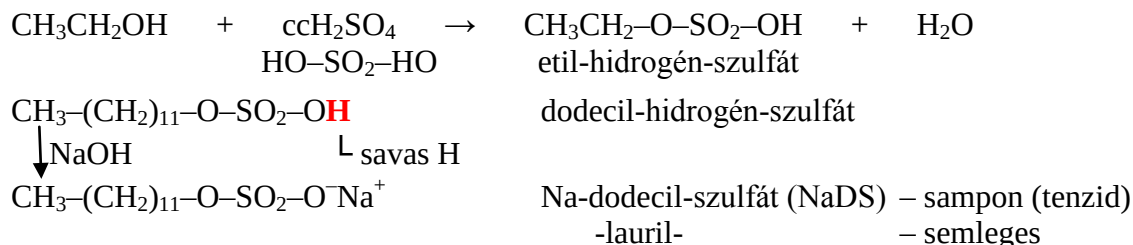
ω-3- és az ω-6-zsírsavak: esszenciálisak = a szervezet nem tudja előállítani,
(csak ez a két fajta!) külső forrásból kell bevinni

b) szervesetlen észterek

- salétomsav → nitrátészterek



- kénsav → szulfátészterek



- foszforsav → foszfátészterek

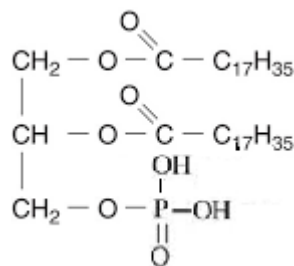
– DNS, RNS

– foszfatid / foszfolipid:

a glicerín két hosszú szénláncú
zsírsavval és a foszforsavval
alkotott triésztere

– amfipatikus

– kettős rétegben (apoláros részük befelé) → sejtmembrán



Lipidek

= zsírdékony biomolekulák

egyszerű

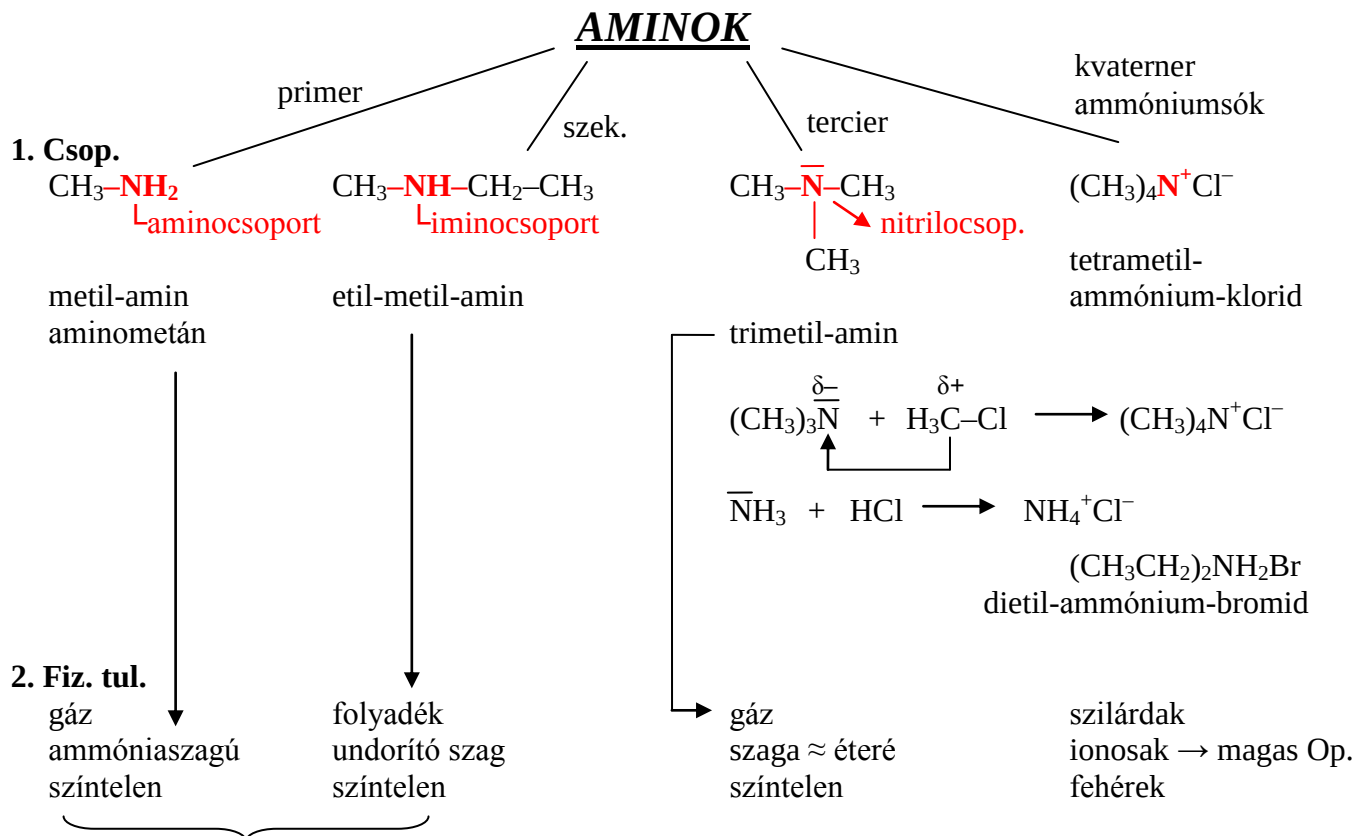
- karotinoidok
- szteránvázas hormonok

összetett: lúggal kisebb mo-
lekulákra hidrolizál

- viaszok
- trigliceridek

zsírok, olajok

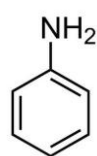
foszfatidok



pr., szek. → diszp. dipól-dipól H-híd } → Op., Fp. magas*
 tercier → diszp. (dipól-dipól) ≈ éter
 azonos M-ű hidroxivegyületeké**

a kis C_{asz}-ű aminok jól oldódnak vízben, kivéve:

↓
 a tercier aminok is,
 mivel a H₂O-molekulákkal
 képezhetnek H-hidakat

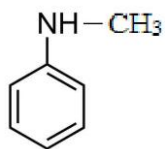


anilin / fenil-amin / aminobenzol
 – színtelen
 – jellegzetes szagú
 – vízben nem oldható
 – folyadék

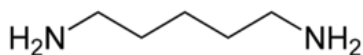
3. Nevezéktan



3-aminopropán-1-ol



fenil-metil-amin / N-metilanilin



1,5-diaminopentán / kadaverin = hullaméreg
 ↓
 L fehérjék rothadása során keletkezik (lizin aminosavból)

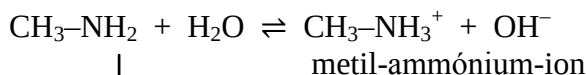
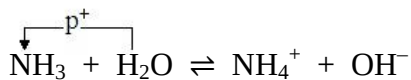
telített, nyílt láncú, egyértékű aminok általános képlete: $\text{C}_n\text{H}_{2n+3}\text{N}$

* Négy gázhalmazállapotú a mint ismerünk: CH_3NH_2 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$, CH_3NHCH_3 , $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

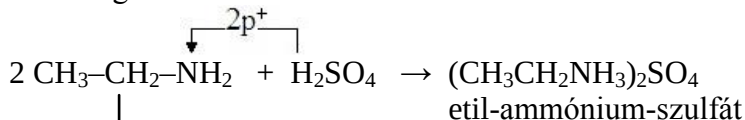
** Standard hőmérsékleten és nyomáson a CH_3OH folyékony, a CH_3NH_2 gáz. Hasonlóképpen a $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ szilárd, a $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ folyékony. Ennek oka, hogy az O–H kötés az O nagyobb EN-a miatt polárosabb, mint az N–H kötés, így a hidroxivegyületek erősebb H-hidakat létesítenek az aminoknál.

3. Reakciók $\approx \text{NH}_3$

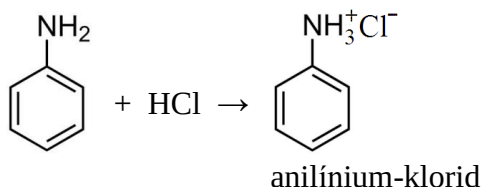
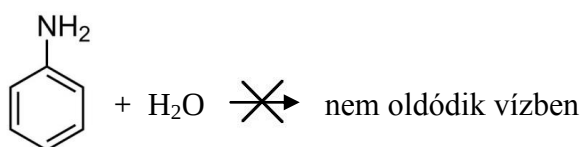
a) sav-bázis reakciók



- vízzel szemben gyenge bázis
- erősebb bázis, mint az ammónia
- legerősebb szerves bázis



kénsavval szemben erős bázis

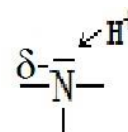


b) amin + észter $\rightarrow$ amid + ... (lásd 44. o.)

4. Jelentőség

- heringpác: gáz halmazállapotú aminok; CH_3NH_2 – halpiac, szájszag
- kadaverin / 1,5-diaminopentán: $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{NH}_2$ – hullaszag
- hexametilén-diamin / 1,6-diaminohexán: $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ – nejlon egyik monomerje
- anilin: $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ – gyógyszer, festék előállítása
- alkaloidák: növényi eredetű, N-tartalmú, bázisos, pszichoaktív anyagok

nevük eredete: alkalikus $\approx$ lúgos



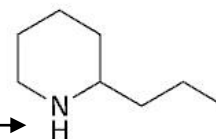
tiszta állapotban fehér, szagtalan, vízdékony, kristályos vegyületek / színtelen folyadékok
igen erős mérgek

- kávécsérje $\rightarrow$ koffein
 - tea $\rightarrow$ teofilin
 - kakaó $\rightarrow$ teobromin
 - dohány $\rightarrow$ nikotin
 - kokacserje $\rightarrow$ kokain
- } stimulánsok

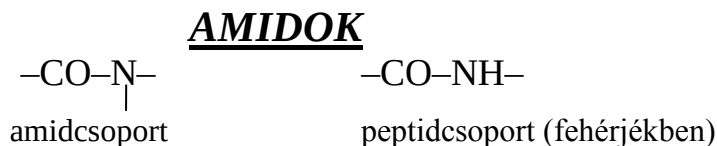
1886–1905 között a Coca-Cola is tartalmazta

- kínafa $\rightarrow$ kinin: erős lázcsillapító, malária / váltóláz leküzdése
- mák ($\rightarrow$ ópium) $\rightarrow$ morfin / morfium: erős fájdalomcsillapító
- foltos bürök $\rightarrow$ koniin: i. e. 399 – SZÓKRÁTÉSZ halála
- nadragulya (*Atropa belladonna*) $\rightarrow$ atropin (pupillatágító – „szép nő”)

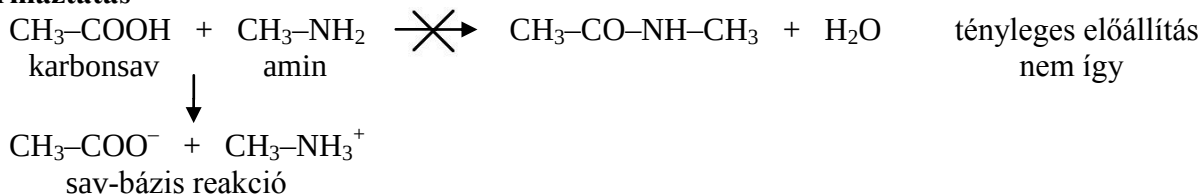
ATROPOSZ a 3 párka / végzetistennő egyike, ő vágta el az élet fonalát



- hisztamin – allergiás reakció során termelődik a vérben ($\rightarrow$ bőrpír, viszketés, gyulladás)
– Ca^{2+} -nal megköthető



1. Származtatás

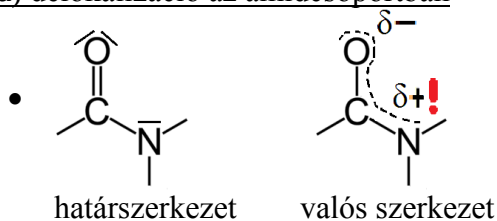


2. Elnevezés

HCONH ₂	metánamid / formamid
CH ₃ —CO—NH ₂	etánamid / acetamid
CH ₃ —CO—NH—CH ₃	N-metil-etánamid
CH ₃ —CH ₂ —CO—N(CH ₃) ₂	N,N-dimetil-propánamid
HCON(CH ₃) ₂	dimetil-formamid
NH ₂ —CO—NH ₂	karbamid

3. Fizikai tulajdonságok

a) delokalizáció az amidcsoportban

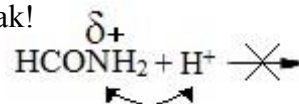


a N nemkötő e⁻-párja és a π-kötés delokalizálódik az O nagy EN-a miatt

→ 6 atom egy síkban (HCONH₂ – síkmolekula)

→ az amidok nem bázisosak!

- —CONH_2
 - —CONH—R
 - —CONR_2
- H-hídkötés is hat a diszp. és dipól-dipól kötés mellett
- csak diszperziós és dipól-dipól kötések



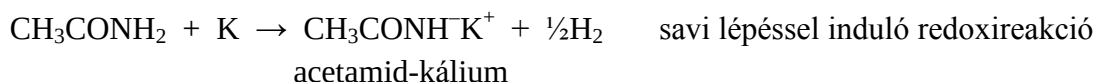
b) fiz. tul.

- gáznemű amid nincs; HCONH₂(f)
 CH₃CONH₂(sz)
 HCON(CH₃)₂(f) ← nincs H-hídkötés
 (hiába nagyobb a M-e, mint az acetamidé)
- vízdékonyság: kis C_{asz} – igen jó
 a H₂O-molekulákkal minden amid H-hidakat létesít
- szín: színtelen (f) / fehér (sz)
- szag: az illékonyak kissé bűdösek

4. Kémiai tulajdonságok

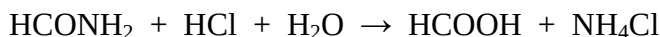
a) sav-bázis – az amidok nem lúgok

- vizes oldatuk: pH = 7
- erős redukálószerrel szemben lehetnek savak

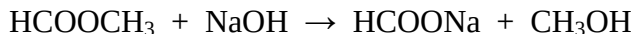


b) savas hidrolízis

↳ vízzel való reakció; az összetett funkciós csoport szétesik
jelen esetben savas közegben

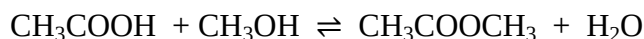


(emlékeztető: az észterek lúg hatására hidrolizálnak)

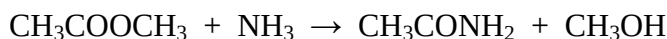


5. Amidok előállítása – közvetlenül karbonsavból nem lehet, mert azok sóit képeznek az aminosokkal

↳ savasság megszüntetése: észteresítéssel



észter + amin / $\text{NH}_3 \rightarrow$ amid + alkohol



6. Karbamid: $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$

- fehér, szagtalan, vízben jól oldódó szilárd anyag

↳ endoterm módon

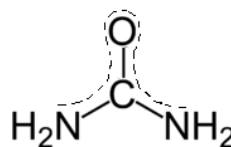
- jelentősége: – N-műtrágya

– utak jégmentesítése

– WÖHLER: vis vitalis-elmélet megdöntése ($\text{NH}_4\text{OCN} \xrightarrow{\text{T}} \text{NH}_2\text{CONH}_2$)

– emlősök N-anyagcseréjének végterméke

- *biuretpróba*: fehérjék (két szomszédos peptidcsoport) kimutatása



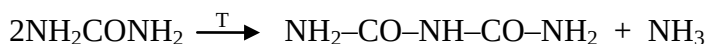
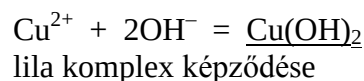
minta

+ tömény NaOH-o.

+ 1-2 csepp CuSO_4 -o. $\longrightarrow$

(-) kék csapadék

(+) lila, homogén oldat

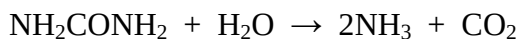


↳ megolvad

↳ hőbomlik

↓
biuret – a legegyszerűbb anyag, mely adja a biuretpróbát
– maga nem fehérje

- hidrolízise



↙ pangó vizelet szaga

↘ a középkorban az állott vizelettel ruhát mostak

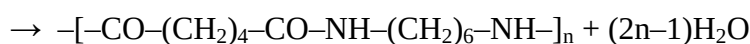
zsír + lúg $\rightarrow$ 1) lúgos hidrolízis $\rightarrow$ szappan

2) a zsír többi része micellásan oldódik

7. Jelentőség

- vegyipari alapanyagok: gyógyszergyártás, lakkipar, robbanóanyagok

- műanyagok: poliamidok – pl. nejlon-66



↳ láncpolimer $\rightarrow$ hőre lágyuló

↳ polikondenzációs

- fehérjék = polipeptidek

- LSD (lizergsavdietilamid): hallucinogén anyag, kábítószer

PSZICHOAKTÍV SZEREK

– pszichológiai szempontú csoportosítás –

alkaloidok: növényi eredetű, nitrogéntartalmú, bázisos, pszichoaktív vegyületek

(pl. kinin, koniin, nikotin, atropin, kokain)

drog: a német trocken ‘szárítani’ szóból ered (szárított növényi részek)

pszichikai függőség ≠ fiziológiai függőség: elvonási tünetek a kábítószer szedésének abbahagyásakor

↳ leküzdhetetlen vágy a kábítószer megváltoztatta tudatállapot iránt

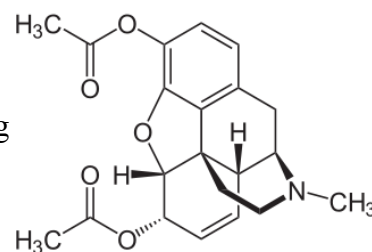
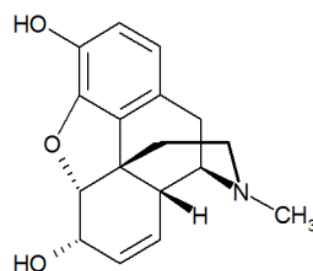
1. Depresszánsok: a központi idegrendszer működését csökkentik

- etanol
 - kezdetben viselkedésserkentő, majd gátló
 - magzati alkoholszindróma (értelmi fogyatékoság, arc és száj eltorzulása)
- GINA = γ -hidroxivajsav / γ -hydroxybutyric acid (GHB) γ α
HO-CH₂-CH₂-CH₂-COOH
partidrog / randidrog: bódult eufórikus állapot, az áldozat nem áll ellen, nem emlékszik semmire

2. Opiátok: ópiumszármazékok

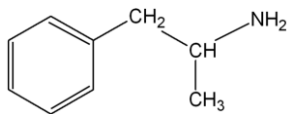
↳ az éretlen mákból nyert tejszerű nedv levegőn beszáradva

- morfium
 - mákból vonják ki
 - fájdalomcsillapító (II. világháború, katonák + végstádiumú rákosok)
 - erős pszichikai és fiziológiai függőség
 - molekulájában: 1 fenolos -OH, 1 étercsoport, 1 alkoholos -OH, 1 harmadrendű aminocsoport
- hidrokodin
 - fájdalom- és köhögéscsillapító
 - mákból vonják ki
- heroin
 - injekció / inhalálás / cigifüst → roham
 - halálos túladagolás veszélye
 - egyetlen injekció → erős pszichikai és fiziológiai függőség
 - drága → bűnözés
 - molekulájában: 2 észter-, 1 éter- és 1 terciér aminocsoport
- krokodil (dihidrodexoximorfin)
 - lerohad a hús (mintha egy krokodil enné meg)
 - nagyon erős függőség

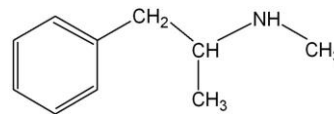


3. Stimulánsok – izgatószer: serkentik a központi idegrendszer működését pupilla kitágul, szívverés gyorsul, vérnyomás ↑

- amfetamin
 - ERDŐS PÁL matematikus

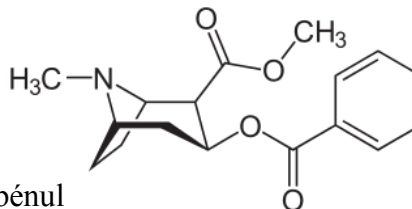


- metamfetamin
 - köznapi neve speed spuri
 - éberségfokozó (éjszakai autóvezetés)
 - vsz. 1942-től HITLER is élt vele

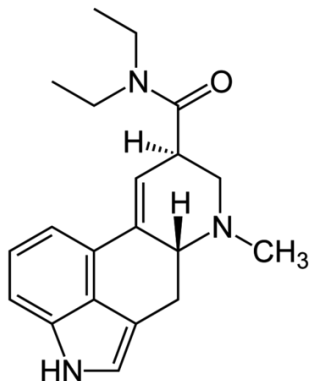


- nikotin
- koffein

- kokain
 - kokacserje leveléből nyerik
 - eredetileg a Coca-Cola is tartalmazta
 - hallucinációk, paranoid téveszmék
 - ↳ kokainbogár
 - túladagolás esetén a légzőközpont és a tüdő megbénul
 - molekulája 1 tercier amino- és 2 észtercsoportot tartalmaz



4. Hallucinogének: elsődleges hatásuk az észlelés megváltozása



- LSD (lizergsavdietilamid)
 - élénk színek és hangok, misztikus, vallási élmények
 - megszűnik a veszélyérzet
 - *flashback*: a hallucináció visszatérése bármely időpontban
 - kromoszómakárosító hatás
 - nem okoz fiziológiai függőséget, csak pszichikait
 - molekulája az amidcsoporton kívül 1 tercier és 1 szekunder aminocsoportot is tartalmaz

5. Cannabis-származékok: kenderszármazékok

hatóanyaguk a THC (tetrahidrokannabinol)

- marihuána: a kender szárított levele és virága
 - hasis: a nőivarú növény keményített gyantája
- kétszakaszos reakció (mint az etanol): serkent, majd altat

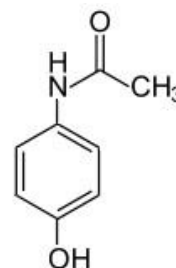
dizájner drogok: a kifejezés azon szerekre utal, amelyeket valamely, tiltólistán szereplő szer kémiai szerkezetének módosításával hoznak létre abból a célból, hogy az újonnan keletkezett anyag hatásában az eredetihez hasonló maradjon, de a módosítás következtében már ne szerepeljen az illegális szerek listáján

„kézműves drogok” – különösen veszélyesek

- ← a szer pontos hatásai és mellékhatásai ismeretlenek
- ← ráadásul nem lehet tudni, mivel szennyeződött, miközben pancsolták

Gyógyszerek

1. Paracetamol – hatóanyagának tudományos neve: para-(acetamino)-fenol
 - ↳ gene-rikus név
 - készítménynév: Neocitran, Coldrex, Rubophen
 - fájdalom- és lázcsillapító

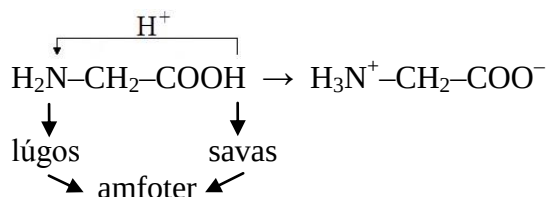


2. Acetilszalícilsav – készítménynév: Aszpirin
 - RICHTER GEDEON Ca^{2+} -sóját Kalmopyrin néven forgalmazta az 1910-es évektől
 - gyulladáscsökkentő, emellett láz- és fájdalomcsillapító hatás

3. Penicillin – bizonyos penészgombák által termelt anyag, mely elpusztítja a baktériumokat, azaz:
 - antibiotikum
 - ALEXANDER FLEMING skót orvos ismerte föl jelentőségét 1930 körül (→ Nobel-díj)

AMINOSAVAK

1. Glicin = aminosav

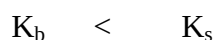
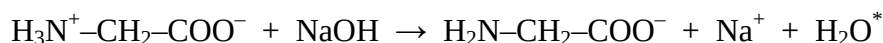
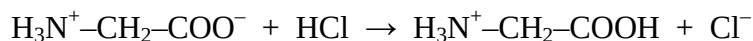


íkerionos szerkezet

ionrács → magas Op.

(232 °C fölé hevítve bomlik)

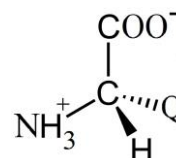
fehér, szilárd, szagtalan, vízben jól oldódik



2. 20 db természetes = fehérjeeredetű aminosav

- $$\begin{array}{c} * \\ \text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}-\text{COO}^- \\ | \\ \text{Q} \end{array}$$
 királisak (kiv. glicin) → mind L-konfigurációjúak
 a természetes aminosavak NH₂-csoportja a karboxilcsoport melletti C-atomon van
 ez az ún. α-C-atom

α-L-aminosavak



- természetesen léteznek nem α-aminosavak is, pl. a γ-aminovajsav: NH₂-CH₂-CH₂-CH₂-COOH**

- oldallánc:

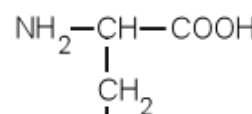
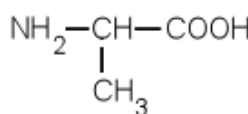
a) apoláros: glicin (Gly / G)

alanin (Ala / A)

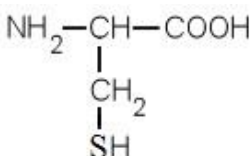
fenilalanin (Phe/F)

– aszpartámot (édesítőszer) gyártanak belőle

– *fenilketonúria*: anyagcsere-betegség, a szervezet nem tudja lebontani a fenilalanint



b) poláros, de semleges: cisztein (Cys / C)

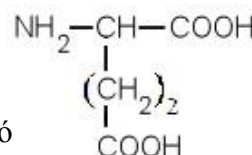


c) poláros és savas: glutaminsav (Glu / E)

– ízfokozó (E620), unami alapízt adja

„húsleves íz” – távol-keleti ételek

– Na-glutamát: sok ételben megtalálható

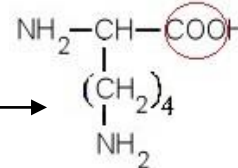
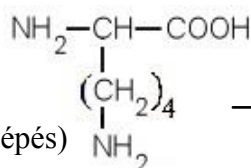


d) poláros és lúgos: lizin (Lys / K)

– a halál beállta után

ebből képződik a kadaverin

(dekarboxileződés = CO₂-kilépés)



Σ fehér, szagtalan, vízdékvány ionvegyületek

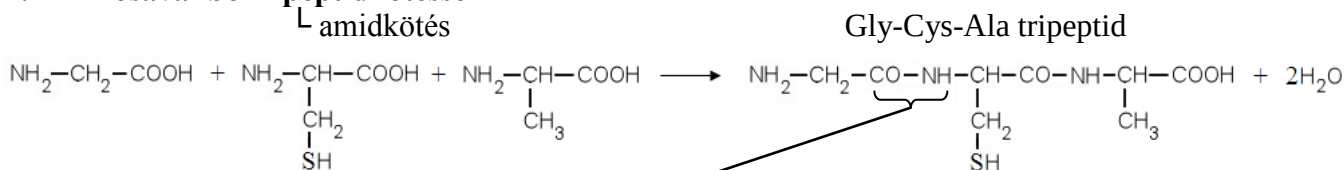
* A glicinből sósavval, illetve NaOH-dal előállított vegyületek neve: glicin-hidroklorid, illetve nátrium-amino-acetát.

** A γ-aminovajsav (GABA) az emberi szervezetben a gátló szinapszisok ingerületátvivő anyaga. Izomlazító, szorongás-oldó. A γ-hidroxivajsav (GINA) szerkezeti hasonlósága miatt képes befolyásolni az idegrendszert (depresszáns).

FEHÉRJÉK = **polipeptidek**

1. Aminosavakból – peptidkötéssel

└ amidekötés



sík szerkezet: 6 atom egy síkban (← amidecsoportban lévő delokalizáció)

elsődleges szerkezet: aminosav-szekvencia (sorrend), azaz a fehérje konstitúciója

tripeptid: 20^3 lehetőség 20-féle aminosavból

inzulin: 51 db aminosavból áll – elvileg 20^{51} lehetőség



elsődleges szerkezetét FREDERICK SANGER angol biokémikus határozta meg

→ 1958: Nobel-díj (1980-ban a nukleinsavak nukleotidsorrendjéért újabb Nobel-díj)

2. A fehérjék térszerkezete

└ adott T-en, pH-n viszonylag állandó

másodlagos szerk.: a fehérjelánc konformációjának ismétlődő szerkezeti elemei

└ oldalláncok a gerinctől kifelé állnak

- α -hélix: helikális
- β -redő: redőzött

} H-hidak rögzítik

└ csak kis oldalláncok

harmadlagos szerk.: a teljes fehérjelánc konformációja

– *fibrilláris:* fonalas

• végig α -hélix (keratin – pl. köröm, haj, toll, miozin – izom)

• végig β -redő (fibroin – selyem)

– *globuláris:* gombolyag

α -hélix / β -redő / random szerkezet vegyesen (pl. hemoglobin fehérje része)

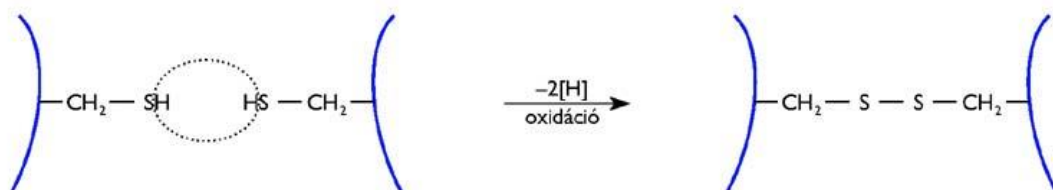
negyedleges szerk.: ha a fehérje több polipeptidláncból (alegységből) áll, akkor ezek egymáshoz viszonyított helyzete

pl. inzulin: 2 alegység, hemoglobin: 4 alegység

II., III., IV.-leges szerk. ← H-hidak, dip-dip, diszp. kötések

← ---NH_3^+ ||||| ---OOC--- ionkötés – pl. α -hélix 2 „szintjén” lévő aminosavak savas, ill. lúgos oldallánca között

← kovalens kötés: két cisztein oldallánca közötti *diszulfidhíd*
oxidáció során alakul ki; felbontása redukálószerrel történik



haj dauerolása: redukálószer → főlszakadnak a diszulfidhidak, majd a csigára felcsavart hajban enyhe ox. hatására máshol létesülnek újra

3. A fehérjék jelentősége

- transzportfehérje – pl. hemoglobin (összetett fehérje, Fe^{2+} -ion is van benne)
- izomfehérje – pl. aktin és miozin
- tápanyagfehérje – hús
- szerkezeti anyag – pl. keratin (köröm, haj, toll)
- enzimfehérje – pl. pepszin (fehérjebontó fehérje a gyomorban, sósavas közeg)
- hormonfehérje – pl. inzulin
- immunfehérje (kórokozókat pusztít)

4. A fehérjék kimutatása

a) biuretpróba

- minta + ccNaOH + 1 csepp CuSO_4 -oldat (fontos a sorrend!)
 - lila komplex, ha a minta tartalmazott fehérjét
 - kék csapadék ($\text{Cu}(\text{OH})_2$), ha nem
- 2 szomszédos peptidcsoportot mutat ki (ezek képeznek lila komplexet a réz(II)-ionnal)

b) xantoproteinpróba ('sárga fehérje')

- minta + cc HNO_3 → a fehérje kicsapódik és megsárgul
- a fehérjék aromás oldalláncát mutatja ki (a salétromsav az aromás gyűrűt nitrálja)

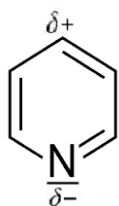
5. A fehérjék kicsapása

- *kicsapás = koaguláció*: megszűnik a fehérjék kolloid állapota (hidrátburka)
 - a fehérjék a szervezetben makromolekulás kolloid formájában vannak jelen
 - reverzibilis / visszafordítható: pl. könnyűfém-sók (NaCl), $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$ hatására
 - irreverzibilis: pl. H^+ , OH^- , nehézfém-sók, magas hőmérséklet hatására
- *denaturáció*: megszűnik a fehérje működése (mindig koagulációval jár)

NITROGÉNTARTALMÚ HETEROAROMÁS VEGYÜLETEK

($4n + 2$) db gyűrűsen delok. e^-
sík molekula

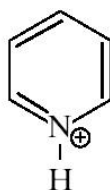
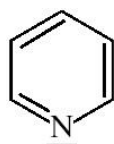
1. Piridin



- $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$
 - izoelektronos a C_6H_6 -al, de dip. → Fp. > Fp. (C_6H_6)
 - színtelen, undorító szagú, vízben korlátlanul old. folyadék (apol.-ban is old.)
 - „bűzös bázis”
- H-hídkötések (vízmolekulákkal lehetséges, saját halmazában csak diszp. és dip-dip.)

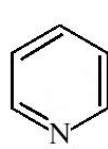
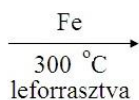
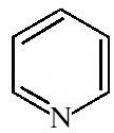
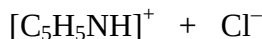
- jelentősége: etanol denaturálása, macskák kasztrálása

- reakciói:



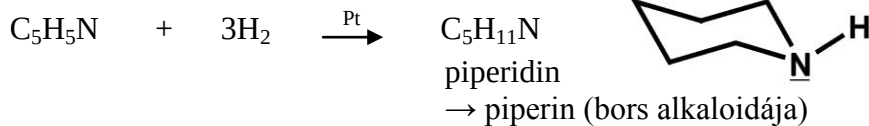
vízzel szemben gyenge bázis

piridíniumion

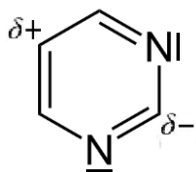


benzolnál kevésbé reaktív

3-brómpiridin



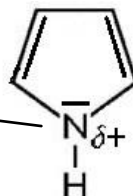
2. Pirimidin



- $\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2 \sim$ izoelektronos a piridinnel és a benzollal
szilárd (Op. = 22 °C), jellegzetes szagú, vízben jól old.,
színtelen
- a piridinnél is gyengébb bázis, gyakorlatilag nem brómozható
- pirimidinvázis nukleinsavbázisok: citozin, timin, uracil

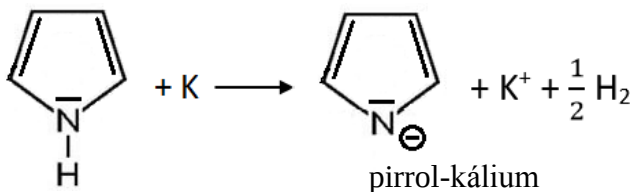
3. Pirrol

- $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$
aromás e^- -szextett: 4 π - e^- , N nemkötő e^- -párja
színtelen, kloroformszagú folyadék, vízben Ø old.,
apol. osz.

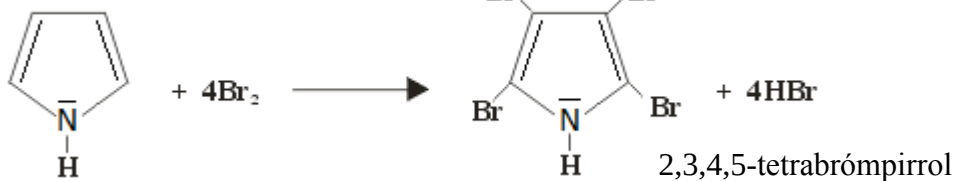


N δ^+ → nem bázisos

- igen gyenge sav – csak erős redukálószerrel szemben; savi lépéssel induló redoxireakció
~ $\text{HC}\equiv\text{CH}$
~ alkohol
~ amid



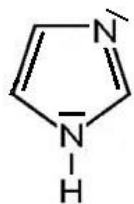
- brómszubsztitúció – igen heves, hűteni kell



benzolhoz képest fokozott reaktivitás

- 4 db pirrolmolekula → *porfirinváz* + Mg^{2+} → klorofill
+ Fe^{2+} → hem $\xrightarrow{+ \text{fehérje}}$ hemoglobin
+ Fe^{2+} → citokrómok: sejtek oxidációs folyamatai

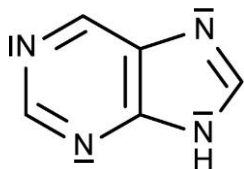
4. Imidazol



$\approx$ piridin
 $\approx$ pirrol
amfoter

- színtelen, szagtalan, kristályos
H-hídkötések → molekulái láncba fejlődnek
jól oldódik vízben – gyengén lúgos
- $\text{C}_3\text{N}_2\text{H}_4 + \text{HCl} \rightarrow [\text{C}_3\text{N}_2\text{H}_5]^+ + \text{Cl}^-$
imidazolkation
 $\text{C}_3\text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaOH} \rightarrow [\text{C}_3\text{N}_2\text{H}_3]^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
imidazolanion

5. Purin



pirimidin + imidazol

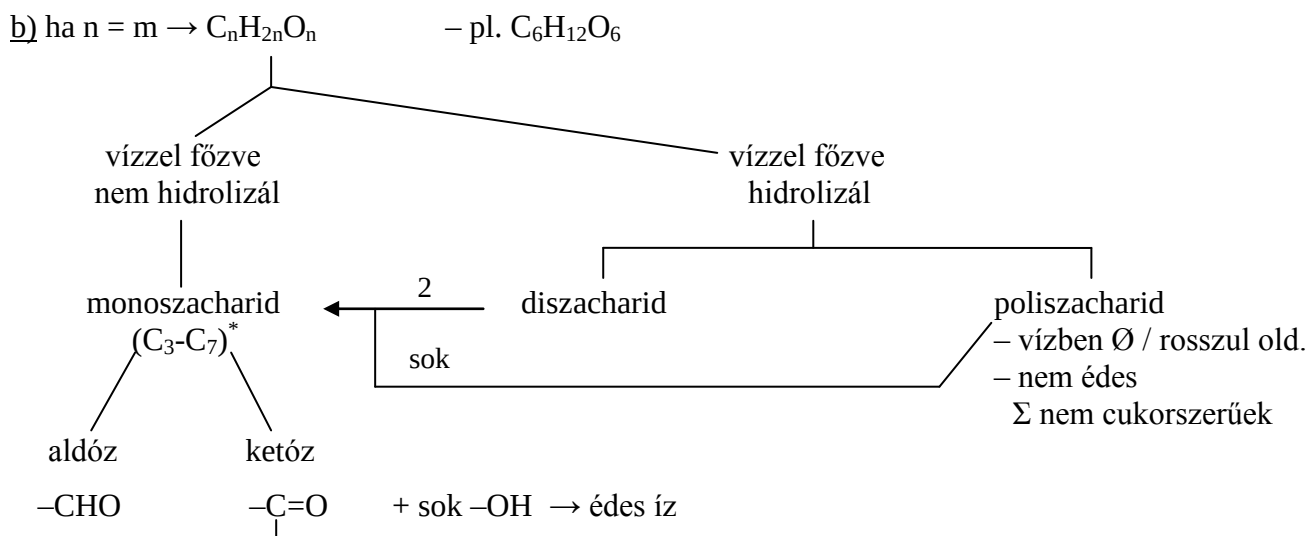
- $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4$
színtelen, szagtalan túkristályok
amfoter, vizes oldata lúgos
- nukleinsavbázisok: adenin, guanin

SZÉNHIDRÁTOK

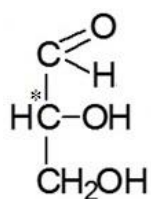
└ krumpli, búza, kukorica
pl. cellulóz, keményítő, cukrok – malátacukor → sör
– szőlőcukor → bor
táp- és vázanyagok

1. Csoportosítás

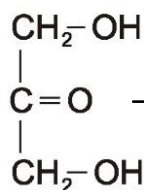
- a) képletük többnyire $C_n(H_2O)_m$ – csak formálisan, hiszen nem a szén hidrátburkáról van szó!
– pl. $C_{12}H_{22}O_{11}$
– $HCHO$ (CH_2O), CH_3COOH ($C_2H_4O_2$): nem szénhidrátok
– a $C_5H_{10}O_4$ (2-dezoxi-D-ribóz) kilóg a sorból, mégis szénhidrát



c) a legegyszerűbb szénhidrátok

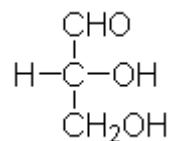
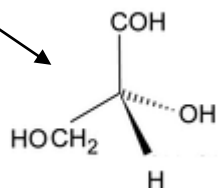


↓
glicerinaldehid
aldotrióz
szirupszerű folyadék



→ dihidroxiaceton
ketotrióz
szilárd

mindkét trióz a
szénhidrátlebontás
és –szintézis
köztiterméke
az élő szervezetben



D-konfiguráció

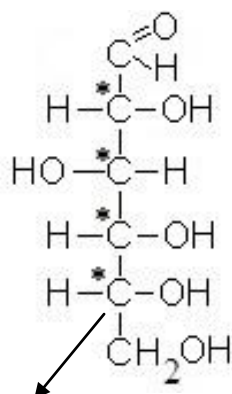
Fischer-projekció: a térszerkezeti képlet síkba vetítése

a természetes cukrok mindig D-konfigurációjúak

* A monoszacharidok szénatomszám szerinti neve: trióz, tetróz, pentóz, hexóz, heptóz.

2. Hexózok

a) D-glükóz — konst. izomerek — b) D-fruktóz



D-izomer

az (oxocsoporttól számított) utolsó királis szénatom olyan konfigurációjú, mint a D-glicerinaldehid királis szénatomja

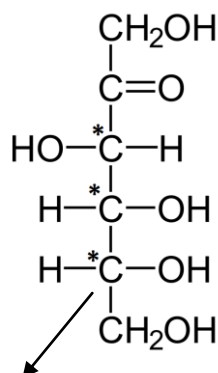
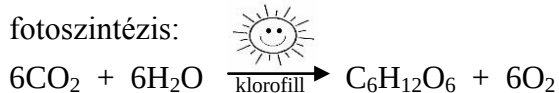
4 királis C-atom $\rightarrow \Sigma 2^4 = 16$ térizomer*

2,3,4,5,6-pentahidroxihexanal
(egy aldohexóz)
szőlőcukor

szinte minden gyümölcsben, pl. szőlőben

kötötten: keményítőben, cellulózban

fotoszintézis:



D-izomer

3 királis C-atom $\rightarrow \Sigma 2^3 = 8$ optikai izomer

1,3,4,5,6-pentahidroxihexán-2-on
(egy ketohexóz)
gyümölcscukor

egyes gyümölcsökben: pl. alma, szilva, körte

méz „ikrásodása”

kötötten: szacharóz

fogyasztása cukorbetegnek ajánlott

c) mindkettő

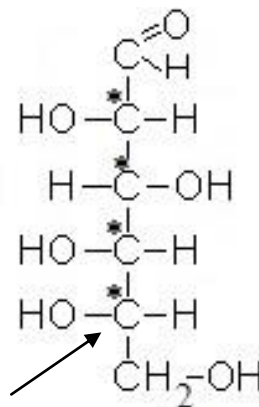


D-glükonsav

fruktóz (ketóz) is adja!

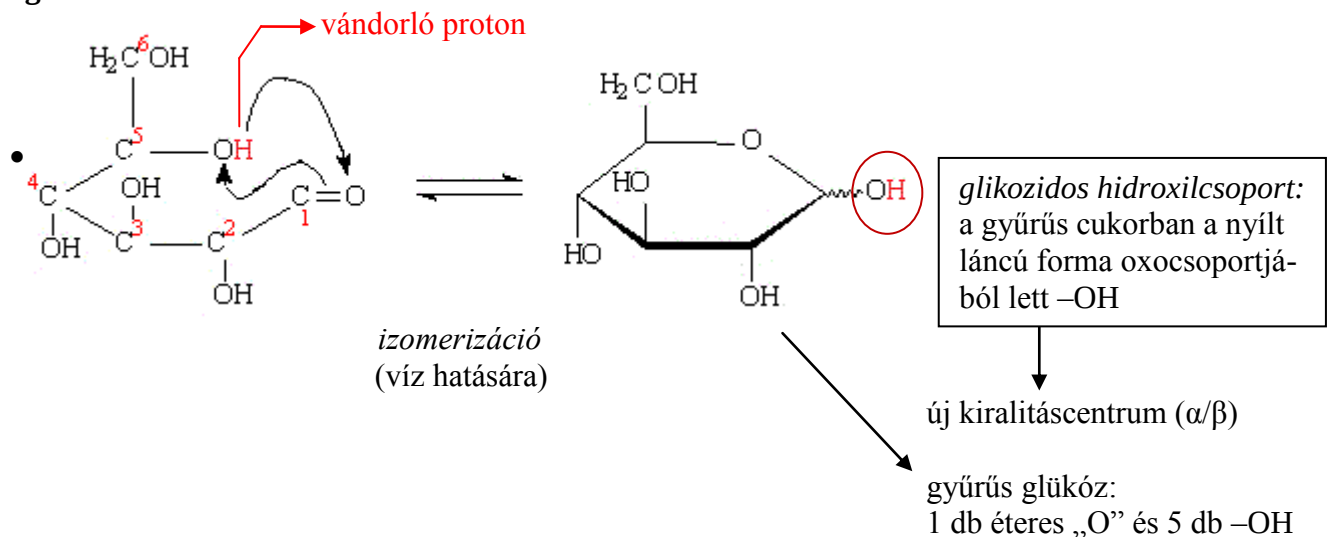
lúgos oldat $\rightarrow$ glükóz izomerizáció (lúgos közegben)

- sok hidroxilcsoport $\rightarrow$ édes íz
- fehérek
- H-hídkötések $\rightarrow$ szilárdak
 $\rightarrow$ jól oldódnak vízben
 $\rightarrow$ oldatuk cseppjei ragadósak (nagy belső kohézió)

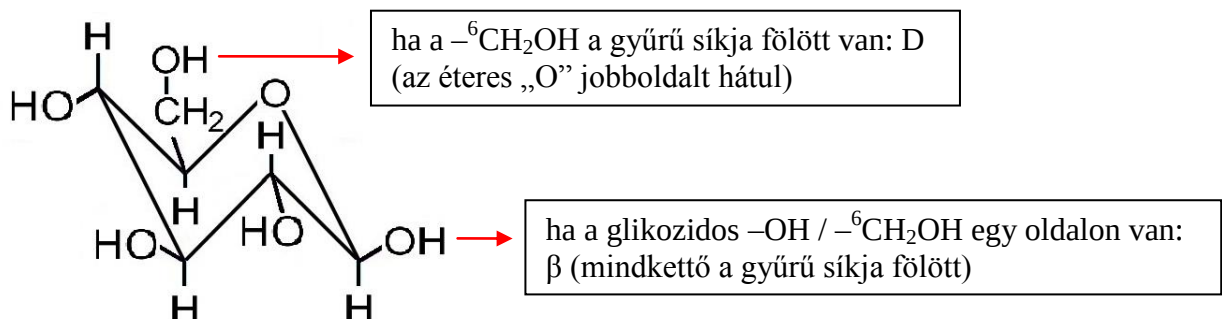


* A D-glükóz 15 optikai izomerje közül az egyik a tükörképi párja (az enantiomerje): az L-glükóz.
(Minden királis szénatomja éppen ellentétes konfigurációjú.)
Ennek fizikai tulajdonságai a D-glükózéival megegyeznek, azonkívül ugyanolyan édes.
A szerkezet nem képes beépíteni, az emberi testből vizes hasmenés formájában távozik.

3. A glükóz vizes oldata



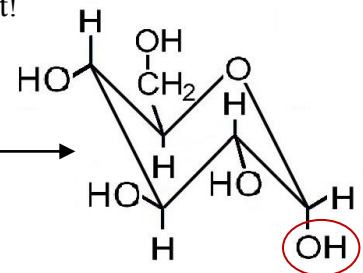
- a hatos gyűrű térszerkezete: ciklohexán szék konformációja (lásd 10. o.)



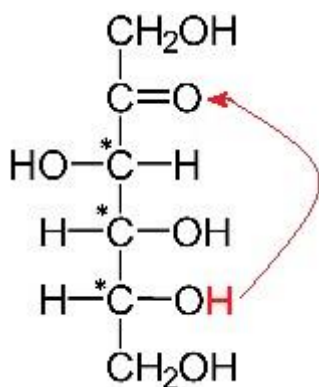
β -D-glükóz: minden nagy ligandum ekvatoriális $\rightarrow$ a legstabilabb a $2^5 = 32$ térizomerből

- vizes oldat: α -D-glükóz $\rightleftharpoons$ nyílt láncú $\rightleftharpoons$ β -D-glükóz (dinamikus egyensúly)
 $\sim 1/3$ rész ~ 0 $\sim 2/3$ rész
 $\downarrow$
ez adja az ezüstitűkőpróbát!

- szilárd glükóz: csak gyűrűs forma (1/3 α -D – 2/3 β -D)

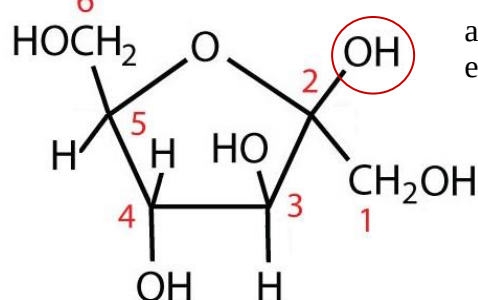


4. A fruktóz vizes oldata



β -D-fruktóz:

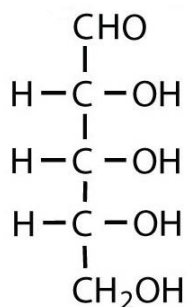
főnt $\rightarrow$ D



a $-^6\text{CH}_2\text{OH}$ -val
egy oldalon $\rightarrow \beta$

glikozidos -OH a 2-es szénatomon!

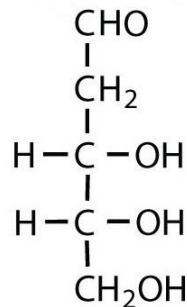
5. A D-ribóz



(RNS-ben)

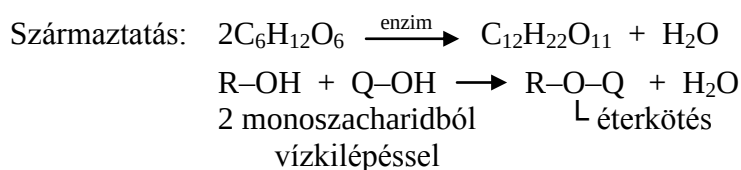
vizes oldatban gyűrűvé izomerizálódnak

6. A 2-dezoxi-D-ribóz



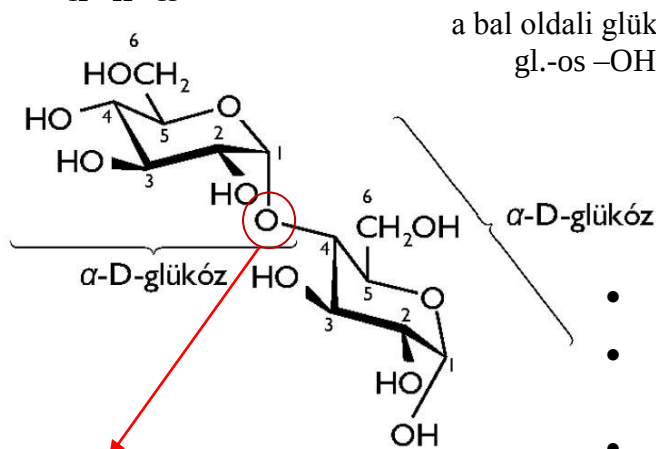
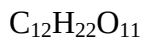
(DNS-ben)

Diszacharidok



Savas hidrolízisük 2 monoszacharidot ad

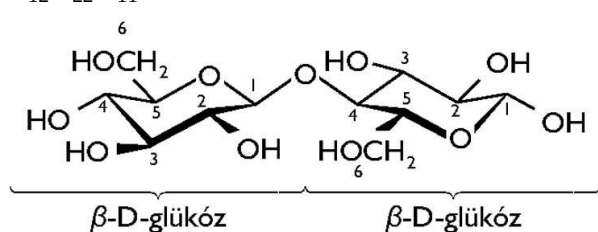
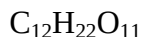
1. **Maltóz** / **malátacukor** ← 2 db **α**-D-glükózból jön létre, 1-4'-(glikozid)kötéssel



glikozidkötés: az összetett szénhidrátokat összetartó éterkötés, amennyiben legalább az egyik monoszacharid glikozidos -OH-ja alkotja

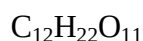
- a bal oldali glükóz gl.-os -OH-ja
- a jobb oldali glükóz 4. C-atomon lévő -OH-ja, tehát gl.-os -OH-ja szabad
 - redukáló cukor adja az ezüsttükörpróbát
- a két gyűrű síkja szöget zár be ($\sim 105^\circ$) ← α
- alig édes (gyermektápszereket, malátacukorkát készítenek belőle)
- a keményítő hidrolízisének köztterméke
- maláta: csíráztatott (részben hidrolizálódott) árpa → sör (komlót is adnak hozzá)

2. **Cellobióz** ← 2 db **β**-D-glükózból jön létre 1-4'-glikozidkötéssel



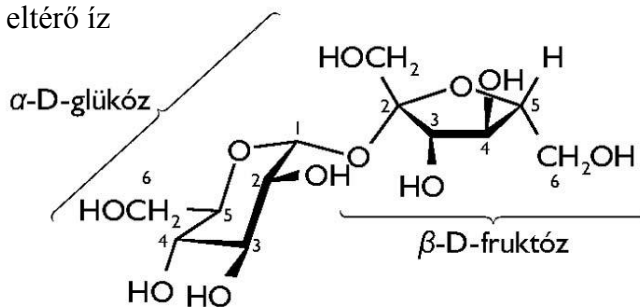
- redukáló cukor: adja az ezüsttükörpróbát
- a két gyűrű síkja durván egybeesik ← β
- a cellulóz hidrolízisének köztterméke
- optikai izomerek a maltózzal (de nem tükörképi párok)

3. Szacharóz / répa- / nád- / kocka- / por- / kristálycukor

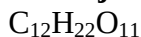


eltérő szemcseméret → eltérő íz

- 1 db α -D-glükózból és 1 db β -D-fruktózból jön létre 1–2'-glikozidkötéssel
- mind a két –OH glikozidos, ezért egyik gyűrű sem tud felnyílni, nem redukáló cukor (Ø ezüstsűrűkörpróba) (csak savas hidrolízis után ↓)
- 160 °C-on karamellizálódik (hőbomlás → C és víz) – dobostorta teteje
- $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{HCl} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ savas hidrolízis
- *barna cukor / nádcukor*: színét a melasz (cukorrépa / ~nád feldolgozásának köztiterméke) adja
boltban kapható: mesterségesen visszabarnított kristálycukor ☹



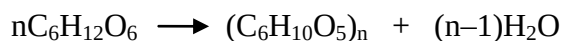
4. Laktóz / tejcukor ← 1 db β -D-galaktóz és 1 db D-glükóz



- redukáló
- *laktózintolerancia*: laktózérzékenység, az illető szervezet nem tudja lebontani a laktózt
laktózmentes tej: a tejhez laktáz enzimet adagolnak, mely a laktózt monoszacharidokká bontja
↳ emiatt édesebb

Poliszacharidok (nem cukorszerű szénhidrátok)

1. Cellulóz – több ezer β -D-glükózból áll



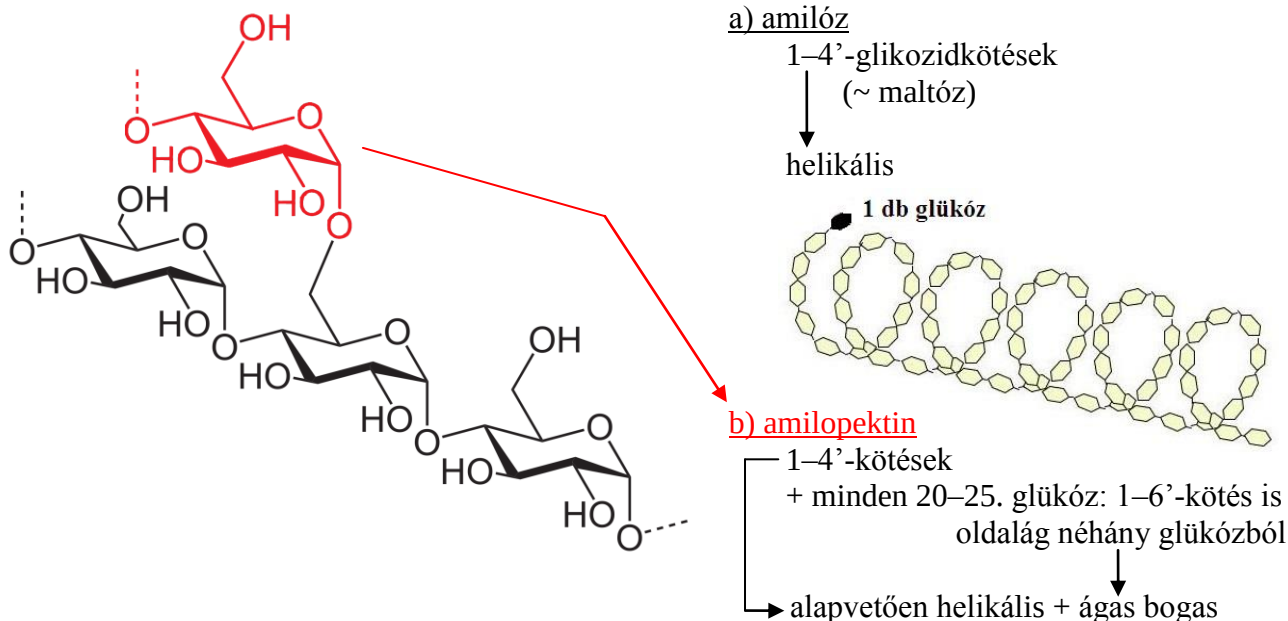
β -D-gl.

↳ néhány ezer

pontosabban: $H-(C_6H_{10}O_5)_n-OH$ – nemigen használják így

- 1–4'-kötések ($\approx$ cellobióz) → fonalszerű
↳ H-hidak a szomszédos glükózok és szomszédos láncok között
- fehér, íztelen, vízben nem oldódó, szilárd
- nem redukál (a lánc végén lévő egyetlen fölnyílni képes glükóz hatása elhanyagolható)
- $\xrightarrow{\text{savas hidrolízis}}$ cellobióz → β -D-glükóz
- növényi vázanyag – sejtfa
- az ember nem tudja lebontani, a kérődzők is csak cellulózbontó baktériumok „segítségével”
- felh. → papír, textilipar
→ természetes alapú műanyagok
 - a) cellulóz-nitrát (–OH helyett –O–NO₂) – lögyapot, füst nélküli lőpor, régi mozifilm szalagja, pingponglabda
 - b) cellulóz-acetát – műselyem
 - c) viszkóz (regenerált cellulóz) – műselyem, celofán, cellulux

2. Keményítő – $(C_6H_{10}O_5)_n$ $\hookrightarrow$ több száz α -D-glükóz



a+b) közös jellemzői

- fehér, szilárd, íztelen
- vízdékonyság
 - hideg vízben: egyáltalán nem oldódik $\rightarrow$ csiriz
 - forró víz: valamelyest oldódik $\rightarrow$ kolloid $\rightarrow$ I_2 kimutatása: sötétkék komplex
- az I_2 -molekula befér a keményítő hélixébe
a sok –OH nagy elektronegativitású „O”-je polarizálja a I_2 -molekula e^- -szerkezetét
 $\downarrow$
könnyebb gerjeszthetőség
 $\downarrow$
mélyebb szín
- nem redukál
- jelentősége
 - jód kimutatása
 - növények tartalék tápanyaga: krumpli – 20 m/m%
gabonamagvak – 50–70 m/m%
 - gyógyszer térfogatnövelése
 - inggallér, vászón keményítése

3. Glikogén

- amilopektinhez hasonlít, még több elágazás (minden 10. glükóztól indul az oldalág)
- glükóz raktározása* az emberi szervezetben: máj – 5 m/m%
izom – 1 m/m%

4. Kitin

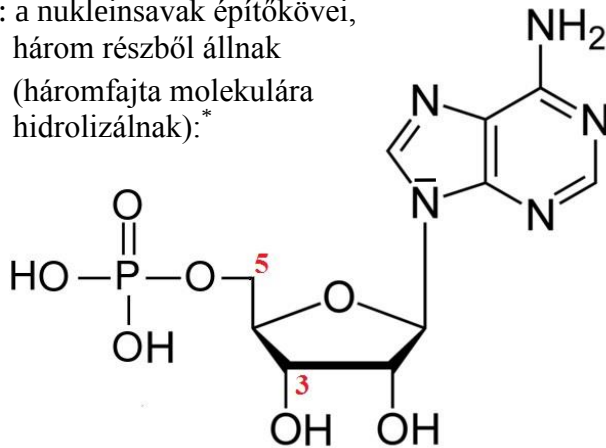
- cellulózhoz hasonlít; nitrogéntartalmú (a glükózok 2. C-atomján –OH helyett –NH–CO–CH₃)
- rákpáncél, rovar

* A sejtek glükózt használnak főleg, a szervezet mégis glikogént raktároz. (Ráadásul a glikogén endoterm reakcióban bontható glükózzá.) Ez az ozmózisnyomás miatt van így. A tömény glükózoldatba környezetéből víz áramlanék be, ami szétvetné a sejtet. A glikogén ozmotikusan inaktív (mivel nem oldódik vízben).

NUKLEINSAVAK

1. Nukleotidok: a nukleinsavak építőkövei,
három részből állnak
(háromfajta molekulára
hidrolizálnak):*

a)



= adenosin-monofoszfát
AMP

1) foszforsav
(H_3PO_4)

2) pentóz
– D-ribóz
– 2-dezoxi-D-ribóz

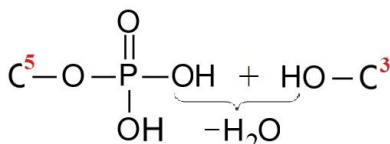
3) N-tartalmú heteroaromás bázis
– pirimidinvázis: citozin, uracil, timin
– purinvázis: adenin, guanin**

b) szerepük

- AMP, ADP, ATP: E-felszabadítás a szervezetben
- ciklo-AMP: sejtek kommunikációs folyamatai
- koenzimekben (= az enzimekhez csatlakozó, könnyen eltávolítható részek, melyek az enzimek munkáját segítik)
 - NAD^+ , NADP^+ (nikotinamid-adenin-dinukleotid-/foszfát/):
a lebontó és felépítő folyamatok e^- -szállítói
 - KoA (koenzim-A): acetylcsoport ($\text{CH}_3\text{CO}-$) szállítása

2. Nukleinsavak

= polinukleotidlánc $\approx$ poliészterlánc

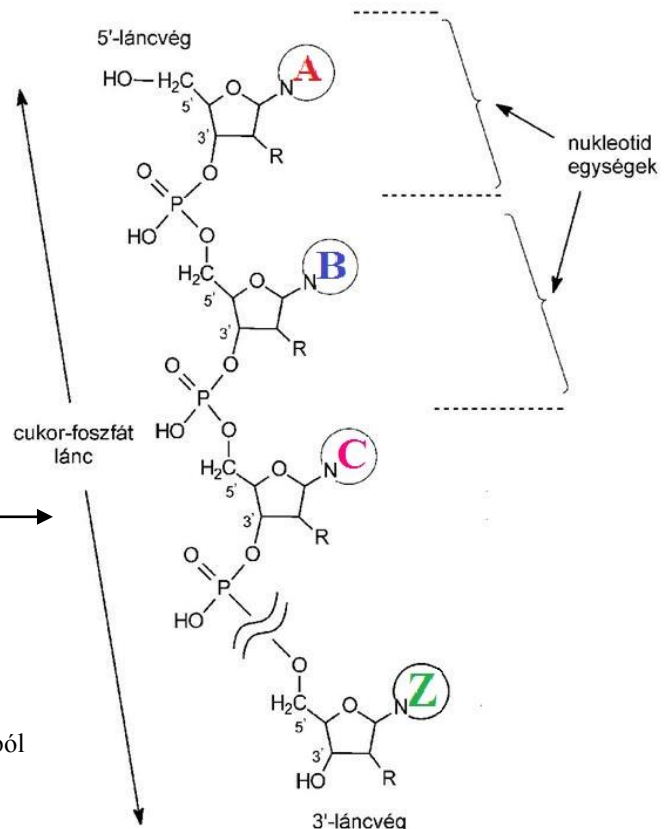


foszfátészter

a bázisok specifikusak (szekvencia)

= egyedi részek

ismétlődő részek: pentóz, foszforsav***



* A foszforsav nélküli, pentózból és a heteroaromás bázisból létrejött molekulát *nukleozid*nak nevezzük.

** A pirimidinvázis nukleinsavbázisok nevének kezdőbetűjében (C, U, T) középtűt nincs vízszintes vonal, a purinvázisokéban (A, G) van.

*** Hasonlóan a fehérjéket felépítő aminosavakhoz, amelyek szintén ismétlődő és egyedi részekből állnak.

a) RNS – sejtplazma

Miből áll?

- D-ribóz
A, U, C, G

alak

- egyszálú,
hurkok

b) DNS – sejtmag

Miből áll?

- 2-dezoxi-D-ribóz
A, T, C, G

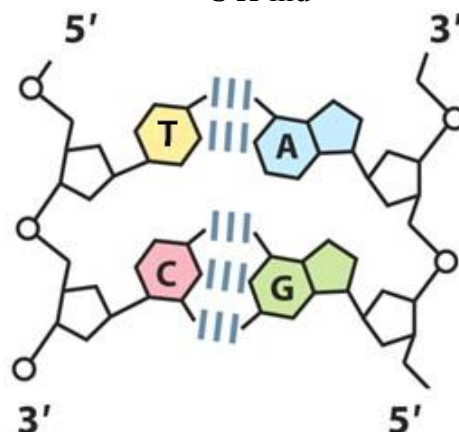
alak

- kettős hélix – 1953: WATSON és CRICK
am. angol
(1962: Nobel-díj)

bázispárok*:

N(A) = N(T) egymással szemben
2 H-híd

N(C) = N(G) egymással szemben
3 H-híd



komplementer: a két szál kiegészíti egymást
antiparalel: ellentétes lefutásúak

- H-hidak – két lánc között**
– emeletek között

méret

- több millió nukleotid – nagyobb***

szerepe

- örökítőanyag
1 aminosav – 3 bázis kódolja
 $4^2 < 20 < 4^3$
↓
ennyiféle nukleotid kell
ennyiféle aminosav van
- a fehérjeszintézis irányítása az RNS-en
mint végrehajtón keresztül

méret

- 100–3000 nukleotid – kisebb
(a DNS egy részéről)

szerepe

- fehérjeszintézis
– m-RNS (*messenger / hírvivő*)
fehérje aminosavsorrendjére
vonatkozó információ szállítja
– t-RNS (*transzfer / szállító*)
az aminosavat a riboszómába szállítja
– r-RNS (*riboszomális*)
az aminosavakból fehérjét készít
- néhány vírus örökítőanyaga
(pl. HIV-vírus, koronavírus****)

* A szögletes, illetve a gömbölyded betűkkel jelölt nukleinsavbázisok helyezkednek el egymással szemben.

** A fehérjemolekulákban a reakcióképes oldalláncok kifelé helyezkednek el (környezettel való kapcsolat), a DNS cukor-foszfát-váza viszont körbezárja, óvja a bázispárokat a külső hatásoktól (így biztosítja az átörökítés állandóságát).

*** A baktérium DNS-e kb. $3 \cdot 10^6$ nukleoidból áll, 10^9 g/mol körüli, kinyújtva 1 mm. Az ember egy *kromoszómája* (= fehérjébe csomagolt DNS) kb. 10^{12} g/mol, kinyújtva 1–2 m.

**** A SARS-CoV-2 elleni mRNS-vakcinák nem génbázisúak, hanem messenger-RNS-ként oly információt juttatnak a szervezetbe, amely hatására létrejönnek a koronavírus tüskefehérjéi (a vírus nélkül), így a szervezet megtanul védekezni ellenük.

MŰANYAGOK

= művi úton létrehozott makromolekulás anyagok

0. Csoportosítás

- természetes / mesterséges alapú
- hővel szembeni viselkedés – termoplasztikus: hőre lágyul, de nem bomlik
– termoreaktív (duroplaszt): előbb keményedik, majd bomlik
- fiz. tul. – folyékony
– elasztikus
– kemény

↑ láncmolekulás

↓ térhálós

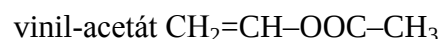
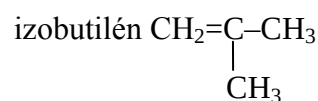
1. Természetes alapú – a természetben megtalálható makromolekulák átalakításával

- a) viszkóz (regenerált cellulóz) → műselyem
- b) cellulózészterek: cellulóz-nitrát → lakk, füstnélküli lőpor, film; cellulóz-acetát → műselyem
- c) kaucsuk (termoplasztikus) $\xrightarrow[S]{T}$ gumi (térhálósítva)
- d) fehérjeszármazékok: pl. műszaru
- e) bitumen
- f) linóleum ← term. gyantából és olajokból

2. Polimerizációs műanyagok*

- a) PE → fólia, csomagolóanyag
- b) PP → ellenállóbb zsák, lemez, cső, ponyva
- c) PIB = poliizobutilén → rágógumi
- d) PVC → cső, elektromos kábel szigetelése
- e) PS → műanyaghab (hungarocell), vonalzó, írásvetítő fólia
- f) teflon → edény bevonása
- g) plexi = poli(metil-metakrilát) → lencse, repülőgép ablaka
- h) poli(akril-nitril) → műszálak
- i) PVAc = poli(vinil-acetát) → lakkok, ragasztók
↓ hidrolízise
- j) PVA = poli(vinil-alkohol) → csomagolóanyag (eü. intézmények, horgászat)
vízben oldódik – biológiailag lebomló

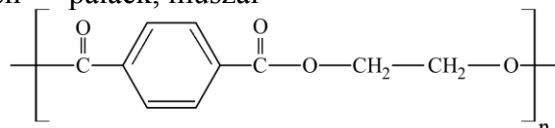
kopolimer: nem egy, hanem több monomerből keletkezik



3. Polikondenzációs műanyagok ← kétféle, két funkciós csoportot tartalmazó monomerből a monomerek vízkilépéssel kapcsolódnak össze

- a) poliészterek – PET = poli(etilén-tereftalát) = terilén → palack, műszál

monomerek: (etilén)glikol
tereftálsav



– PLA = politejsav: eldobható, egyszer használatos tárgyak (biol. úton lebomlik)

- b) poliéterek → epoxigyanták
- c) poliamidok – pl. nejlon-66 (lásd 44. o.)
- d) fenoplasztok (éa.: fenol + formaldehid, térhálós) – pl. bakelit** → régi telefonkészülék
- e) aminoplasztok (éa.: karbamid + HCHO) → konnektor, kapcsoló
- f) szilikonok → szilikonolaj: plasztikai sebészet

* Eá. módjai: (1) Gyökös, pl. LDPE. (2) Kationos (iniciálás: H^+), pl. poliizobutilén. (3) Anionos, pl. poli(akril-nitril).

** A bakelitet 1910 körül BAEKELAND flamand származású amerikai vegyész találta fel és nevezte el önmagáról. A „bakelit”-nek nevezett régi hanglemezek anyaga valójában PVC-PVAc kopolimer, nevét onnan kapta, hogy fekete, miként a bakelit.

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezetés	1
Szerves anyagok elemi összetétele	2
<i>Szénhidrogének</i>	
A metán	3
Alkánok	5
Kőolaj, földgáz	7
Cikloalkánok	9
Konformáció	10
Alkének	11
Alkadiének	15
Poliének	16
Alkinok	17
Aromás szénhidrogének	18
Halogénezett szénhidrogének	20
Izoméria	22
Optikai izoméria	22
<i>Oxigéntartalmú szerves vegyületek</i>	
Oxigéntartalmú funkciós csoportok	23
Alkoholok	23
A fenol	28
Éterek	29
Aldehidek	30
Ketonok	32
Karbonsavak	33
Szappanok	37
Észterek	38
Lipidek	40
<i>Nitrogéntartalmú szerves vegyületek és biokémia</i>	
Aminok	41
Amidok	43
Pszichoaktív szerek	45
Gyógyszerek	46
Aminosavak	47
Fehérjék	48
Nitrogéntartalmú heteroaromás vegyületek	49
Szénhidrátok	51
Diszacharidok	54
Poliszacharidok	55
Nukleinsavak	57
Műanyagok	59



Senki sem ért meg engem.

Lehet, hogy szerves kémia vagyok.