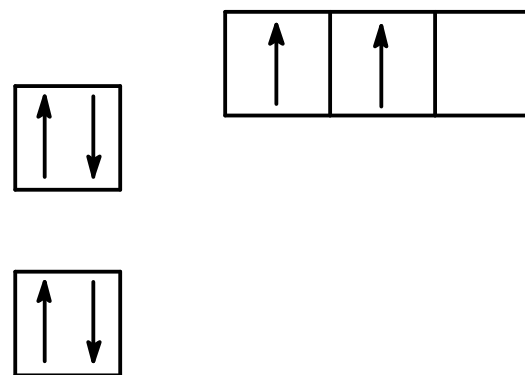


# Szerves kémiai alapismeretek

- A szénatom hibridállapotai, kötéstípusok
- Telített szénhidrogének
- Telítetlen és aromás szénhidrogének
- Kőolaj, földgáz és feldolgozásuk

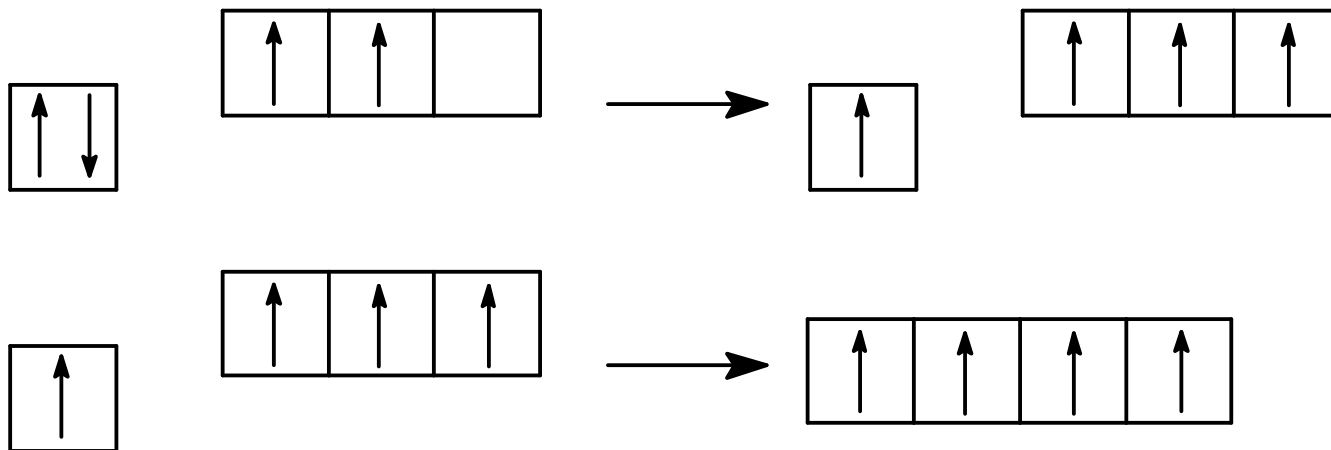
# A szénatom és tulajdonságai

- A szén elemi állapotban is előfordul a természetben (grafit és gyémánt: atomrácsos szerkezet).
- A szénatomok egymással vegyületekben is (szinte) korlátlan számban összekapcsolódhatnak.
- A szén helye a periódusos rendszerben: 2. periódus, IV. oszlop.
- Elektronegativitás: 2,5
- Elektronszerkezet:  $1s^2 2s^2 2p^2$



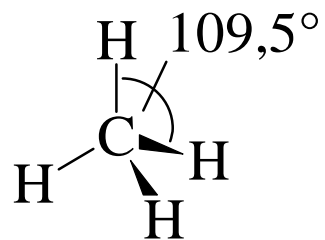
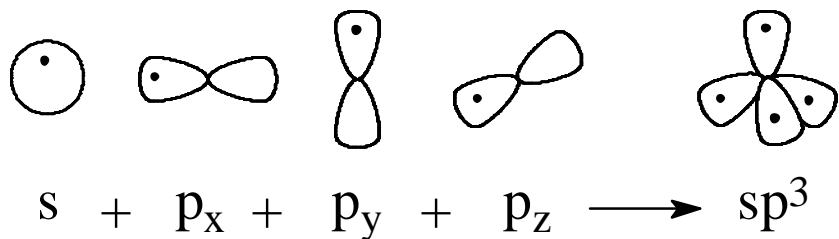
- Az alapállapotú szénatomban két párosítatlan elektron van, ennek ellenére nem kettő, hanem általában négy kovalens kötést létesít. Magyarázat: **hibridizáció**.

# Hibridizáció

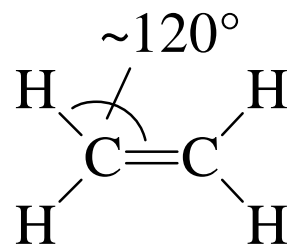
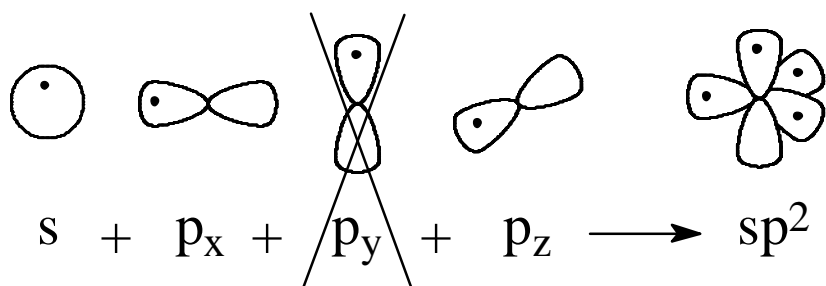
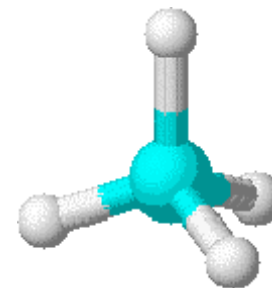


- 1 db s-pálya és 3 db p-pálya kombinációjával 4 db - azonos energiaszintű - hibridpályához jutunk: **sp<sup>3</sup> hibridállapot.**

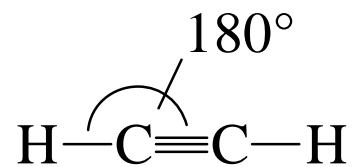
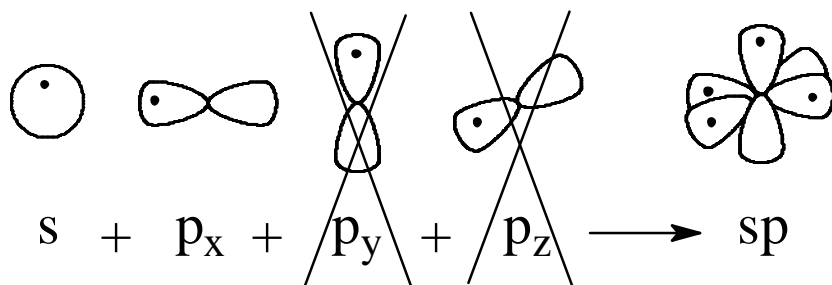
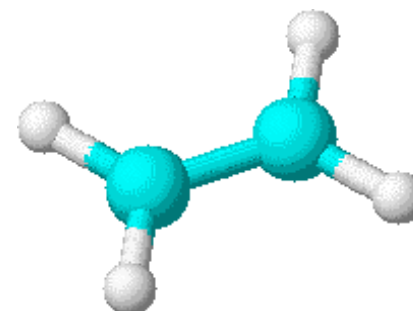
# Hibridállapotok



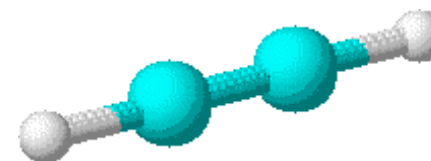
metán  
tetraéder alak



etilén  
sík molekula



acetilén  
lineáris molekula



## A vegyületcsoportok tárgyalása:

- Szerkezet, elnevezés
- Fizikai tulajdonságok
- Kémiai tulajdonságok
- Előfordulás, gyakorlati jelentőség, néhány példa, érdekességek

## Mit kell tudni a vizsgán?

- Az előadáson szereplő **vegyületek** szerkezeti képlete és neve, jelentősége
- Jellemző reakciótípusok egy-egy példával

# Szénhidrogének

**Csak szénatomokból és hidrogénatomokból állnak.**

- Telített szénhidrogének (csak egyszeres kötést tartalmaznak):  
**Alkánok** (nyílt láncú) és **cikloalkánok** (gyűrűs)
- Telítetlen szénhidrogének:  
**Alkének** (egy C=C kétszeres kötést tartalmaznak)  
**Diének** (két C=C kétszeres kötést tartalmaznak)...  
**Alkinok** (egy C≡C háromszoros kötést tartalmaznak)
- **Aromás szénhidrogének** (aromás szerkezet:  $4n+2$   $\pi$ -elektron delokalizált kötések alkot, egy síkban elhelyezkedő szénatomok gyűrűbe záródnak)

# Alkánok (Parafinok)

## Szerkezet

- Összegképlet  $C_nH_{2n+2}$
- Homológ sor:

<b>metán</b>	$CH_4$		hexán	$C_6H_{14}$	$CH_3(CH_2)_4CH_3$
<b>etán</b>	$C_2H_6$	$CH_3CH_3$	heptán	$C_7H_{16}$	$CH_3(CH_2)_5CH_3$
<b>propán</b>	$C_3H_8$	$CH_3CH_2CH_3$	oktán	$C_8H_{18}$	$CH_3(CH_2)_6CH_3$
<b>bután</b>	$C_4H_{10}$	$CH_3(CH_2)_2CH_3$	nonán	$C_9H_{20}$	$CH_3(CH_2)_7CH_3$
<b>pentán</b>	$C_5H_{12}$	$CH_3(CH_2)_3CH_3$	dekán	$C_{10}H_{22}$	$CH_3(CH_2)_8CH_3$
			undekán	$C_{11}H_{24}$	$CH_3(CH_2)_9CH_3$
			...		

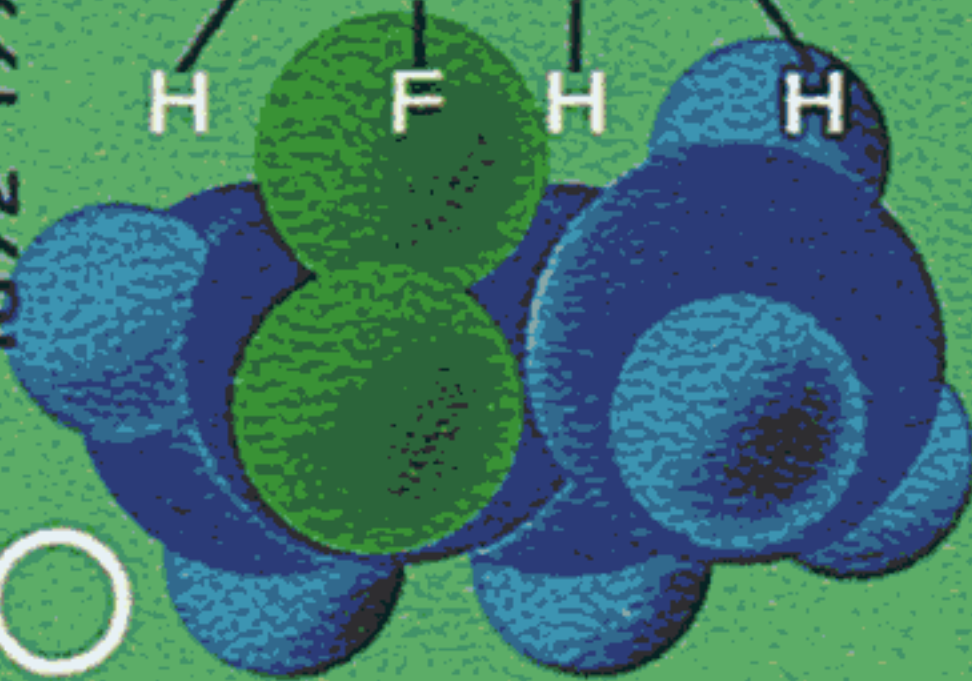
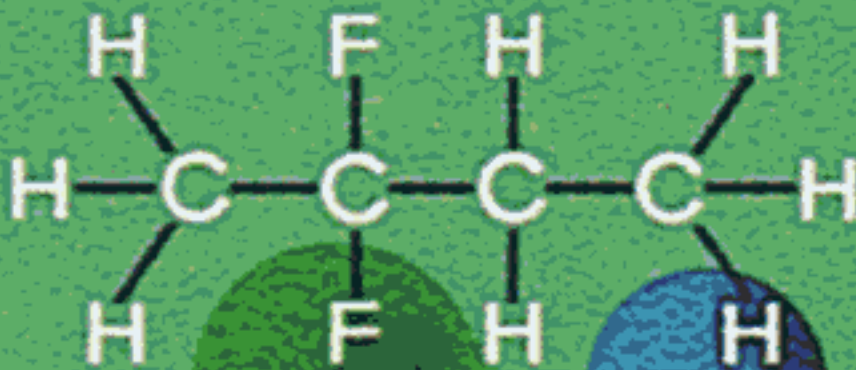
- Elnevezés: -án végződés

A butánig a triviális neveket használjuk, a pentántól kezdve a nevet a szénatomszám görög megfelelőjéből képezzük. Az alkánok elnevezése a szisztematikus (IUPAC szerinti) nevezéktan alapja.



NOMENCLATURE  
CHIMIQUE  
1892-1992

90



HELVETIA

BURKARD WALTENSPÖL

1992

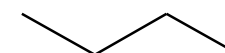
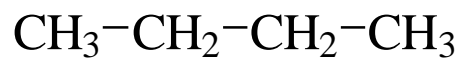
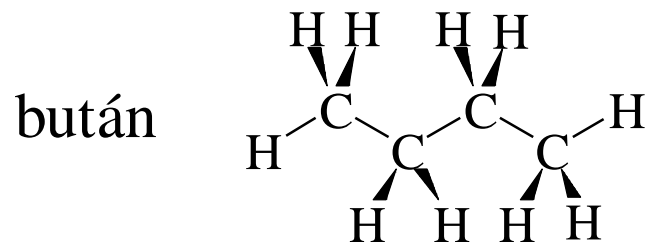
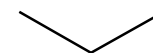
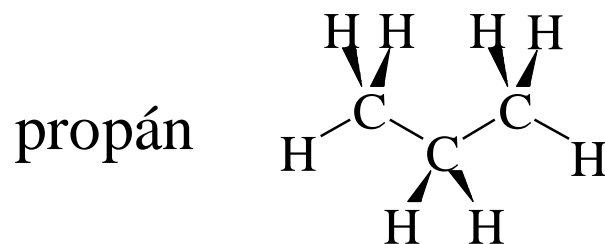
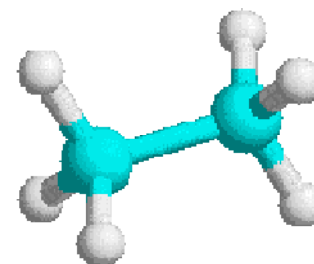
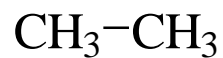
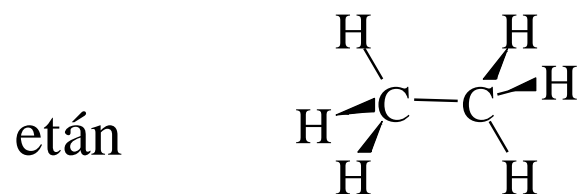
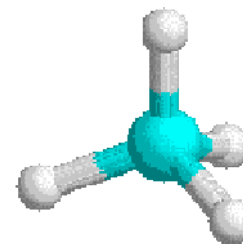
COURVOISIER



# Alkánok

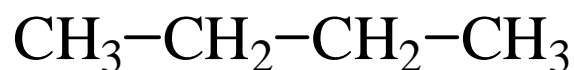
## Szerkezet

- Térszerkezet, szerkezeti képletek

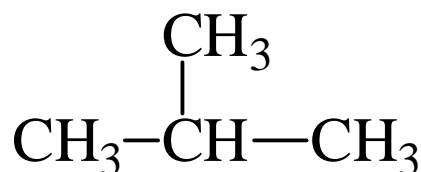
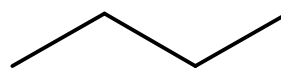


## Izoméria: azonos összegképlet, eltérő szerkezet

- Konstitúció: az atomok kapcsolódási sorrendje.
- Konstitúciós izoméria: az atomok kapcsolódása eltérő.  
Négy szénatomból álló váznál már fellép az izoméria:

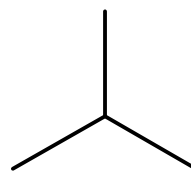


*n*-bután



*i*-bután

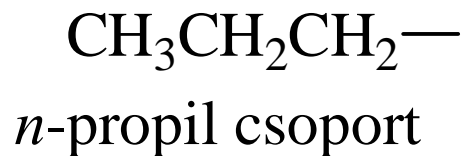
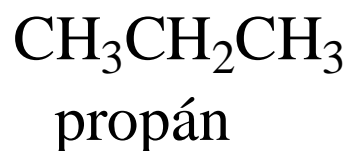
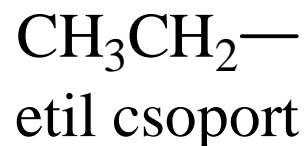
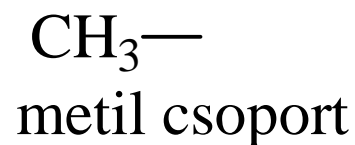
2-metil-propán



- Az izomerek fizikai és kémiai tulajdonságai kisebb-nagyobb mértékben eltérnek egymástól.

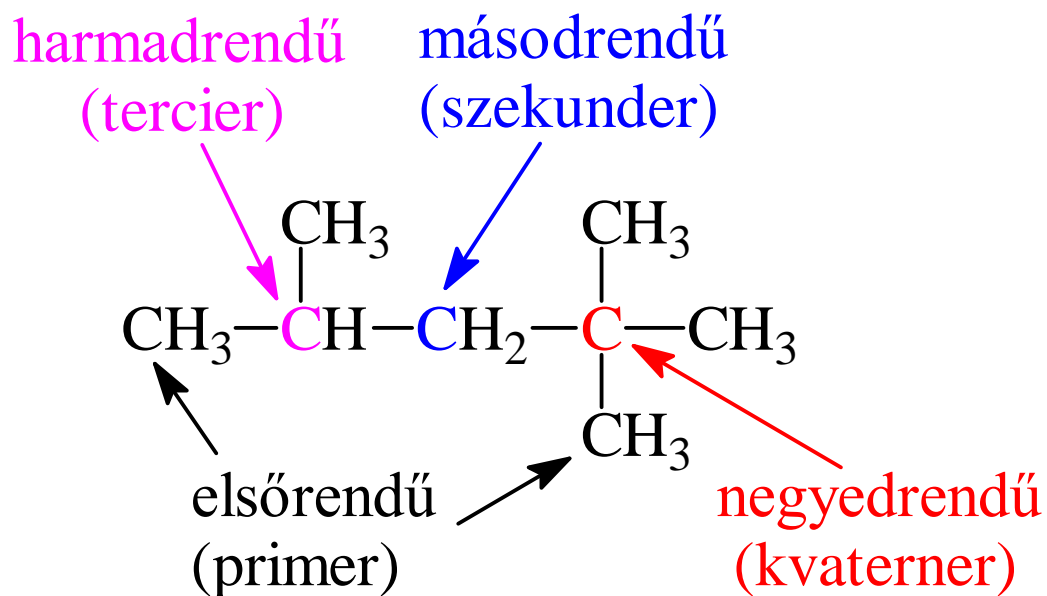
## Elnevezés

- Alkánból egy hidrogénatom (képzeletbeli) eltávolításával alkilcsoportot (alkilgyököt) kapunk:



## A szénatom **rendűsége:**

az adott szénatomhoz kapcsolódó szénatomok száma.



# Alkánok

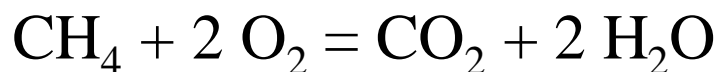
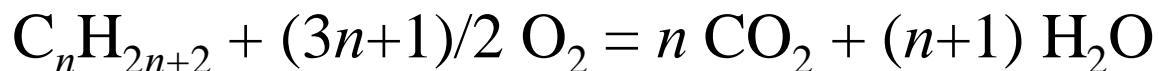
## Fizikai tulajdonságok

- Olvadáspont, forráspont a szénatomszám növekedésével emelkedik. Szobahőmérsékleten  $C_1$ - $C_4$  (színtelen, szagtalan) gáz,  $C_5$ - $C_{19}$  (színtelen, jellegzetes szagú) folyadék,  $>C_{20}$  szilárd halmazállapotúak.
- Apoláros molekulák ( $\Delta EN = EN(C) - EN(H) = 2,5 - 2,1 = 0,4$ ; a C-H kötés enyhén poláros, de a molekulák szimmetriája miatt a töltéseloszlás egyenletes).
- Apoláros oldószerekben oldódnak, egymással elegyednek.
- Vízben nem oldódnak, kisebb sűrűségük miatt a víz felszínén helyezkednek el.

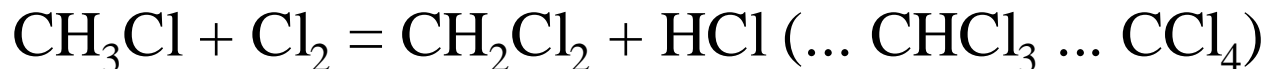
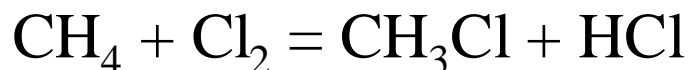
# Alkánok

## Kémiai tulajdonságok

- Szobahőmérsékleten kevéssé reakcióképesek (*parum affinis*), innen kapták régi nevüket: parafinok.
- Oxigén jelenlétében elégethetők:



- Halogénekkal ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ ) **gyökös** mechanizmusú **szubsztitúciós** (helyettesítési) reakcióba lépnek (lásd láncreakciók!):

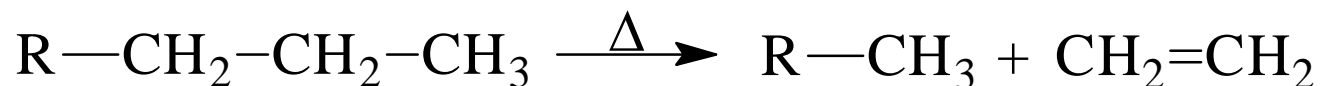


A reakció fény hatására már szobahőmérsékleten is lejátszódhat.

# Alkánok

## Kémiai tulajdonságok

- **Hőbontás v. krakkolás** (*crack* - tör): magas hőmérsékleten (500°C felett) a C–C kötések felszakadnak, és kisebb részletek szakadnak ki:



Krakkolással gyűrűs vegyületek (cikloalkánok és aromás vegyületek ) is előállíthatók a reakciókörülmények (hőmérséklet, nyomás, katalizátor) megfelelő beállításával.

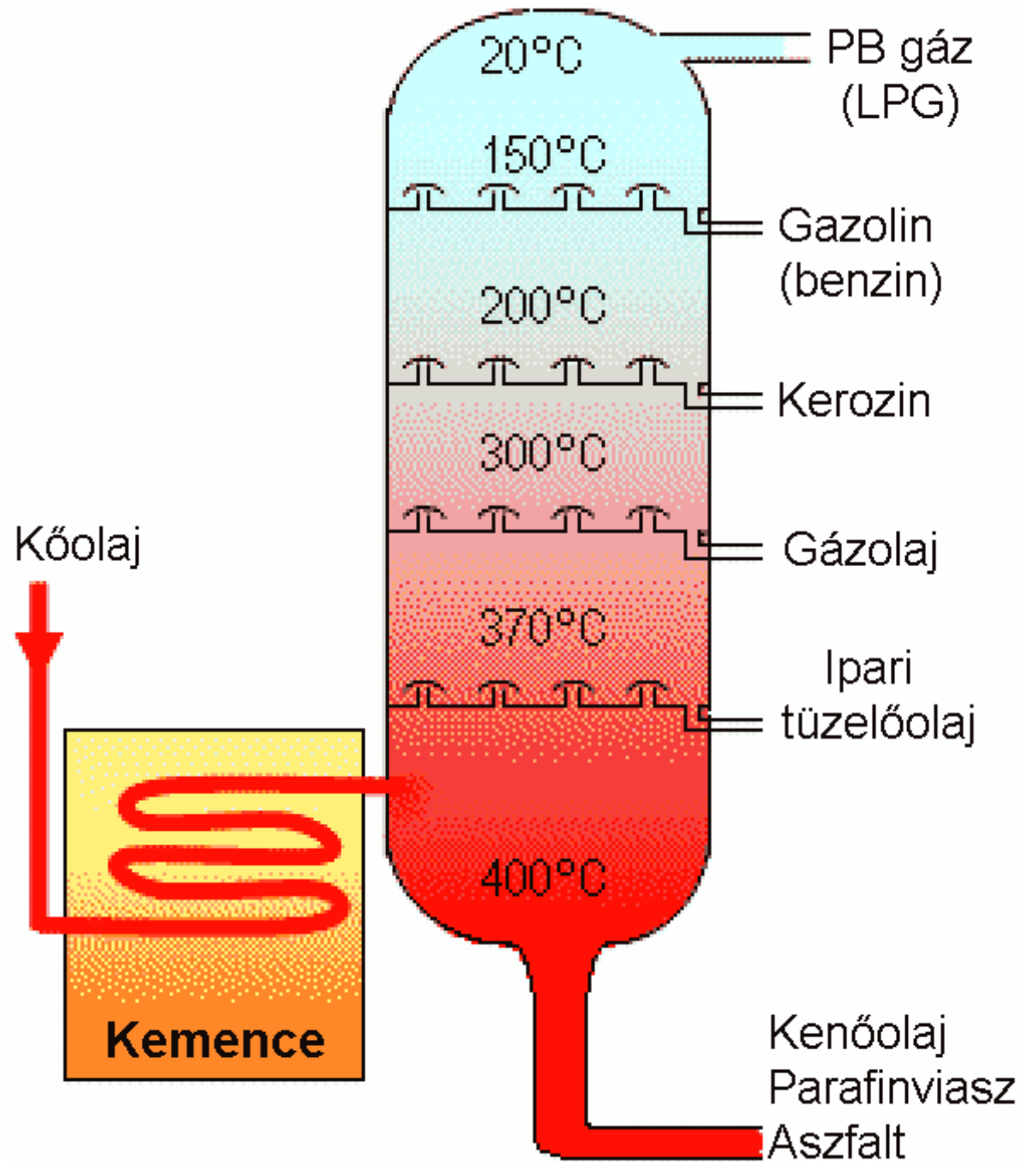
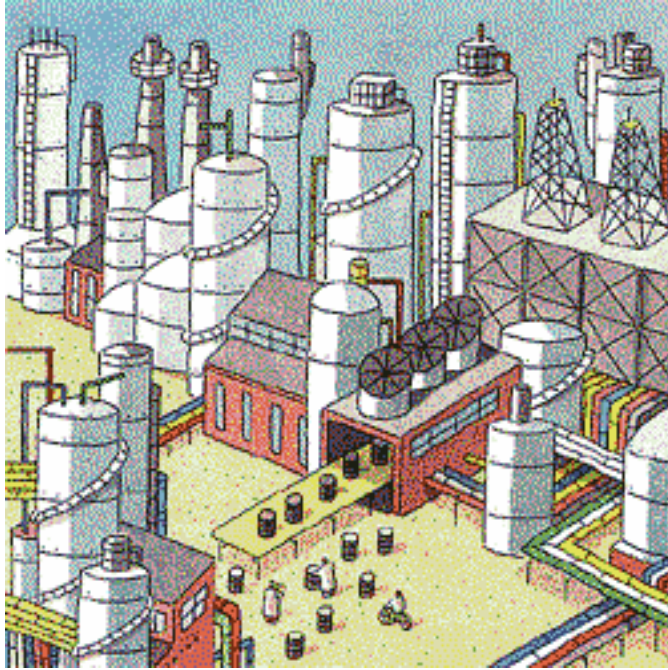
A **vegyiparban** főként alapanyagok (**etilén, propilén, butadién, aromás vegyületek**) előállítására alkalmazzák a krakkolást.

# Alkánok

## Előfordulás, felhasználás

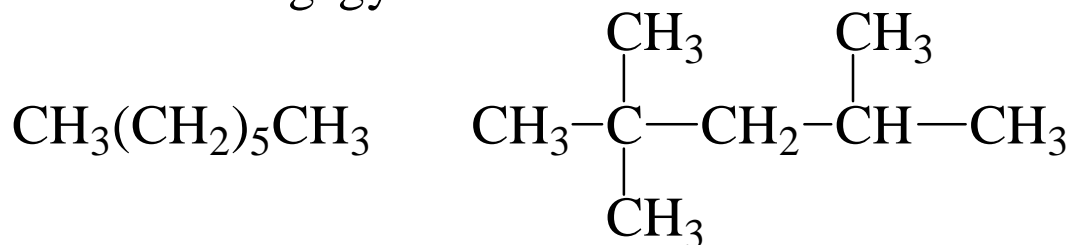
- **Földgáz:** főként kis szénatomszámú alkánok alkotják. Magyarországon a földgáz legnagyobb része metán. A metánt fűtésre, hidrogén előállítására (pl. ammóniaszintézishez), acetilén előállítására használják. A metán színtelen, szagtalan gáz, levegővel keveredve robbanóelegyet képez. A földgázhoz kéntartalmú vegyületeket kevernek, hogy ezek szaga elárulja a szivárgást.
- **Kőolaj:** alkánokon kívül cikloalkánok, aromás vegyületek, heterociklusos vegyületek is találhatóak benne. A kőolajat frakcionált desztillációval dolgozzák fel. A desztilláció termékei:
  - oldott gázok ( $C_3$ ,  $C_4$ ) - PB gázpalackok töltésére használják
  - könnyű- és nehézbenzin ( $C_5$  -  $C_9$ ) - oldószerek, motorbenzin
  - petróleum (világítóolaj) ( $C_{10}$  -  $C_{12}$ ) - kerozin
  - gázolaj ( $C_{13}$  -  $C_{15}$ ) - üzemanyag
  - kenőolajok ( $C_{16}$  -  $C_{28}$ )
  - pakura - fűtőanyag, krakkolási alapanyag
  - aszfalt - rugalmas útburkoló anyag alkotórésze





## Motorhajtó anyagok minősítése

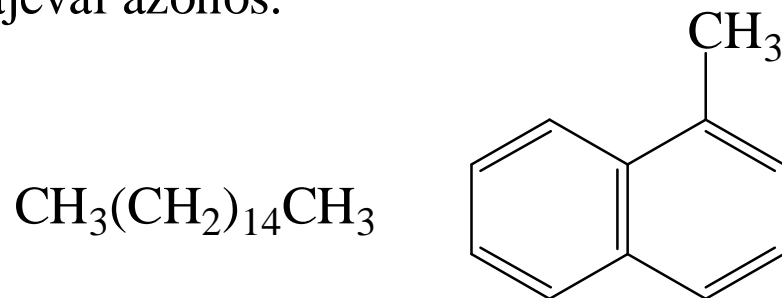
- Oktánszám:** a motorbenzin kompressziótűrésének jellemzésére használják. Az oktánszám annak a *n*-heptán – *i*-oktán (2,2,4-trimetil-pentán) elegynek a százalékban kifejezett *i*-oktán tartalma, amelynek kompressziótűrése a vizsgált benzinnel megegyezik.



*n*-heptán

*i*-oktán

- Cetánszám:** a gázolaj öngyulladási hajlamának jellemzésére szolgál. A cetánszám annak a cetán (*n*-hexadekán) –  $\alpha$ -metil-naftalin elegynek a százalékban kifejezett cetántartalma, amelynek öngyulladási képessége a vizsgált gázolajéval azonos.

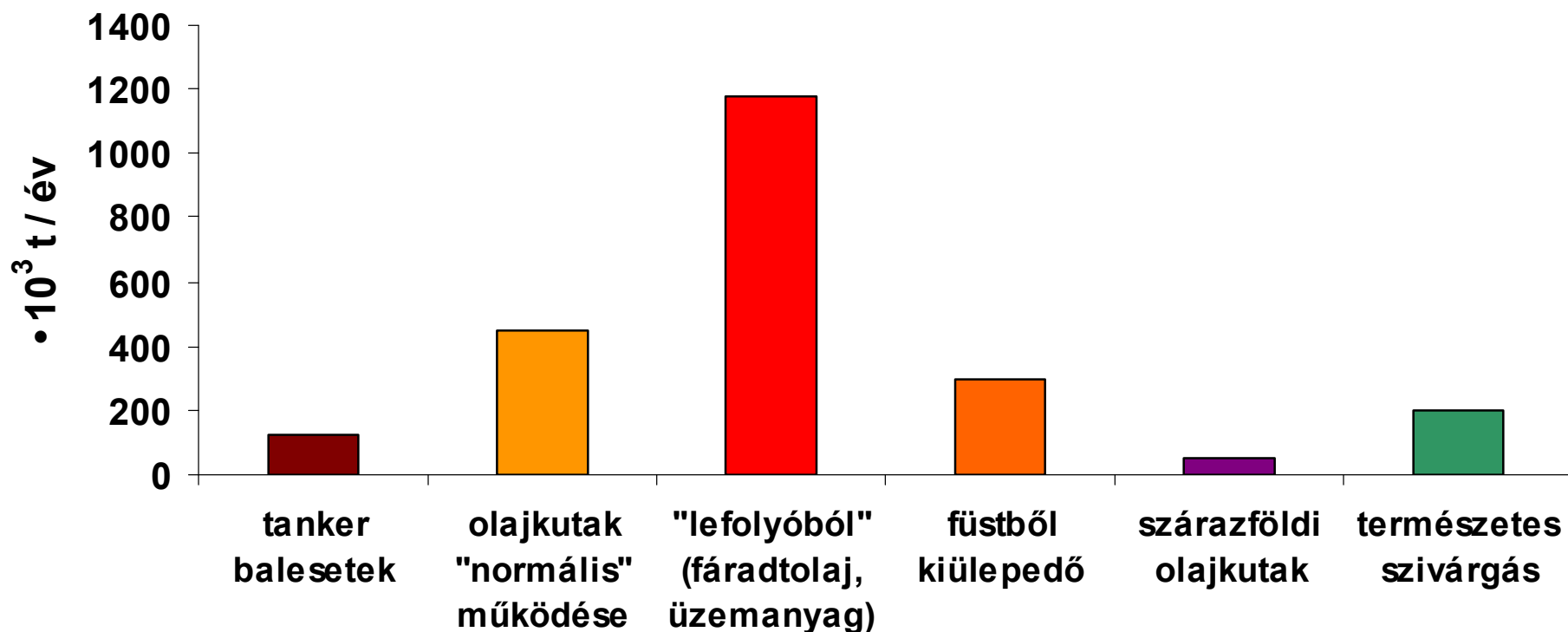


cetán

$\alpha$ -metil-naftalin

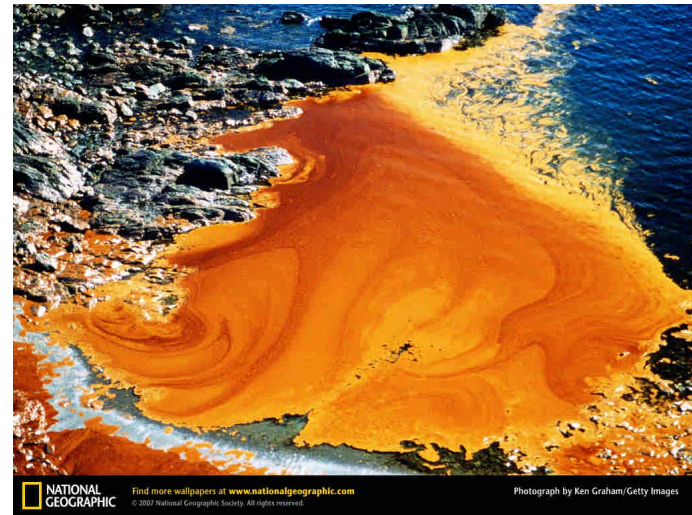
# Tengeri olajszennyezés

Évente **többmillió tonna nyersolaj** kerülhet a tengerbe (ennek kb. 10%-a tartályhajók baleseteinek következménye, a többi a „normális” működéssel jár)



## Kőolaj sorsa a tengerben:

- nagy felületen szétterül
- kisebb szénatomszámú alkotórészek elpárolognak (kb. 25%, 1 hét alatt)
- el nem ágazó szénláncú alkánok: biológiai úton lebomlanak (kb. 30%)
- kb. 5% oldódik a tengervízben, ugyanennyi fotokémiai oxidációval bomlik le
- kb. 15% lesüllyed a tengerfenékre
- kb. 20% hosszú ideig a felszínen marad (többgyűrűs aromás vegyületek, cikloalkánok, kátrány), **ezek a leginkább mérgezőek!**



## Az olajszennyezés hatásai az élővilágra:

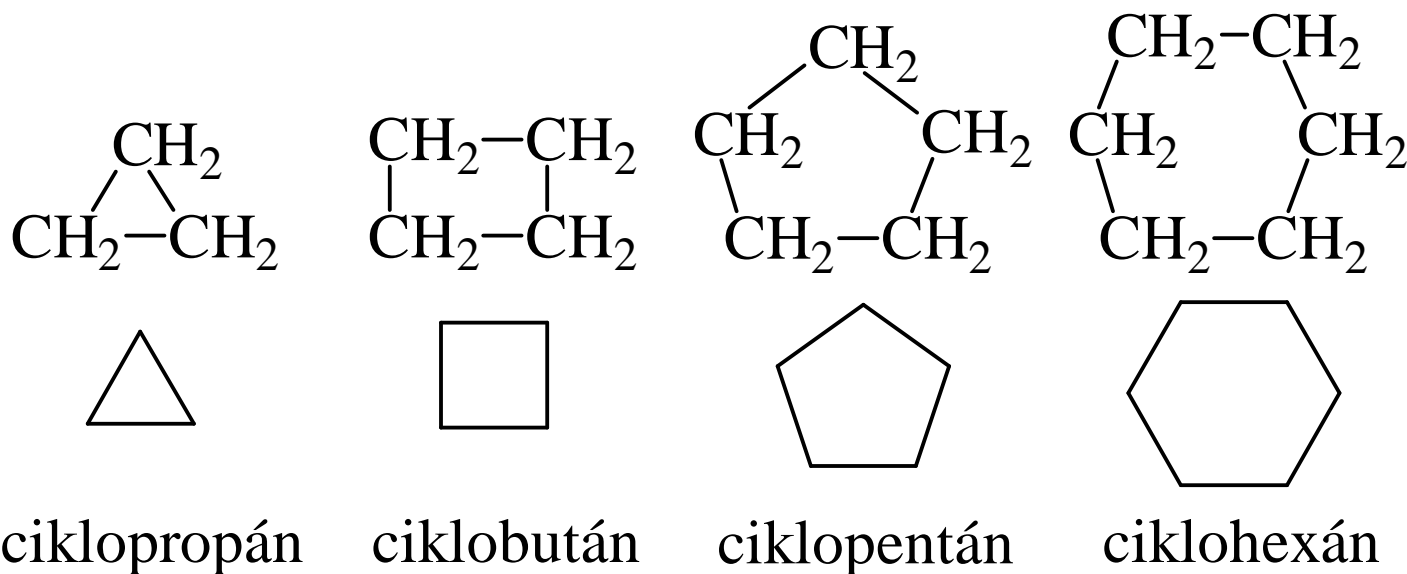
- szűktűrésű fajok pusztulása
- **olajpestis:** vízre leszálló madarakat pusztítja el
  - a tollakat borító zsiradék feloldódik, a madár egyre kevésbé tud fennmaradni a vízen ill. repülni (vagyis táplálékot szerezni, menekülni)
  - a hőszigetelés károsodása miatt az anyagcsere fokozódik, ez végkimerüléshez vezet
  - a tollait tisztogatni igyekvő madár az olajat egyre jobban szétkeni a testén, egy részét lenyeli (mérgezés: vese, máj és emésztőrendszer károsodása)



# Cikloalkánok

## Szerkezet

- Összegképlet  $C_nH_{2n}$



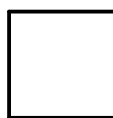
- Elnevezés: ugyanúgy történik, mint az alkánok esetében, az alapváznak megfelelő szénatomszámú alkán nevéhez a *ciklo-* szócskát illesztjük.

# Cikloalkánok

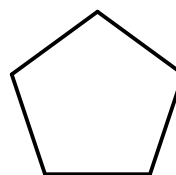
## Térszerkezet



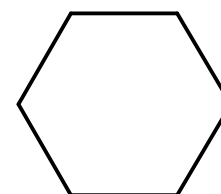
ciklopropán



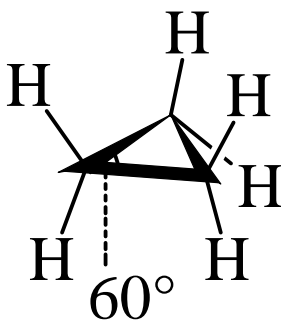
ciklobután

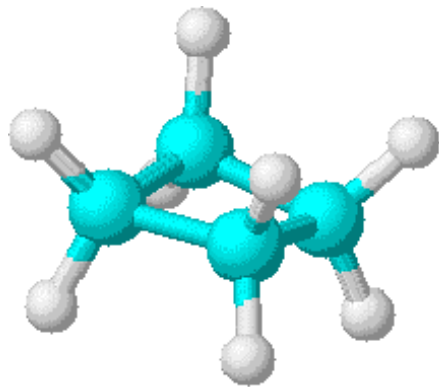


ciklopentán

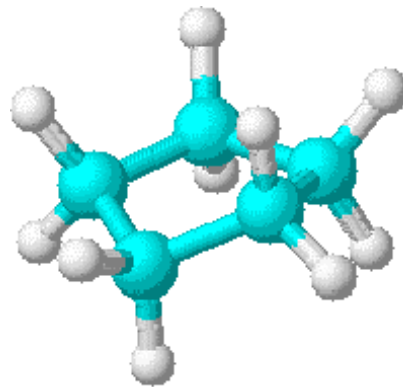


ciklohexán

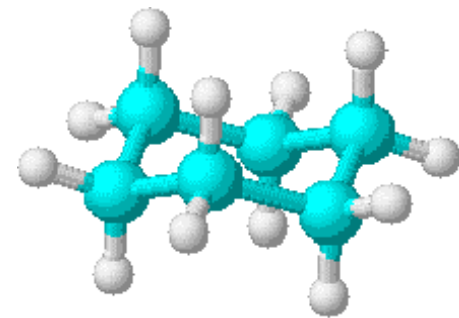




ciklobután



ciklopentán



ciklohexán  
(szék)



# Alkének (Olefinék)

## Szerkezet

- Összegképlet  $C_nH_{2n}$
- Homológ sor:

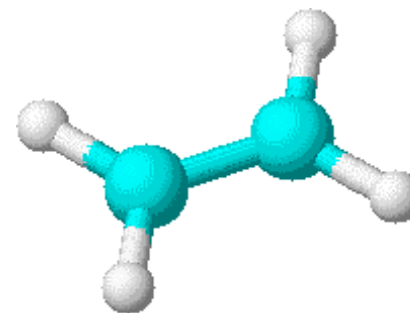
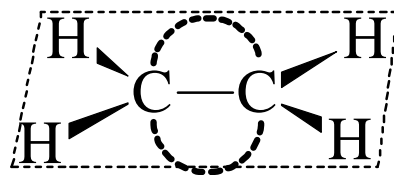
<b>etén (etilén)</b>	$C_2H_4$	$CH_2=CH_2$
<b>propén</b>	$C_3H_6$	$CH_2=CH-CH_3$
<b>but-1-én</b>	$C_4H_8$	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$
<b>pent-1-én</b>	$C_5H_{10}$	$CH_2=CH-(CH_2)_2CH_3$
<b>etenil (vinil) csoport</b>		$CH_2=CH-$
<b>propenil (allil) csoport</b>		$CH_2=CH-CH_2-$
- Elnevezés: -én végződés, előtte a kettőskötés helyét jelző számmal. (Újabb lehetőség izomériára!)

but-1-én	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$
but-2-én	$CH_3-CH=CH-CH_3$
pent-1-én	$CH_2=CH-(CH_2)_2-CH_3$
pent-2-én	$CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$

# Alkének

## Szerkezet

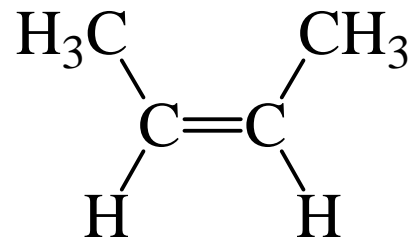
- Térszerkezet: a kétszeres kötésben részt vevő szénatomok  $sp^2$  hibridállapotúak, a hozzájuk kapcsolódó atomokkal egy síkban helyezkednek el, amely egyben a  $\pi$ -kötés csomósíkja. A  $\pi$ -kötés elektronjai a sík alatt és felett tartózkodhatnak.



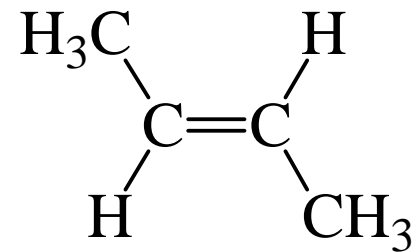
- A  $\pi$ -kötés körül nem lehetséges elfordulás, ez újabb izoméria fellépésével jár (*cisz-transz* vagy (*E*)-(*Z*) izoméria).

# Alkének

- *cisz-transz* vagy *(E)-(Z)* izoméria



*cisz*-but-2-én  
*(Z)*-but-2-én



*transz*-but-2-én  
*(E)*-but-2-én

Az izomerek fizikai és kémiai tulajdonságai eltérőek.

# Alkének

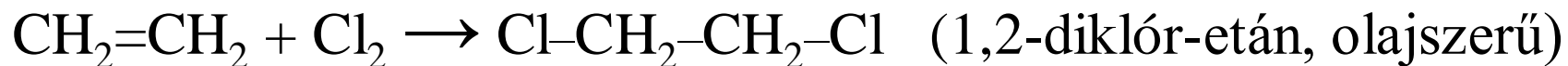
## Fizikai tulajdonságok

- A molekulák apolárosak, így a fizikai tulajdonságok (olvadáspont, forráspont, oldékonyság) az alkánokéhoz hasonlóak.

## Kémiai tulajdonságok

- A  $\pi$ -kötés miatt az alkének jóval reakcióképesebbek. Jellemző reakciójuk az **elektrofil addíció** ( $A_E$ ).

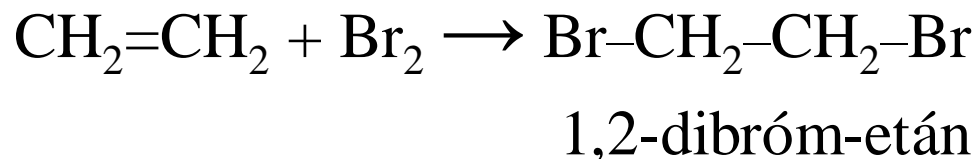
**Olefin** (olajképző) elnevezés eredete:



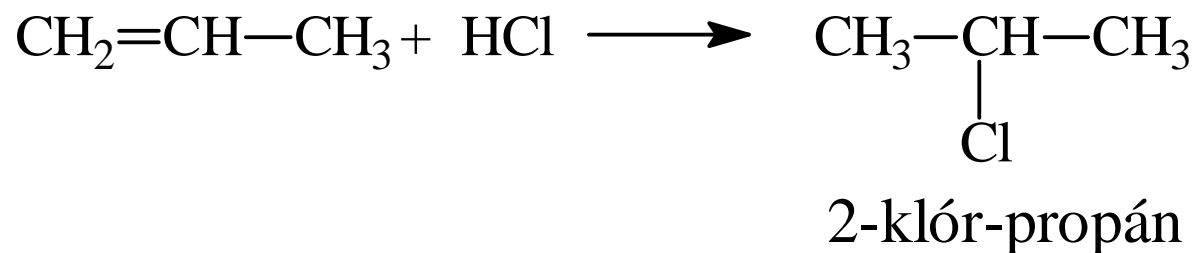
- A kettős kötés hidrogénnel telíthető katalizátor jelenlétében.
- Az alkének molekulái egymással hosszú láncokká (makromolekulákká) kapcsolódhatnak össze (**polimerizáció**).

## Elektrofil addíció

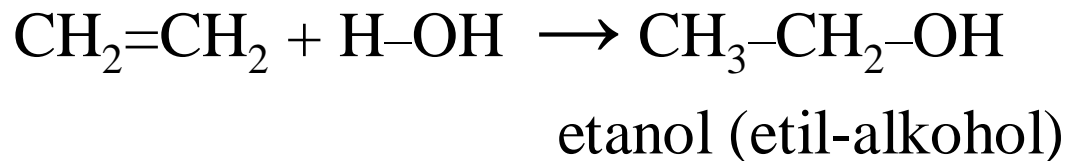
- etilén reakciója brómmal:



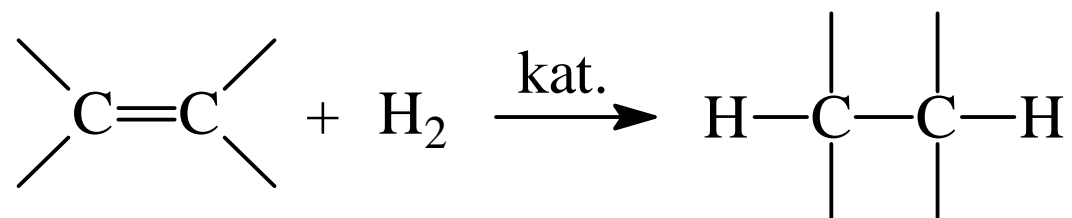
- propén reakciója hidrogén-kloriddal:



- etilén reakciója vízzel:

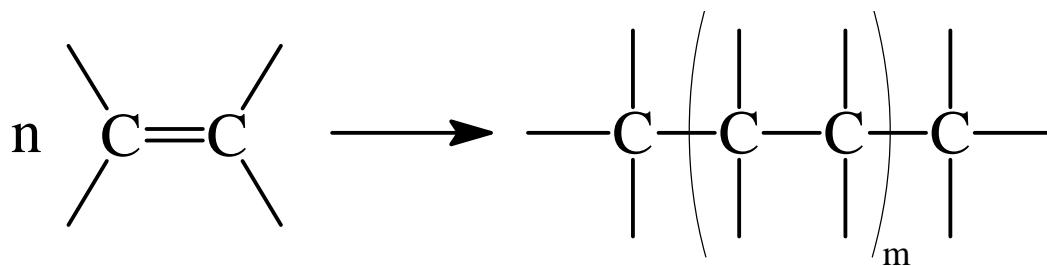


## Katalitikus hidrogénezés


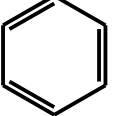


katalizátorok: Pt, Pd, Ni

## Polimerizáció



# Vinilpolimerek

monomer	polimer	név
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\left(\text{CH}_2-\text{CH}_2\right)_m$	polietilén
$\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\right)_m$	polipropilén
$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}\right)_m$	poli-vinil-klorid (PVC)
$\text{CH}_2=\text{CHCN}$	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}\right)_m$	poli-akril-nitril (orlon)
$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	$\left(\text{CF}_2-\text{CF}_2\right)_m$	poli-tetrafluoretilén (teflon)
$\text{CH}_2=\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}$ 	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}\right)_m$ 	poli-sztirol
$\text{CH}_2=\underset{\text{OCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}$	$\left(\text{CH}_2-\underset{\text{O}=\text{C}-\text{OCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\right)_m$	poli-metil-metakrilát (plexi)

## Fontosabb alkének

- **Etén (etilén):** a kőolaj benzinfrafrakciójának krakkolásával állítják elő (800-900°C hőmérsékleten). Számos vegyipari eljárás, köztük a polietilén gyártásának alapanyaga. Az etilén a természetben is előfordul, a növények érést szabályozó hormona.
- **Propén (propilén):** krakkolási melléktermék. Polipropilén, propán-2-ol, izopropil-benzol (kumol) előállításának alapanyaga.
- **2-metil-propén (izobutilén):** krakkolási melléktermék. Magas oktánszámú szintetikus polimerbenzin és izoprén (1. diének) előállítására is használják.
- **Pentének:** a krakkolás során keletkeznek, izoprén előállítására használhatók.



# Diének (Diolefinek)

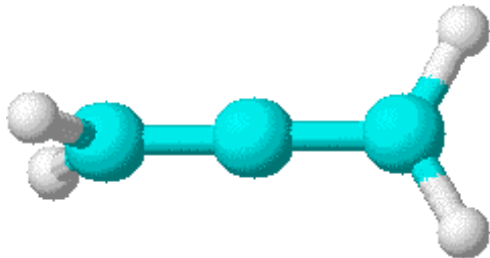
## Szerkezet

- Összegképlet  $C_nH_{2n-2}$
- Homológ sor (az elnevezés az alkénekével analóg):

propadién (allén)	$C_3H_4$	$CH_2=C=CH_2$
buta-1,2-dién	$C_4H_6$	$CH_2=C=CH-CH_3$
<b>buta-1,3-dién (butadién)</b>	<b><math>C_4H_6</math></b>	<b><math>CH_2=CH-CH=CH_2</math></b>
penta-1,2-dién	$C_5H_8$	$CH_2=C=CH-CH_2CH_3$
penta-1,3-dién	$C_5H_8$	$CH_2=CH-CH=CH-CH_3$
penta-1,4-dién	$C_5H_8$	$CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2$

...

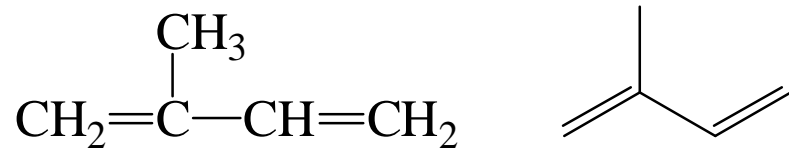
Egyre több a lehetőség az izoméria változatos formáinak fellépésére!



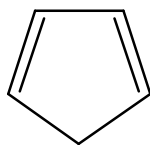
propadién (allén)

# Diének

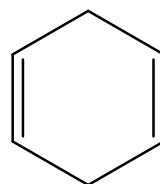
## Egyéb diének



2-metil-buta-1,3-dién (izoprén)



ciklopenta-1,3-dién



ciklohexa-1,4-dién

# Diének

**Fizikai tulajdonságok:** az alkénekéhez hasonlóak.

**Kémiai tulajdonságok:** az alkénekhez hasonlóan jellemző reakciójuk az elektrofil addíció, hidrogénezhetők, hidroxilezhetők, oxidálhatók és polimerizálhatók is.

## Fontosabb diének

- **Butadién** (buta-1,3-dién): krakkolással és bután dehidrogénezésével gyártják. Főleg szintetikus kaucsuk előállítására használják.
- **Izoprén** (2-metil-buta-1,3-dién): a gumi monomerje. A kaucsukfa nedve lineáris poliizoprént tartalmaz (ez kb. 40000 izoprénegységből áll). A kaucsukból vulkanizálással térhálós polimert készítenek: a kaucsukot kénnel melegítik, ekkor a láncokban lévő kettős kötések felszakadnak, és a láncok kénhidakkal összekapcsolódnak. Napjainkban a gumigyártás alapanyaga már jórészt szintetikus izoprén.
- **Kloroprén** (2-klór-buta-1,3-dién): polimerizációjával készül a neoprén, amelyet vízhatlan és hőszigetelő ruhák készítésére használnak.



# Alkinek (acetilén-szénhidrogének)

## Szerkezet

- Összegképlet  $C_nH_{2n-2}$
- Homológ sor:

etin (acetilén)	$C_2H_2$	$CH\equiv CH$
propin	$C_3H_4$	$CH\equiv C-CH_3$
but-1-in	$C_4H_6$	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$
pent-1-in	$C_5H_8$	$CH\equiv C-(CH_2)_2-CH_3$
etinil csoport		$CH\equiv C-$

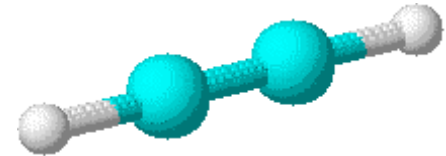
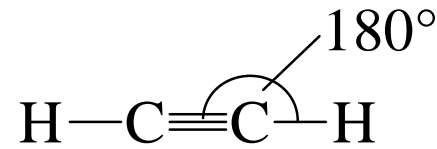
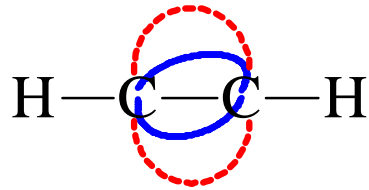
- Elnevezés: -in végződés, előtte a hármass kötés helyét jelző számmal.

but-1-in	$CH\equiv C-CH_2-CH_3$
but-2-in	$CH_3-C\equiv C-CH_3$
pent-1-in	$CH\equiv C-(CH_2)_2-CH_3$
pent-2-in	$CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_3$

# Alkinek

## Szerkezet

- Térszerkezet: a háromszoros kötésben részt vevő szénatomok  $sp$  hibridállapotúak, a hozzájuk kapcsolódó atomokkal egy vonal mentén helyezkednek el. A két  $\pi$ -kötésnek két, egymásra merőleges csomósíkja van.



# Alkinek

## Fizikai tulajdonságok

- A molekulák apolárosak, így a fizikai tulajdonságok (olvadáspont, forráspont, oldékonyság) az alkánokéhoz, alkénekéhoz hasonlóak.

## Kémiai tulajdonságok

- A két  $\pi$ -kötés miatt az alkinek igen reakcióképesek.
- A hármas kötésben részt vevő szénatomhoz kapcsolódó hidrogénatom protonként lehasítható, az alkinek ezért savas jelleget mutatnak. (A víznél azonban jóval gyengébb savak, így savas jellegük vizes oldatban nem vizsgálható, folyékony ammóniában azonban igen.)
- Az alkinek gyakorlati szempontból legfontosabb képviselője az **acetilén** (etin).

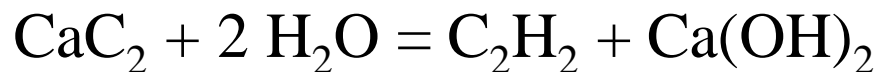
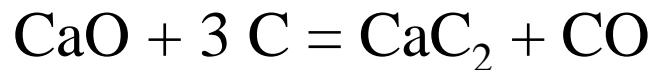
# Acetilén (etin)

## Fizikai tulajdonságok

- Az acetilén a levegőnél kissé könnyebb, színtelen, tiszta állapotban szagtalan gáz. Vízben nem, acetonban jól oldódik. (A hegesztéshez használt disszugáz (*dissous* = oldott) palackban acetonnal átítatott kovaföld van, ebben nyeletik el az acetilént. Erre azért van szükség, mert az acetilén nyomással nem cseppfolyósítható, felrobbanna.)

## Előállítás

- Metán vagy a kőolaj könnyűbenzin-frakciójának krakkolásával gyártják 1500-2500°C hőmérsékleten.
- Korábban égetett mészből előállított kalcium-karbid vízzel való reakciójával nyerték:



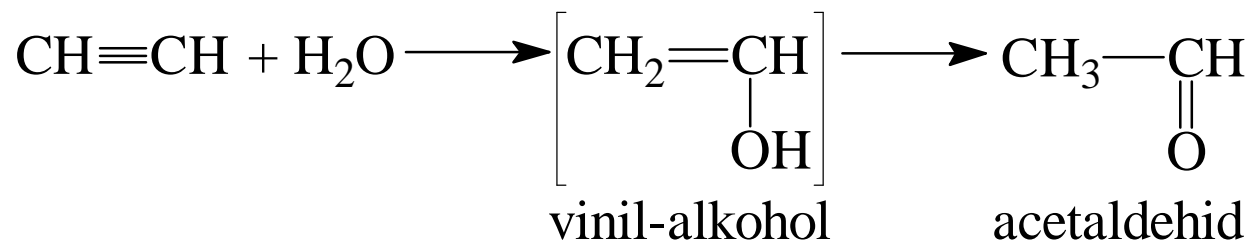
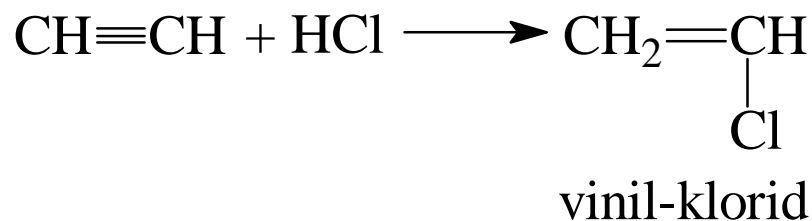
Sav-bázis reakció: a víz - mint erősebb sav - az acetilént - mint gyengébb savat - sójából felszabadítja (ez a *karbidlámpa* működésének alapja is).



# Acetilén (etin)

## Felhasználás

- Az acetilén levegőn világító, kormozó lánggal ég (a nagy széntartalom miatt nem tökéletes az égés). Oxigénnel keverve tökéletesen elégethető, lángja magas hőmérsékletű, hegesztésre használható.
- Az 1930-as években dolgozták ki Németországban azokat az eljárásokat (Reppe-szintézisek), amelyekkel acetilénből műbenzint, műanyagipari alapanyagokat állítottak elő.



# Aromás vegyületek

## Alapvegyület: a benzol

- Összegképlet  $C_6H_6$  - telítetlenségre utal, a kémiai tulajdonságok viszont ennek ellentmondanak: **nem addíciós, hanem szubsztitúciós reakciókra hajlamos!**
- Jellegzetes szagú, vízzel nem elegyedő, víznél kisebb sűrűségű folyadék.
- Súlyosan mérgező, rákkeltő anyag.

A benzolt *M. Faraday* fedezte fel 1825-ben a bálnazsír hőbontásának termékei között. A látszólagos telítetlenség és a kémiai viselkedés ellentmondásai miatt sok kutató próbálkozott a benzol szerkezetének felírásával (amikor a szénatom négy vegyértékét már ismerték, de az atomszerkezetről még nem lehettek ismereteik). *A. Kekulé von Stradonitz* 1865-ben felismerte a benzol gyűrűs szerkezetét. Elméletének helyességét csaknem száz évvel később a röntgendiffrakciós szerkezetvizsgálat igazolta.

3 F. A. KEKULE



H-C C-H

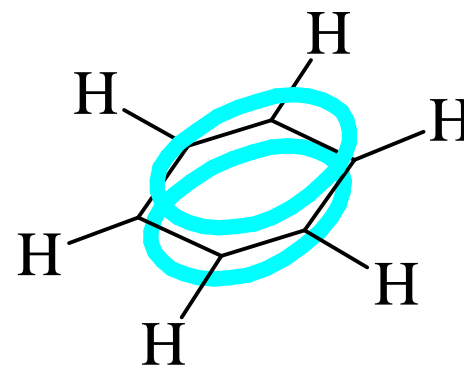
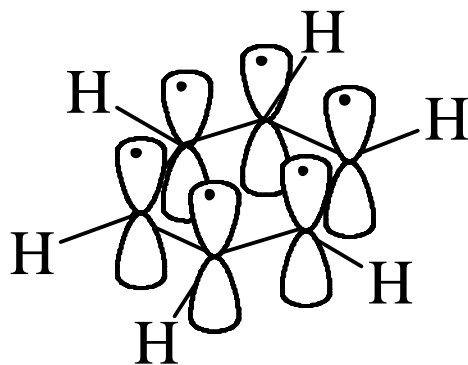
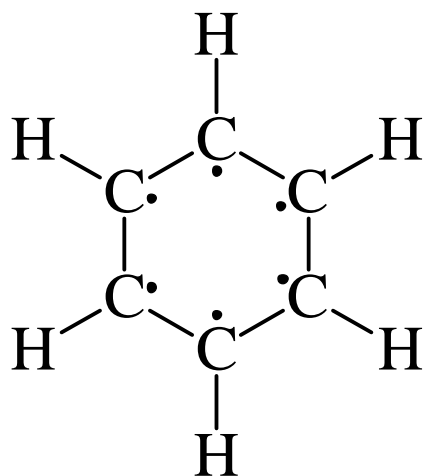
1865 BENZEEN C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>  
BENZENE C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

BELGIË - BELGIQUE

# Aromás vegyületek

## A benzol szerkezete

- A szénatomok  $sp^2$  hibridállapotúak. A kötésszögek értéke  $120^\circ$ .
- A  $\sigma$ -kötések felírása után minden szénatomnak marad egy p-elektronja, amelyekből a gyűrű síkja alatt és felett delokalizált  $\pi$ -kötőpályák alakulnak ki.

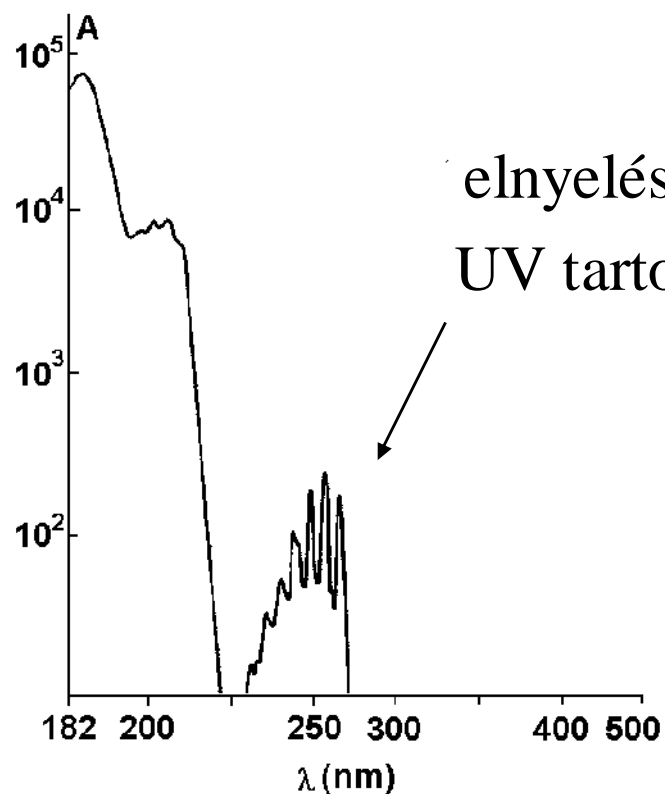


# Aromás vegyületek

Az **aromás szerkezet** szimmetrikus, igen stabil, nehezen megbontható, ez a szokatlan kémiai stabilitás háttere.

Az **aromás szerkezet** kialakulásának feltételei:

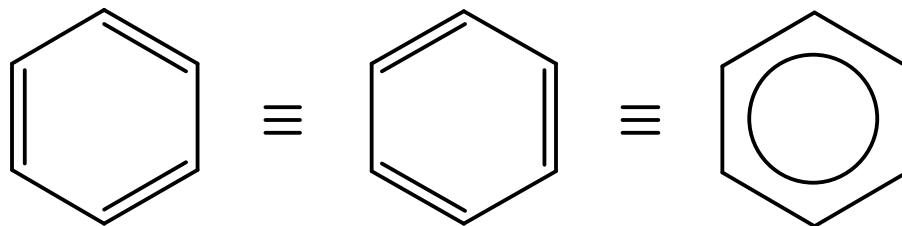
- a gyűrű atomjai egy síkban vannak
- Hückel-szabály: a  $\pi$ -elektronok száma:  $4n + 2$  ( $n = 1, 2, 3\dots$ )



A benzol UV spektruma

# Aromás vegyületek

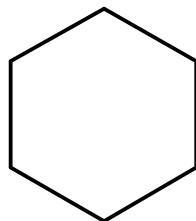
A benzol szerkezetének jelölése vonalképletekkel:



Kekulé-képlet

Robinson-képlet:  
"hatszögbe írt kör"

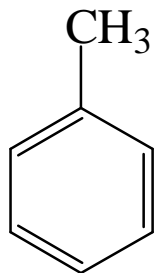
**Vigyázat!**



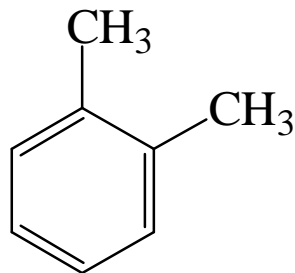
ciklohexán

# Aromás vegyületek

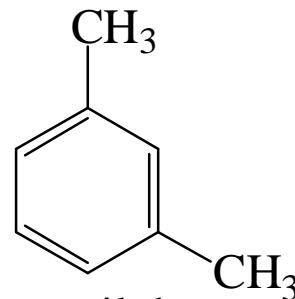
## Szubsztituált benzolszármazékok



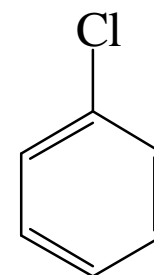
toluol  
(metil-benzol)



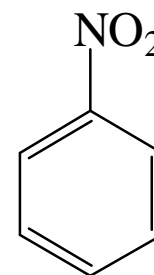
*o*-xilol  
(1,2-dimetil-benzol)



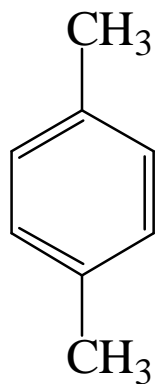
*m*-xilol  
(1,3-dimetil-benzol)



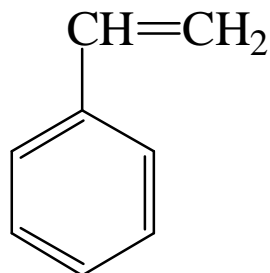
klórbenzol



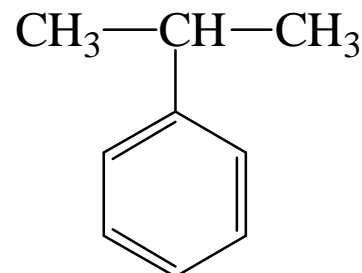
nitrobenzol



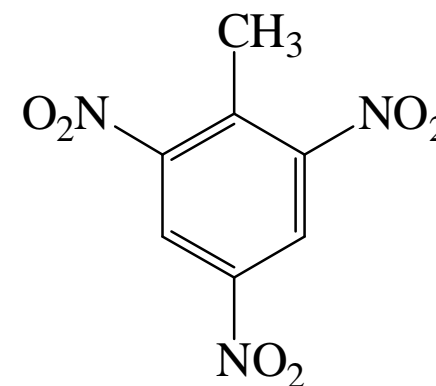
*p*-xilol  
(1,4-dimetil-benzol)



sztírol  
(vinil-benzol)



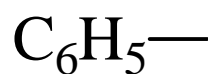
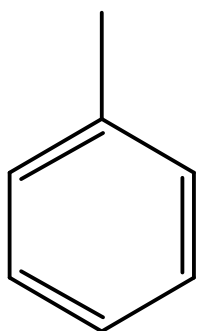
kumol  
(izopropil-benzol)



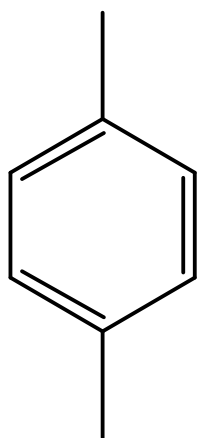
2,4,6-trinitro-toluol  
(TNT, trotil)

# Aromás vegyületek

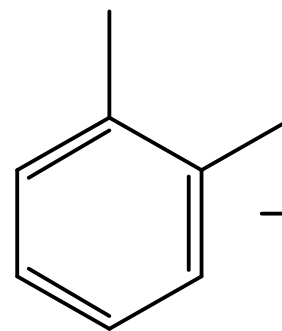
Benzolból levezethető csoportok (gyökök)



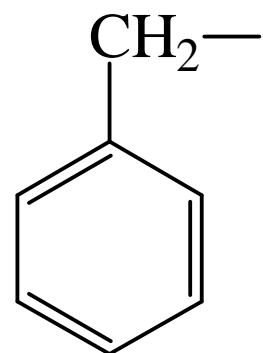
fenil csoport



*p*-fenilén csoport



*o*-fenilén csoport

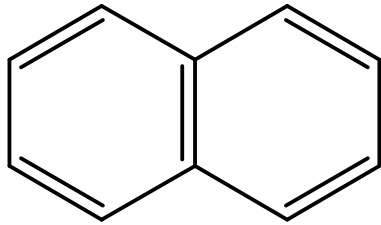


benzil csoport

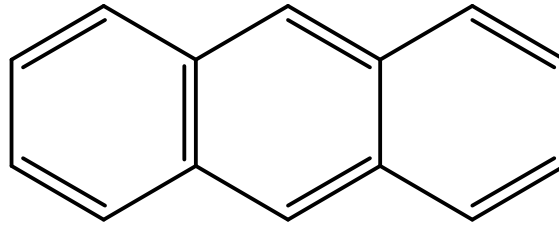


# Több aromás gyűrűt tartalmazó rendszerek

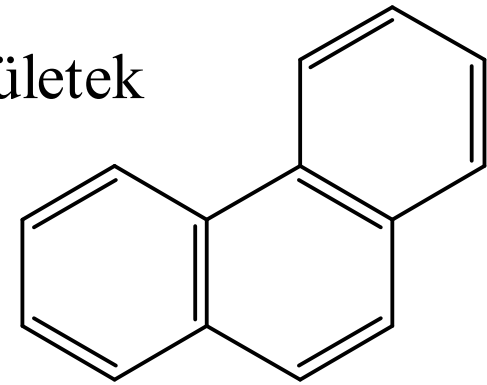
Kondenzált gyűrűs poliaromás vegyületek



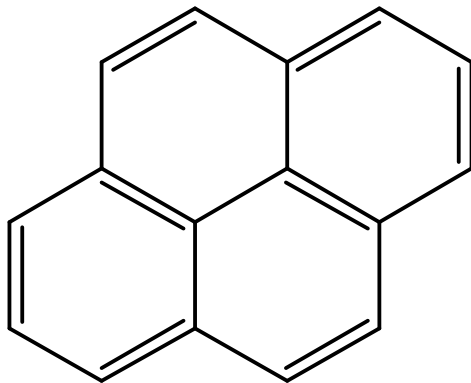
naftalin



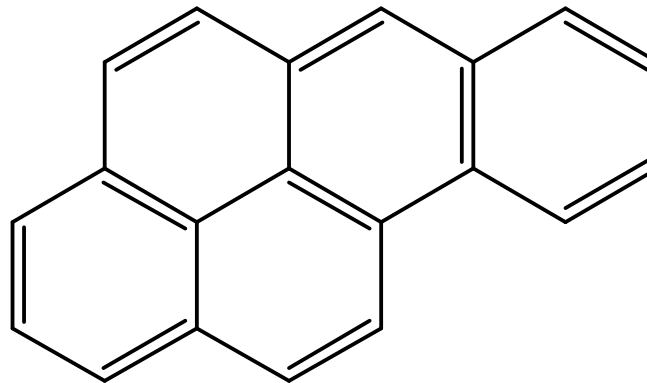
antracén



fenantrén



pirén

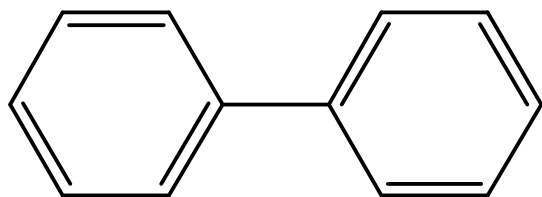


benzpirén

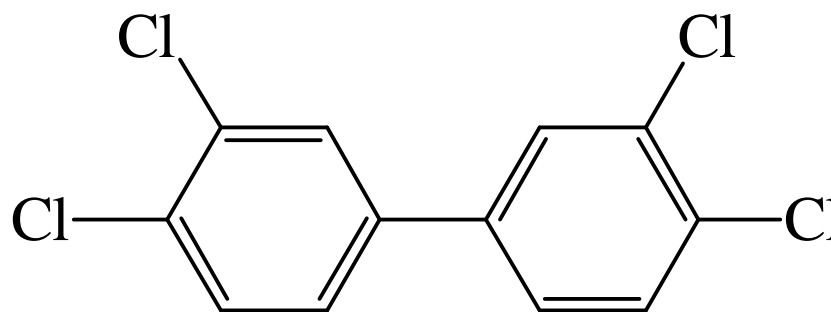
**PAH** = **p**olyaromatic **h**ydrocarbon

# Több aromás gyűrűt tartalmazó rendszerek

Izolált gyűrűs poliaromás vegyületek

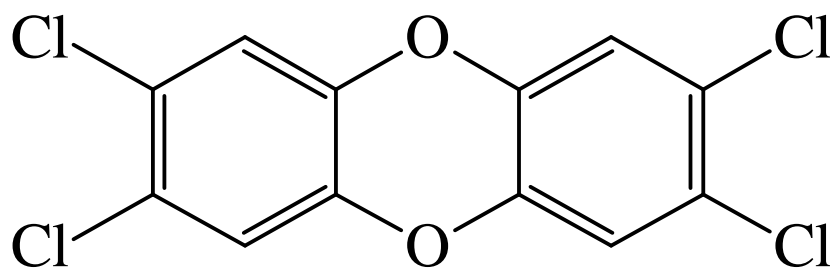


bifenil



3,3',4,4'-tetraklór-bifenil  
(egy gyakori PCB)

**PCB = polychlorinated biphenyl**

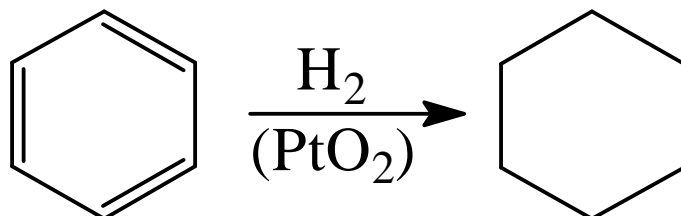


dioxin, TCDD

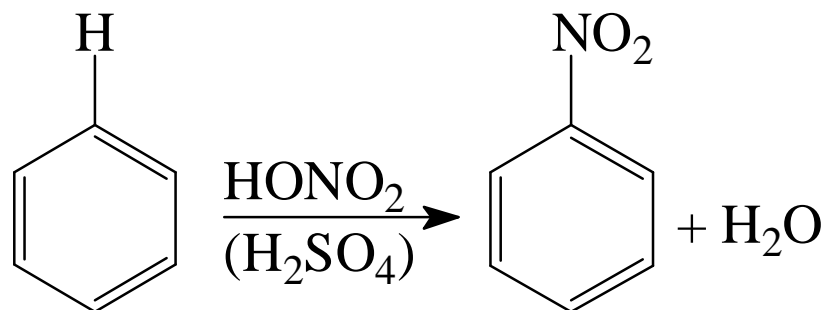
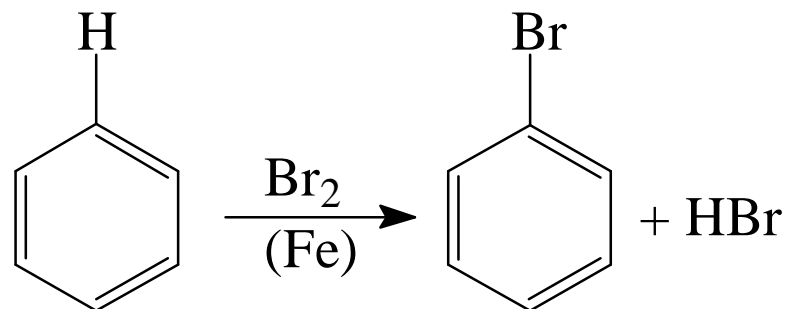
(2,3,7,8-tetraklór-dibenzo-*p*-dioxin, a 2,4-D és a 2,4,5-T gyomirtók gyártásának mellékterméke)

## A benzol (és az aromás vegyületek) kémiai tulajdonságai

- A benzol katalitikus hidrogénezése ciklohexánhoz vezet:



- Brómmal (vas katalizátor jelenlétében) és salétromsavval (kénsav jelenlétében) **elektrofil szubsztitúció** játszódik le:



## Fontosabb aromás vegyületek

- **Benzol:** régen a kőszénkátrány lepárlásával nyerték, ma főleg a benzinfrakció krakkolásával állítják elő. Erősen rákkeltő, kis koncentrációban is leukémiát okozhat. Felhasználása széleskörű: oldószer, vegyipari eljárások alapanyaga, oktánszám növelésére alkalmas adalék.
- **Toluol, xilolok:** krakkoláskor keletkeznek a benzol mellett. Kevésbé veszélyesek, oldószerként („aromás hígító”) és motorbenzin-adalékként használják őket.
- **2,4,6-trinitro-toluol (TNT, trotil):** nagy hatású robbanóanyag. Használata viszonylag biztonságos, mert ütésre, rázásra nem robban.
- **Poliaromás szénhidrogének (PAH-ok):** nem tökéletes égéskor keletkeznek (pl. dohányfüst, pirított kenyér, füstölt áruk). Rákkeltő, mutagén hatású anyagok igen kis mennyiségben is.

Köszönöm a figyelmet!