

II. fejezet

A SZÉN- HIDROGÉNEK

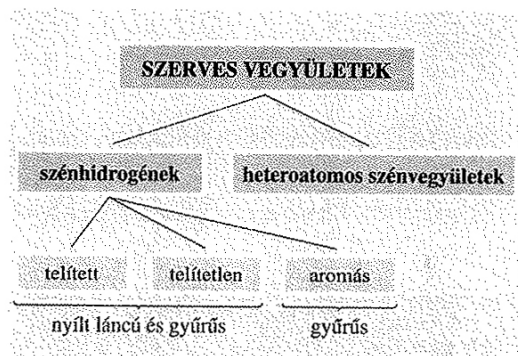


A szénhidrogének

A SZÉNHIIDROGÉNEK ÖSSZETÉTELE ÉS CSOPORTOSÍTÁSA

A szénhidrogének a szénvegyületek nagy csoportját képezik. Ezek a vegyületek csak szénből és hidrogénből állnak. Elegendő oxigén jelenlétében szén-dioxiddá és vízzé égnék el.

Azokat a szénhidrogéneket, amelyekben a szénatomok csak egyszeres kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, **telített szénhidrogéneknek** nevezzük. A régi nevük **paraffinok**. (A latin eredetű szó kevésbé reakcióképest jelent.) A vegyületcsoport szabályos kémiai neve: **alkánok**. A telített szénhidrogének neve **-án** szótagra végződik. Molekuláikban minden szénatomhoz négy másik atom kapcsolódik.



20.1. A szerves vegyületek csoportosítása

Telített szénhidrogének	
alkánok	cikloalkánok
$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$ etán	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ & \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$ ciklobután

20.2. A telített szénhidrogének csoportosítása

Azokat a szénhidrogéneket, amelyek molekuláiban kettős vagy hármas kötéssel kapcsolódó szénatompárok is előfordulnak, **telítetlen szénhidrogéneknek** nevezzük.

Az olyan telítetlen szénhidrogéneket, amelyek molekulájában *egy kettős kötésű szénatompár található*, régiesen **olefineknek** nevezzük. A szabályos nevük **alkének**, az egyes vegyületek neve **-én** végződést kap.

Azokat a telítetlen szénhidrogéneket, amelyek *egy hármas kötést tartalmaznak*, **acetilén típusú szénhidrogéneknek**, szabályosan **alkineknek** nevezzük. Az alkinek neve **-in** szótagra végződik.

Az eddig felsorolt vegyületek a molekulák alakja szerint lehetnek nyílt láncúak és gyűrűsek is.

A gyűrűs szénhidrogének neve azonos a megfelelő nyílt láncú szénhidrogén nevével, csak a név elé tesszük a **ciklo-** szócskát.

Az **aromás szénhidrogének** különleges szerkezetű gyűrűs telítetlen szénhidrogének. Szabályos nevük: **arén**. Legegyszerűbb képviselőjük a benzol.

Telítetlen szénhidrogének		Aromás szénhidrogének
alkének	alkinek	arének
$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C}=\text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ etén (etilén)	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ etin (acetilén)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{HC} & \text{C} & \text{CH} \\ / & & \backslash \\ \text{HC} & & \text{CH} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ benzol

20.3. A telítetlen szénhidrogének csoportosítása

TELÍTETT SZÉNHIDROGÉNEK

A METÁN

A legegyszerűbb telített szénhidrogén (alkán) a metán. Az energiatermelésre használt földgáz fő alkotórésze. Emellett mint vegyipari nyersanyag is jelentős.

A metán molekulaszervezete tetraédres. A szénatom és a hidrogénatom között *poláris kovalens kötés* jön létre ($\Delta EN = 0,4$).

A térszerkezeti képletnél a folytonos vonallal jelölt kötések a rajz síkjában, a vastagított vonallal jelölt kötés a rajz síkja előtt, a szaggatott vonallal jelölt a rajz síkja mögött helyezkedik el.

A metánmolekula alakja azonban olyan szimmetrikus, hogy **a molekula apoláris**. Az apoláris molekulák között csak gyenge kölcsönhatások léphetnek fel. Ezért gázhalmazállapotú a metán standardállapotban. Hűtéssel elérhetjük, hogy **a molekulák között fellépő gyenge másodrendű kötések** következtében a gáz cseppfolyósodjon (apoláris molekulák esetén *diszperziós kölcsönhatás* van). Az elektromosan semleges, közel gömb alakú molekulák könnyen rácsba rendeződnek, így a cseppfolyós metán könnyen megfagyasztható. Az olvadás- és a forráspontja között az eltérés kicsi (op.: $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$, fp.: $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$). A tapasztalat szerint **egy anyag a hasonló polaritású anyagban oldódik jól**. Így érthető, hogy az apoláris metán nem

oldódik a poláris, de jól oldódik az apoláris oldószerekben.

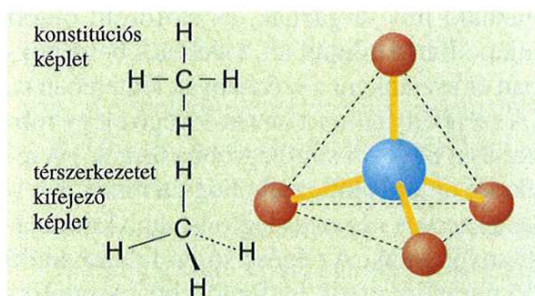
Vízmentes nátrium-acetát és nátrium-hidroxid hevítésével állítsunk elő metánt! Ha vezetékes földgázunk is van, akkor hasonlítsuk össze tulajdonságaikat!

FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

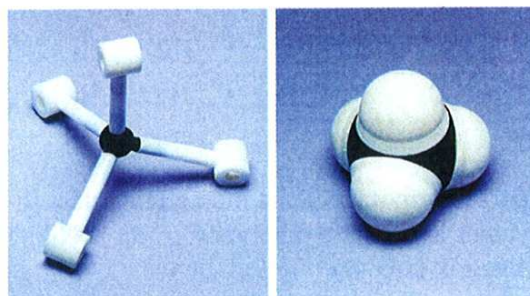
A metán *színtelen, szagtalan*, nem mérgező, *a levegőnél kisebb sűrűségű gáz*. Vízben nem, apoláris oldószerekben, például benzinben, toluolban jól oldódik. A vezetékes földgáz jellegzetes szagát a hozzákevert kismennyiségű szagosító anyag, a kellemetlen szagú merkaptán (kéntartalmú szénvegyület) okozza. Így a legkisebb gázszivárgást is könnyen észre lehet venni.

A metán színtelen, mert a látható fény összes fénysugarát azonos mértékben átengedi. Azoknak az anyagoknak van szaga, amelyek gázhalmazállapotúak vagy illékonyak, így eljuthatnak az orr nyálkahártyájához, abban feloldódva kémiaiilag reagálnak. Tehát a vízben nem oldódó metán szagtalan.

A metán levegővel robbanóelegyet alkot. Ha egy helyiségbe belépve „gázszagot” érzelsz, ne gyújts villanyt vagy gyufát! Azonnal szellőztess, zárd el a gázfőcsapot és hívd szakembert!



21.1. A metánmolekula tetraédres szerkezetű



21.2. A metánmolekula pálcika- és kalottmodellje

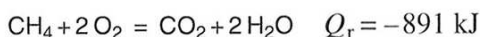
KÉMIAI TULAJDONSÁGOK

Vezessünk brómos vízbe metánt, majd a durranógázpróba elvégzése után gyújtsuk meg!

A metán paraffin voltának megfelelően nem reagál brómos vízzel. **Közönséges körülmények között nem nagyon reakcióképes.** Magasabb hőmérsékleten a reakciókészsége megnő, ekkor a szén- és a hidrogénatomok közötti erős kötések felszakadnak.

ÉGÉS

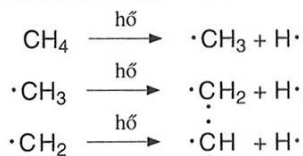
Meggyújtva elég. Ha tökéletes az égés, akkor szén-dioxid és víz keletkezik belőle:



A reakció exoterm. A termelődő nagy mennyiségű hő lehetővé teszi, hogy kis energia (pl. gyufa lángja, elektromos szikra) megindítsa a nagy aktiválási energiájú reakciót.

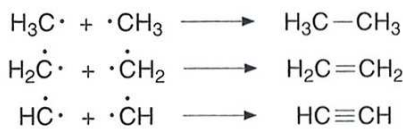
HŐBONTÁS

A metán levegőtől elzártan 500 °C feletti hőmérsékleten bomlani kezd.

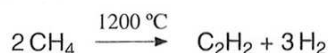


A keletkező párosítatlan elektront tartalmazó atomokat és atomcsoportokat gyököknek nevezzük. ($\cdot\text{CH}_3$ metilgyök, $\cdot\dot{\text{C}}\text{H}_2$ metiléngyök, $\cdot\dot{\text{C}}\text{H}$ metingyök).

Ezen gyökök véletlenszerű ütközései többféle szénhidrogén molekuláit eredményezhetik.

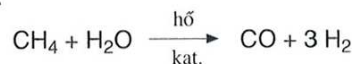


Ipari szempontból az a metán hőbontási folyamat a jelentős, amelynek során acetilént állítanak elő.



REAKCIÓJA VÍZGŐZZEL

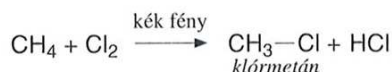
Magasabb hőmérsékleten (1000 °C), katalizátor (Ni) jelenlétében a metán vízgőzzel is reagál:



A keletkező gázelegy a **szintézisgáz**. Szintézisgáznak nevezzük a szén-monoxid és a hidrogén különböző arányú elegyeit, amelyeket több fontos vegyület ipari előállításánál használnak fel (pl. ecetsav, metil-alkohol, formaldehid, műbenzin). A hidrogén az ammóniaszintézis egyik alapanyaga.

KLÓROZÁS

A metán- és a klórgáz elegye hő vagy fény hatására exoterm reakcióban **klórmétánná és hidrogén-kloriddá** alakul:



A reakcióban a hidrogénatom klóratommal cserélődik ki. Az ilyen kémiai reakciót helyettesítésnek, szubsztitúciónak nevezzük. (A szubsztitúció latin eredetű szó, jelentése: felcserélni.)

A szubsztitúció olyan kémiai átalakulás, amelynek során a kiindulási anyag molekulájának egyes atomjai vagy atomcsoportjai más atomokra vagy atomcsoportokra cserélődnek ki melléktermék kilépése közben.

ELŐFORDULÁS, FELHASZNÁLÁS

A metán fő alkotórésze a földgáznak, biogáznak, mocsárgáznak, és előfordul oldott állapotban a kőolajban, továbbá a bégázokban és esetenként a szénbányák légterében is. (A szénbányákban a metán-levegő elegy robbanását nevezik sújtólégrobbanásnak.) A reakciói alapján láthatjuk, hogy a metán egyike a szerves vegyipar legfontosabb kiindulási anyagainak. Az égése során felszabaduló hő napjaink egyik legfontosabb energiaforrásává teszi.

ÉRDEKESSÉGEK

A LIDÉRCFÉNY

A mocsárgáz jelentős metántartalmú gázelegy, amely rothadó növényi anyagokból keletkezik. Gyakran öngyulladó foszfor-hidrogén is van benne, így a keletkező metán is meggyullad: ez a lidércfény, mely a mocsár felett halvány kék fénnel imbolyog.

MEGJEGYZÉSEK A SZERVES VEGYÜLETEK ELNEVEZÉSÉRŐL

A szerves vegyületeket többféle módon nevezhetjük el. A régóta ismert vegyületeknél a hagyományosan kialakult, hétköznapi (triviális) neveket használjuk. Ezek a régi eredetű nevek a vegyület eredetére vagy valamilyen sajátosságára (ízére, színére stb.) utalnak. Például a „citromsav” név utal arra, hogy olyan savról van szó, amelynek köze van a citromhoz (ettől savanyú a citrom). Ezek a nevek azonban nem adnak semmilyen információt a molekula szerkezetéről. A másik hátrányuk, hogy a szénvegyületek száma oly nagy, hogy a triviális nevek észben tartása egyszerűen lehetetlen.

A vegyületek tudományos, szabályokkal megadott kémiai neveinek a molekulaszerkezet az alapja. Adott szabályos név hallatán a vegyészek a világ minden táján ugyanarra az anyagra gondolnak. A szabályos nevek a rövid triviális nevekkal szemben esetenként meglehetősen bonyolultak és hosszúak. A bonyolult szerkezetek leírásához ugyanis egyértelmű neveket kell szerkeszteni, mert a nevek akár a képleteket is helyettesíthetik. Az így kialakított tudományos neveket tartalmazzák a tankönyvek.

Jelenleg a Magyar Tudományos Akadémia Kémiai Osztálya által 1998-ban elfogadott szerves kémiai elnevezéseket alkalmazzuk, amelyek kialakításánál figyelembe vették a IUPAC (Internacional Union of Pure and Applied Chemistry = Nemzetközi Tiszta és Alkalmazott Kémiai Unió) Nomenklatúrabizottságának 1993-as ajánlásait. Emiatt néhány szerves vegyület szabályos neve az utóbbi időben megváltozott.

A IUPAC nagyon fontos feladata az egységes nemzetközi nevezéktan kidolgozása. A megalkotott szabályok mindig egyértelmű nevet szolgáltatnak egy vegyületnek (a legtöbb vegyület esetében egyetlen névhez vezetnek).

Mivel az előző ismeretekkel, tankönyvekkel és egyéb könyvekkel feltétlenül meg kívánjuk a kapcsolatot teremteni, ezért számos esetben a vegyületek nevének megjelölésénél is mindkét elnevezést megadtuk. Az elnevezésre és a tagolásra vonatkozó szabályokat egy-egy anyagcsoport ismertetésénél fogjuk bemutatni.

A tájékozódást kívánjuk elősegíteni azzal is, hogy *a név- és tárgymutató után olyan táblázatot helyeztünk el, amely a könyvben előforduló vegyületek eddig használt és az új nevezéktan szerinti nevét tartalmazza.*

A METÁN A LEGREDUKÁLTABB SZÉNVEGYÜLET

A metán a legredukáltabb szénvegyület, mert négyenél több hidrogénatom egy szénatomra semmilyen más vegyületben nem jut. A szén-dioxid a legoxidáltabb szénvegyület. Földünk oxidáló hatású légkörében előbb-utóbb minden szénvegyület szén-dioxiddá ég el, oxidálódik. Csak a növények és néhány baktérium képesek arra, hogy a Nap energiáját felhasználva a szén-dioxidot metánná redukálják.



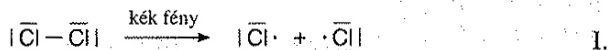
KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. A szénhidrogének melyik csoportját képezik a telített szénhidrogének?
2. Hogyan csoportosítjuk a szénhidrogéneket szénvázuk alapján?
3. Ismertesd a metán molekulaszerkezetét!
4. Sorold fel a metán megismert reakcióit! Mit nevezünk szubsztitúciónak?
5. Hány g szén-dioxid keletkezik 40 g 80 tömeg%-os metántartalmú földgáz elégetésekor?
6. Nézz utána! Miért okozott a sújtólég több szénbányában robbanást?

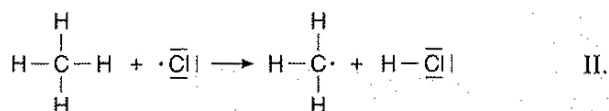
A LÁNCREAKCIÓ

Ha metánt és klórt elegyítünk, sötétben hosszú időn át nem történik változás. Napfény vagy erős kék fény hatására azonban a gázelegy felrobban. Mi történhet az elegyben?

A klórmolekulák megfelelő energiájú fény hatására atomokra bomlanak:



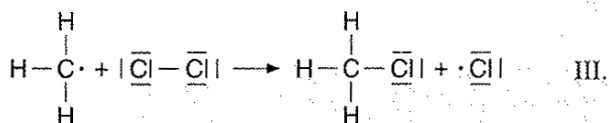
A klóratomok egymással ütközve újra molekulává egyesülnek, de metánmolekulával ütközve az alábbi reakció megy végbe:



A metilgyök ($\text{CH}_3\cdot$), mint általában a gyökök, igen rövid életű, párosítatlan elektronja miatt kovalens kötés kialakítására (az energiaminimum elérésére) törekszik.

A gyökök elektromosan semlegesek, tehát nem ionok! (A metilgyök is stabilis lenne, ha minden más molekulától távol, egymagában lenne a világűr rendkívül kis anyagsűrűségű helyein.)

Amikor a metilgyök klórmolekulával ütközik, az alábbi folyamat megy végbe:

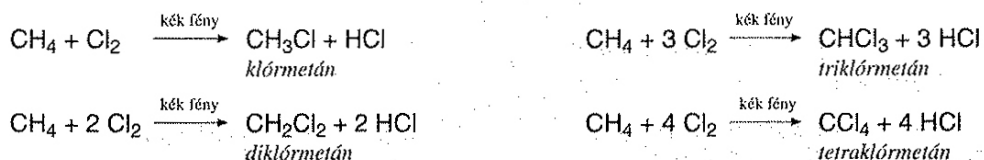


Tehát újra klóratom keletkezik, amelyik a metánmolekulával ütközve a II. reakciót hozza létre, majd a III. reakció következik, és így tovább. Láncszerűen az összes molekula átalakulhat, ezért nevezik az ilyen folyamatot *láncreakciónak*. A valóságban mindez egy pillanat alatt megy végbe.

A folyamat akkor fejeződik be, amikor a gyökök nem molekulákkal, hanem egymással ütközve molekulákká alakulnak (pl. metilgyök klóratommal vagy klóratom klóratommal vagy metilgyök metilgyökkel). Ezek a lánczáró folyamatok, míg a II. és a III. reakció láncvivő, az I. reakció pedig a láncindító folyamat.

Hasonló láncreakciókban nemcsak egy, hanem két, három, sőt négy hidrogénatom is kicserélődhet egy molekulában, így egyidejűleg többféle termék is keletkezhet: metil-klorid (klórmétán) (CH_3Cl), diklórmétán (CH_2Cl_2), kloroform (triklórmétán) (CHCl_3), szén-tetraklorid (tetraklórmétán) (CCl_4).

A folyamatok reakcióegyenletei:



A folyamat során átmenetileg gyökök képződnek, ezért a metán halogénezését *gyökös mechanizmusú substitúciónak* nevezzük.

EGYÉB TELÍTETT SZÉNHIIDROGÉNEK

A metán az első képviselője a nyílt láncú, telített szénhidrogének csoportjának. A nyílt láncú vegyületek a metánból származtathatók úgy, hogy mindig eggyel növeljük a szén-, kettővel pedig a hidrogénatomok számát. Így hasonló szerkezetű vegyületek sora alakul ki. (Lásd a 25.1. táblázatot!)

NORMÁLIS LÁNCÚ ALKÁNOK

A normális láncú alkánok négy legkisebb szénatomszámú tagjának régi, görög eredetű neve van. Az ötszénatomostól kezdve úgy nevezzük el őket, hogy a szénatomszámnak megfelelő görög számnév tövéhez **-án** végződést illesztünk.

ALKILCSOPORTOK

A konstitúciós képleteket megfigyelve lát-szik, hogy a telített szénhidrogének moleku-lái azonos szerkezeti elemekből épülnek fel. A lánc végén levő szénatomhoz mindig három hidrogénatom kapcsolódik ($-\text{CH}_3$), a normá-lis lánc láncközi szénatomjaihoz pedig min-dig kettő ($-\text{CH}_2-$).

A molekula bizonyos szempontok szerint kö-rülhatárolt részét csoportnak nevezzük.

Az alkilcsoportok egy (láncvégi) hidrogén-atommal tartalmaznak kevesebbet a meg-felelő alkánmolekulánál. Ezeket úgy neve-zük el, hogy a megfelelő (azonos szénatom-

Név	Összegképlet	Rel. mol. tömeg	Konstitúciós képlet	Op. (°C)	Fp. (°C)
metán	CH_4	16	CH_4	-182,5	-161,5
etán	C_2H_6	30	CH_3CH_3	-183,2	-88,6
propán	C_3H_8	44	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	-187,7	-42,1
bután	C_4H_{10}	58	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	-138,3	-0,5
pentán	C_5H_{12}	72	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	-129,7	36,1
hexán	C_6H_{14}	86	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	-95,3	68,7
heptán	C_7H_{16}	100	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	-90,6	98,4
oktán	C_8H_{18}	114	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	-56,8	125,7
nonán	C_9H_{20}	128	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$	-53,6	150,8
dekán	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	142	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	-29,7	174,0
undekán	$\text{C}_{11}\text{H}_{24}$	156	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{CH}_3$	-25,6	194,5
dodekán	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	170	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$	-9,6	214,5
tridekán	$\text{C}_{13}\text{H}_{28}$	184	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$	-6,2	234,0
tetradekán	$\text{C}_{14}\text{H}_{30}$	198	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$	5,5	252,5
pentadekán	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	212	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$	10,0	270,5
hexadekán	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	226	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_3$	18,5	287,5
heptadekán	$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$	240	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$	22,5	303,0
oktadekán	$\text{C}_{18}\text{H}_{38}$	254	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3$	28,0	317,0
nonadekán	$\text{C}_{19}\text{H}_{40}$	268	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{CH}_3$	32,0	330,0
eikozán	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	282	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CH}_3$	36,5	205,0*
triakontán	$\text{C}_{30}\text{H}_{62}$	422	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{CH}_3$	66,0	258,0*
tetrakontán	$\text{C}_{40}\text{H}_{82}$	562	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$	81,0	
pentakontán	$\text{C}_{50}\text{H}_{102}$	702	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{48}\text{CH}_3$	92,0	

25.1. Normális szénláncú alkánok homológ sora (* $4 \cdot 10^2$ Pa nyomáson mért értékek)

számú) alkán nevének **-án** végződését **-il** végződésre cseréljük. Például CH_4 metán, CH_3 — metilcsoport.

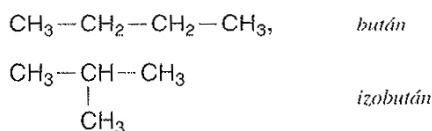
A normális láncú alkánok konstitúciós képlete: $\text{H}-(\text{CH}_2)_n-\text{H}$ (n a szénatomok száma). A normális láncú szénhidrogének molekulái sorozatot alkotnak, amelyben a szomszédos tagok egy metilcsoportban ($-\text{CH}_2-$) különböznek egymástól.

Az azonos szerkezeti elemekből felépülő vegyületsorozat, melyben a szomszédos tagok molekulái csak egy metilcsoportban különböznek egymástól, homológ sornak nevezzük. (A *homológ* görög eredetű szó, jelentése: megegyező.) A homológ sor tagjainak a kémiai tulajdonságai hasonlóak, fizikai tulajdonságai pedig monoton változnak.

ELÁGAZÓ LÁNCÚ ALKÁNOK

A metán, az etán és a propán atomjai csak egyféleképpen kapcsolódhatnak. Így csak egyféle konstitúciójú molekulák jöhetnek létre belőlük.

Négy szénatom kapcsolódására már két lehetőség van. A C_4H_{10} összegképletű alkán esetében kétféle konstitúciójú molekula szerkeszthető. Egy normális és egy elágazó láncú, amely izomerje az előzőnek:



Képlet	Csoportnév
CH_3-	metilcsoport
CH_3-CH_2-	etilcsoport
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	propilcsoport
$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3$	izopropilcsoport
$-\text{CH}_2-$	metilcsoport (metándiilcsoport)
$-\text{CH}-$	metilcsoport (metántriilcsoport)

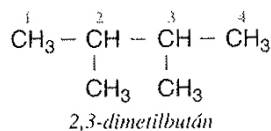
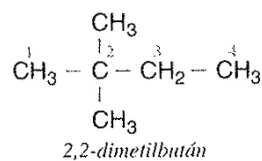
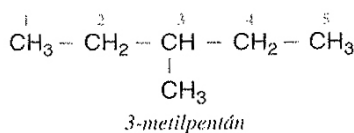
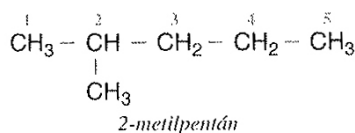
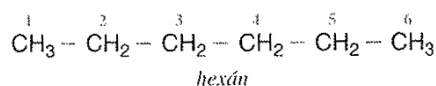
26.1. Szénhidrogéncsoportok

A lehetséges konstitúciók száma a szénatomok számának növekedésével rohamosan nő. (A lehetséges konstitúciók közül mindig csak egy a normális láncú, a többi elágazó láncú.)

A nyílt láncú alkánok általános összegképlete: $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. (Függetlenül attól, hogy elágaznak vagy nem.) Az elágazó láncú alkánoknak olyan nevet kell adnunk, amely pontosan kifejezi a konstitúciójukat. Az *elnevezés szempontjából az elágazó szénláncú alkánokat a normális láncú alkánok olyan származékainak tekintjük, melyekben a hidrogénatomok egy részét alkilcsoportok helyettesítik.*

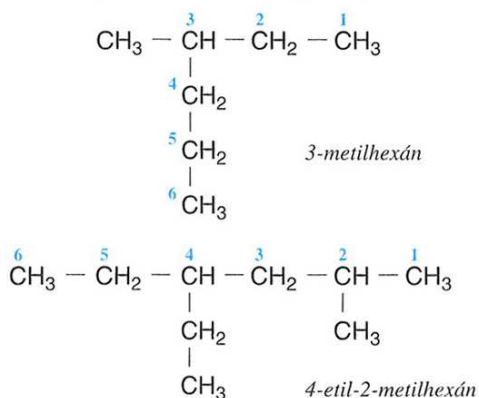
Az elnevezés főbb szabályai:

– a leghosszabb összefüggő szénlánc (főlánc) kiválasztása és elnevezése;

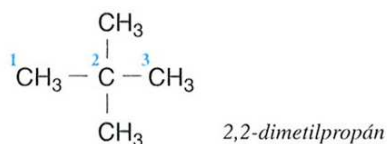


26.2. A C_6H_{14} összegképletű alkánok konstitúciói

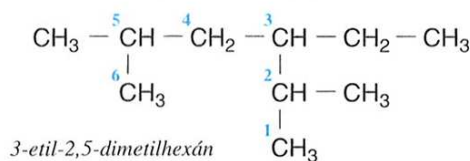
- megszámozzuk a főlánc szénatomjait úgy, hogy a kapcsolódó csoportok a lehető legkisebb számokat kapják;
- az alkilcsoportok nevét az alaplánc neve előtt ábécérendben felsoroljuk a helyzetüket megadó számmal együtt;



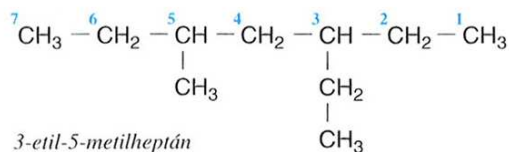
- ha azonos csoport többször szerepel: di-, tri-, tetra- szócskával jelezzük;
- ha azonos szénatomhoz két azonos csoport kapcsolódik, a helyzetüket jelölő számot is megkettőzzük;



- ha két azonos hosszúságú láncot lehet kijelölni főláncként, akkor azt kell beszámolni, amelyik több elágazást tartalmaz;



- ha a láncvégtől két elágazás azonos helyzetben van, akkor a betűrendben előbb álló kapja a kisebb számot.

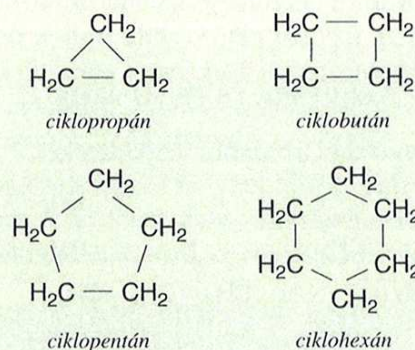


CIKLOALKÁNOK

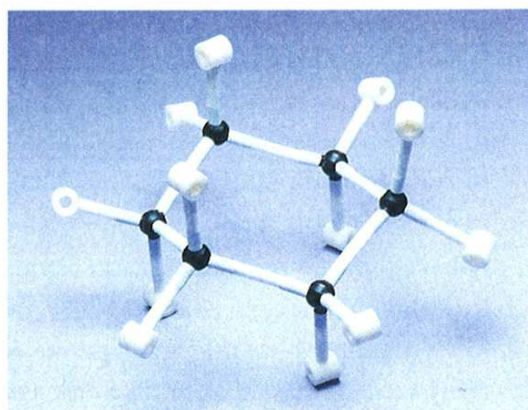
Az egyszeres kötésekkel kapcsolódó szénatomok láncá gyűrűvé is záródhat. A cikloalkánok molekulái gyűrűként kettővel kevesebb hidrogénatomot tartalmaznak, mint a megfelelő nyílt láncú alkánok molekulái. Összegképletük: C_nH_{2n} .

A legegyszerűbb cikloalkán a háromtagú gyűrűt tartalmazó ciklopropán. Felső határa a gyűrű tagszámának elvileg nincs. A természetben a legelterjedtebbek az öt- és hattagú gyűrűt tartalmazó szénvegyületek. A tetraédres kötésirányok miatt a gyűrűk szénatomjai nem esnek egy síkba.

A cikloalkánok elnevezése az alkánokhoz hasonlóan történik. Itt a sorszámozás valamelyik elágazásnál kezdődik, és olyan irányban halad, hogy az elágazások a lehető legkisebb számokat kapják.



27.1. Néhány cikloalkán

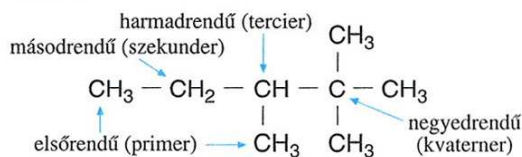


27.2. A ciklohexán molekula pálcikamodellje

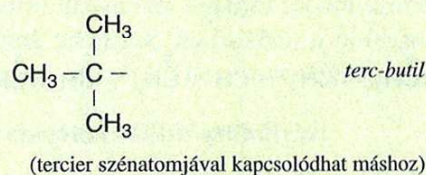
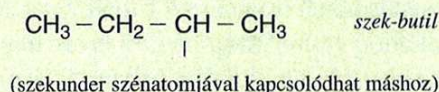
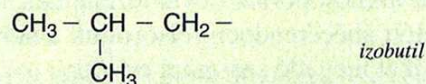
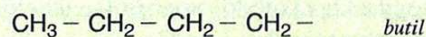
A SZÉNATOM RENDŰSÉGE

A telített (azaz négyligandumos) **szénatom rendűsége** attól függ, hogy hány másik szénatommal létesít kovalens kötést. Az **elsőrendű** (*primer*) szénatom egy, a **másodrendű** (*szekunder*) két, a **harmadrendű** (*tercier*) három, a **negyedrendű** (*kvaterner*) mind a négy kovalens kötésével *szénatomhoz kapcsolódik*.

Például:



A molekula valamelyik atomjához közvetlenül kapcsolódó molekularészleteket (atomokat, atomcsoportokat) ligandumoknak is szokták nevezni. (Az elnevezés a latin ligo = kötök szóból származik.)

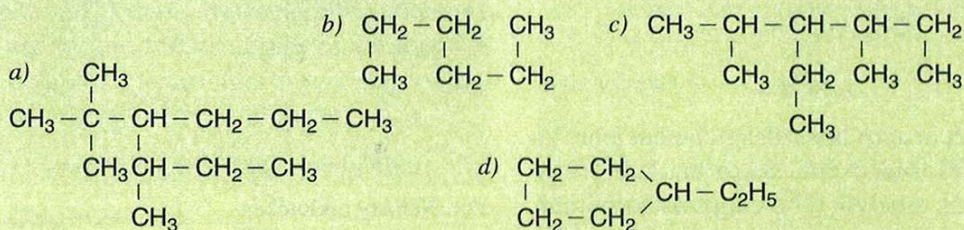


28.1. A butilcsoport és izomerjei (félszisztematikus nevek)



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Nevezd el az alábbi vegyületeket!



2. Rajzold le az alábbi vegyületek konstitúciós képletét, és állapítsd meg az összegképletüket!

- a) 2,3-dimetilpentán d) ciklopentán
b) 2,2,3-trimetilbután e) metilciklopentán
c) 3-etil-2-metilpentán f) 3-metil-4-propilheptán

Állapítsd meg a molekulák 2. szénatomjainak rendűségét!

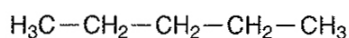
3. Rajzold le, és nevezd el a C_7H_{16} összegképletű alkánok konstitúciós képleteit!

4. Miért alkotnak homológ sort a normális láncú alkánok?

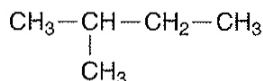
5. Hány szénatomos annak az alkánnak a molekulája, melynek moláris tömege $254 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$?

AZ IZOMÉRIA

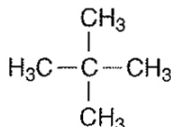
A szerves vegyületek molekulái általában sok atomból épülnek fel, ezért gyakori, hogy egy összegképlet több anyagra is jellemző. A C_5H_{12} összegképlet háromféle konstitúciójú molekulát jelent. Ezek az eltérő szerkezet következtében más fizikai és kémiai sajátságokkal rendelkeznek, azaz más vegyületek:



fp.: 36 °C pentán



fp.: 28 °C 2-metilbután



fp.: 10 °C 2,2-dimetilpropán

Izoméria: az a jelenség, hogy egy adott összegképletnek többféle szerkezetű molekula is megfelel.

Izomerek: az azonos összegképletű, de eltérő szerkezetű molekulák. (Az *izomer* görög eredetű szó, jelentése: azonos rész.) Az izomerek eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek.

A példában szereplő pentán izomerek eltérő forráspontjai a különböző konstitúcióval magyarázhatók. Az izomériának ezt a fajtáját konstitúciós izomériának nevezzük. (Egy összegképletnek többféle, különböző konstitúciójú molekula is megfelel.)

Konstitúciós izomerek azok a molekulák, amelyek azonos összegképletűek, de eltérő az atomjaik kapcsolódási sorrendje.

A molekulák térbeli szerkezetének ismeretéhez nem elég, ha tudjuk, hogy milyen a konstitúciója, s hogy minden szénatom körül a másik négy atom tetraéderesen helyezkedik el.

Az *egyszeres kovalens kötéssel egymáshoz kapcsolódó atomok* egymástól lényegesen nem távolodhatnak el, de az *egyszeres kötés mentén elfordulhatnak*. (Az ehhez szükséges energiát a hőmozgás miatt bekövetkező molekulaütközések biztosítják.)

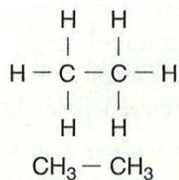
Például az egyféle konstitúciójú etánmolekulában a két szénatom hidrogénatomjainak egymáshoz viszonyított helyzete pillanatonként más és más lehet. A molekula energiája akkor a legalacsonyabb (energiamínimum), amikor a kötő elektronpárok a lehető legtávolabb vannak egymástól. Ez az úgynevezett **nyitott állás** esetén valósul meg. Azt a szerkezetet, amelyben a kapcsolódó hidrogénatomok a lehető legközelebb vannak egymáshoz, **fedő állásnak** nevezzük.

A két szélsőséges helyzet között számtalan térszerkezet lehetséges. **Konformáció:** egy molekula különböző, egymással közvetlenül

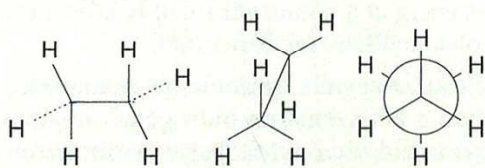
Szénatomok száma	Konstitúciók száma
4	2
5	3
6	5
7	9
8	18
9	35
10	75
15	4 347
20	366 319
30	4 111 846 763
40	62 491 178 805 831

29.1. Az alkánok elvileg lehetséges konstitúciós izomereinek száma

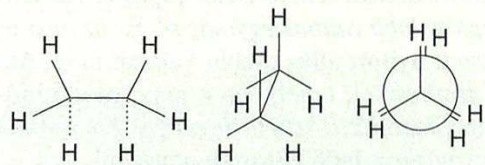
nem kapcsolódó atomjainak, atomcsoportjainak egymáshoz viszonyított térbeli elrendeződése. Egy molekula különböző konfor-



etán: C_2H_6



Az etánmolekula nyitott állása

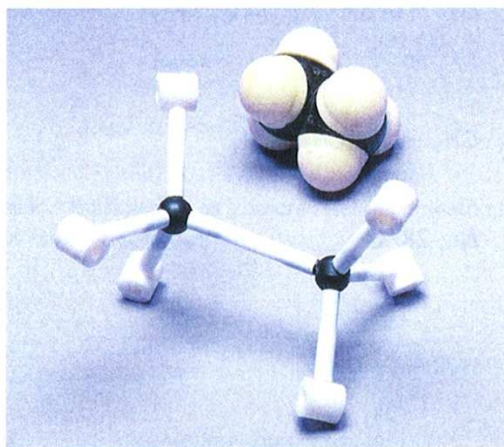


Az etánmolekula fedő állása

30.1. Az etánmolekula legstabilabb és legkevésbé stabil konformációi

mációi az atomcsoportokat összetartó szigma-kötés körüli elfordulással átmehetnek egymásba.

Azt a jelenséget, amikor az azonos összegképletű és konstitúciójú molekulák abban különböznek, hogy atomjaik térbeli elrendeződése eltér egymástól, **térizomériának** nevezzük. **Konformációs izomerek** azok a szénhidrogén-molekulák, amelyek **azonos összegképletűek és konstitúciójúak, de eltérő tér szerkezetűek**. (Később a térizomériának más fajtáival is találkozunk.)



30.2. Az etánmolekula legalacsonyabb energiájú konformációjának pálcika- és kalottmodellje

ÉRDEKESÉGEK

Egy palack etángázban a molekulák nagy részének (kb. 99%) nyitott állású térszerkezete van. Azonban bármelyik molekulával előfordulhat, hogy más molekulákkal ütközve akkora energiára tesz szert, hogy átfordul egy másik nyitott állású térszerkezetbe. (Közben egy nagyobb energiájú fedő állású szerkezeten kell áthaladnia.) Ilyen átfordulást egy-egy molekula másodpercenként akár 10^{10} -szer is végezhet, de ez olyan gyorsan játszódik le (10^{-12} s alatt), hogy a molekulák gyakorlatilag mindig a stabilisabb, nyitott állású térszerkezetükben vannak. (Magasabb hőmérsékleten megnövekedhet a nyitott állástól eltérő térszerkezetű molekulák száma.)



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

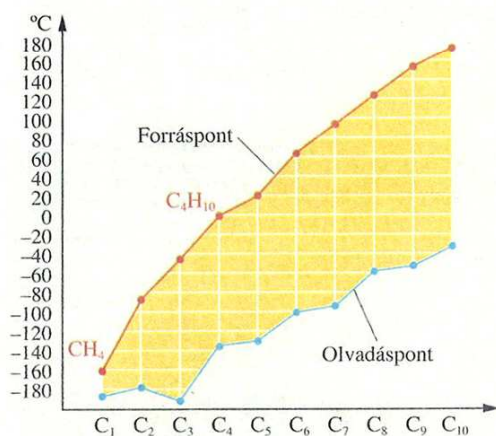
1. Megállapítható-e egyértelműen az összegképlet alapján egy vegyület molekulájának konstitúciója?
2. Értelmezhető-e a konformáció a metán esetében?
3. Miben különböznek egymástól az eddig megismert izomerek?

A TELÍTETT SZÉNHIIDROGÉNEK FIZIKAI ÉS KÉMIAI TULAJDONSÁGAI

FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Az el nem ágazó láncú alkánok homológ sorában az **első négy tag** standardállapotban (25 °C; 0,1 MPa) **gáz-halmazállapotú**. A pentántól kezdődően a **tizenhatos szénatomszámgig** folyadékok, felette pedig szilárdak.

Megfigyelhetjük, hogy a homológ sor két szomszédos tagjának forráspontja közti különbség a szénatomszám növekedésével csökken. (Lásd a 31.1. grafikont!) Ez a molekulatömeg viszonylagos növekedésének következménye. Nagyobb C-atomszám esetén egy metilénsoportnyi növekedés egyre kisebb változást jelent. Az olvadáspontok egyenletes növekedése akkor mutatkozik meg igazán, ha a páros és a páratlan szénatomszámú alkánokat külön-külön vizsgáljuk. Ennek az az oka, hogy a páros és a páratlan szénatomszámú alkánok eltérő kristályrendszerben kristályosodnak. (Más módon rendeződnek el a molekulák a kristályrácsban.)



31.1. Az alkánok forrás- és olvadáspontértékei a szénatomszám függvényében

Az elágazó láncú alkánok olvadás- és forráspontja is különbözik a megfelelő normális láncú alkánokétól.

Általában érvényes, hogy **minél nagyobb mértékű a láncelágazás, annál alacsonyabb a forráspont és annál magasabb az olvadáspont**. Ez azért van így, mert a molekulák közötti kölcsönhatás elsősorban a molekulák méretétől és az alakjától függ.

A normális láncú molekulák elnyúlt képződmények, amelyek tetszőlegesen elfordulhatnak az egyszeres C—C kötések körül. A nagyon sok elágazást tartalmazó alkánok molekulái pedig majdnem gömb alakúak. Az *elnyúlt molekulák nagyobb „felületen” érintkeznek egymással, így erősebb közöttük a kölcsönhatás, mint a gömb alakú molekulák között*. Ezért magasabb a normális láncú alkánok forráspontja, mint az elágazó láncúaké.

A közel gömb alakú molekulák, ha a folyadékfázisban egymás mellett vannak, akkor könnyen kristályrácsba rendeződnek. Az elnyúlt láncmolekulák nehezen rendeződnek el szabá-

Szénváz	Összegképlet	Op. (°C)	Fp. (°C)
C—C—C—C—C—C	C ₆ H ₁₄	-95	69
$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \end{array}$	C ₆ H ₁₄	-154	60
$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \end{array}$	C ₆ H ₁₄	-118	63
$\begin{array}{c} \text{C} \quad \text{C} \\ \quad \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \end{array}$	C ₆ H ₁₄	-129	58
$\begin{array}{c} \text{C} \\ \\ \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{C} \end{array}$	C ₆ H ₁₄	-98	50

31.2. A hexán és elágazó láncú izomerjeinek olvadás- és forráspontértékei

lyosan. A molekulák kis mozgása is akadályozza a kristályrács kialakulását.

A **gyűrűs alkánok forrás- és olvadáspontja is magasabb, mint a megfelelő normális láncú alkánoké.** Ennek oka az, hogy a gyűrűs vegyületek merevebb szerkezetű molekulái könnyebben, illetve nagyobb „felületen” tudnak érintkezni, mint a normális láncúak kötések mentén állandóan elforduló molekulái.

Az alkánok halmazállapota függ az elágazás mértékétől is (például a pentán folyadék, míg az erősen elágazó 2,2-dimetilpropán gáz, pedig mindkettő öt szénatomos).

A paraffinok vízben gyakorlatilag nem oldódnak. Itt is érvényesül **az oldódás egyszerű elve, a hasonló a hasonlóban oldódik.** Az alkánok molekulái apolárisak, míg a víz molekulái polárisak. Nagyon sok szerves oldószerben és egymásban jól oldódnak.

Az alkánok sűrűsége kisebb a víz sűrűségénél, így a víz felszínén helyezkednek el.

KÉMIAI TULAJDONSÁGOK

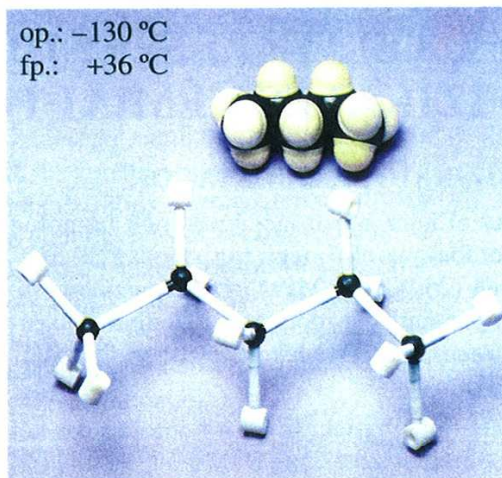
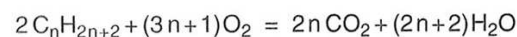
A paraffinok, nevüknek megfelelően (leegyszerűbb képviselőjükhöz, a metánhoz hasonlóan) közönséges körülmények között gyakorlatilag semmilyen anyaggal nem reagálnak. **Az alkánok a legközbömbösebb szénvegyületek.**

Magasabb hőmérsékleten reakcióképesek. A metánhoz hasonlóan **jellemző rájuk az éghetőség és a szubsztitúciós reakció.**

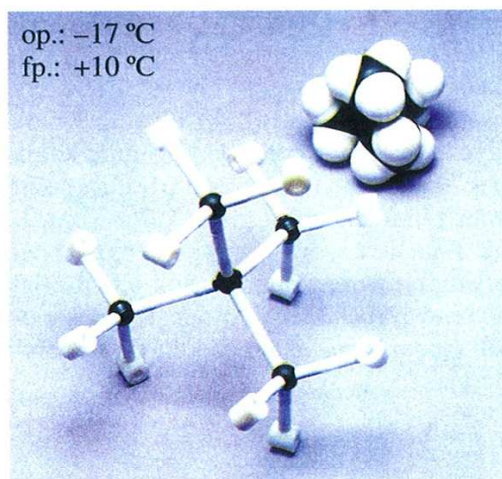
ÉGÉS

A mindennapi élet szempontjából legfontosabb reakciójuk, hogy **meggyújtva elégnak, és hőt szolgáltatnak.** Ezek az exoterm folyamatok termelik a hőt az erőművek nagy részében, és adják az energiát a járművek többségének hajtásához.

A paraffinok tökéletes égésének általános reakcióegyenlete:



32.1. A pentánmolekula kalott- és pálcikamodellje



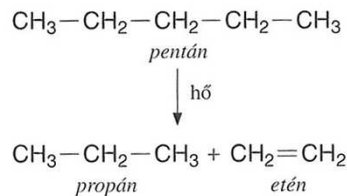
32.2. A 2,2-dimetilpropán-molekula kalott- és pálcikamodellje

Szénatomok száma	$\Delta Op.$ (°C)	$\Delta Fp.$ (°C)
3	60	9
4	45	13
5	36	13
6	102	12
7	83	21
8	72	25
9	65	27

32.3. Cikloalkánok és normális láncú alkánok olvadás- és forráspontértékeinek különbsége

Magas hőmérsékleten (1000 °C) az alkánok molekulái elbomlanak, és kisebb szénatom-számú telített és telítetlen szénhidrogén-molekulák keletkeznek belőlük. Ezt a folyama-

tot **krakkolásnak** nevezzük. (Az elnevezés az angol törni szóból származik.)



Az alkánok természetben előforduló legfőbb forrása a földgáz és a kőolaj.

Az alkánokat tüzelőanyagként és a vegyiparban alapanyagként használják.



33.1. Az alkánok égése hőt szolgáltat az erőművekben, és energiát ad a járművek hajtásához



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Számold ki, hogy hány %-os tömegnövekedést jelent a metilénecsoport beépülése az etán-, illetve a dekánmolekulánál! Az eredmény alapján elemezd a forráspontgrafikont!
2. Írd le a bután égésének egyenletét!
3. Állapítsd meg a forráspontgrafikonról a propán és a bután forráspontját!
4. A levegő vagy a propán nagyobb sűrűségű? (Gondolj a moláris tömegekre!) A helyiségek alján gyűlik össze, vagy felfelé áramlik a propán?
5. Számítsd ki, hogy hány g szén-dioxid keletkezik 28 g ciklobután égésekor!
6. Melyik az a normális láncú alkán, amelynek 1 molját elégetve 176 g szén-dioxid keletkezik? Írd fel az égés egyenletét!
7. Egy nyílt láncú szénhidrogén széntartalma 84 tömeg%. Mi a vegyület képlete, neve, és milyen halmazállapotú standardállapotban?
8. Melyik az az elágazó láncú alkán, amelynek 3 molját elégetve 294 dm³ standardállapotú szén-dioxid-gáz keletkezik? Írd fel az égés egyenletét!

A FÖLDGÁZ ÉS A KŐOLAJ

A telített szénhidrogének nagy mennyiségben fordulnak elő a természetben mint a földgáz és a kőolaj alkotórészei. A földgáz és a kőolaj világviszonylatban óriási jelentőségű energiaforrás és vegyipari alapanyag.

KELETKEZÉS

A Mengyelejev-től származó elképzelés szerint a kőolaj akkor keletkezett, amikor a Föld élővilága még nem alakult ki. A Föld kialakulásának kezdetén lehetőség volt fém-karbidok keletkezésére (2500–3000 °C-on a fémek szénnel karbidokká egyesülnek). A fém-karbidok vízzel való reakciója szénhidrogéneket eredményezett.

Egyes feltevések az őslégrétegekből származtatják a földgáz és a kőolaj összetevőit. Az őslégrétegek metán molekuláiból az ibolyántúli sugárzás hatására nagyobb szénatomszámú szénhidrogének keletkeztek. Ezek a légkör lehűlésekor lecsapódtak, majd beszívódtak a földkéregbe.

A kőolaj és a földgáz a ma általánosan elfogadott felfogás szerint legnagyobb részben tengeri élőlények maradványaiból keletkezett.

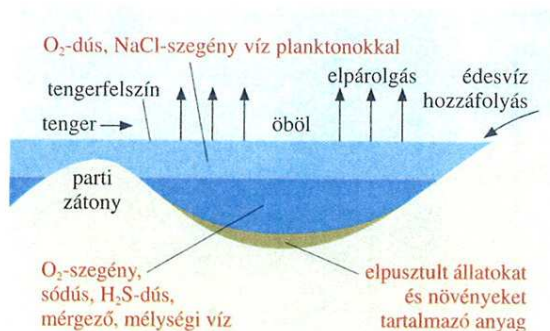
A kőolaj zárt lagúnákban, tengeröblökben és folyódeltákban felgyűlő szerves anyagokból – állati és növényi maradványokból – oxigéntől elzárt körülmények között képződött. Az elpusztult szervezetek – főleg mikroszkopikus méretű lebegő élőlények (planktonok) – maradványai együtt ülepedtek le a finomszemcsés szervetlen anyagokkal (iszap, agyag, márga), a kőolaj anyakőzeteivel. A szerves anyagokat részben baktériumok bontják szénhidrogénekké, részben pedig a rájuk ülepedő újabb üledékek súlyának nyomására és a magas hőmérséklet hatására hosszú idő alatt alakulnak át.

Az elpusztult élőlények szerves alkotórészei oxigéntől elzárva átalakulnak. Ez a megfelelő feltételek között (nagy nyomás, magas hőmérséklet és elegendő idő alatt) végbemenő bomlás vezetett a kőolaj és a földgáz képződéséhez.

A földgáz és a kőolaj legtöbbször együtt található, de külön-külön is előfordulhatnak.

ÖSSZETÉTEL

A földgáz legnagyobb mennyiségben metánt tartalmaz, de megtalálható benne az etán, a propán, a bután és az izobután is. (A lelőhelytől függően előfordulhat benne még szén-dioxid, hidrogén-szulfid, hélium és nitrogén is.)



34.1. A kőolajtelepek keletkezése



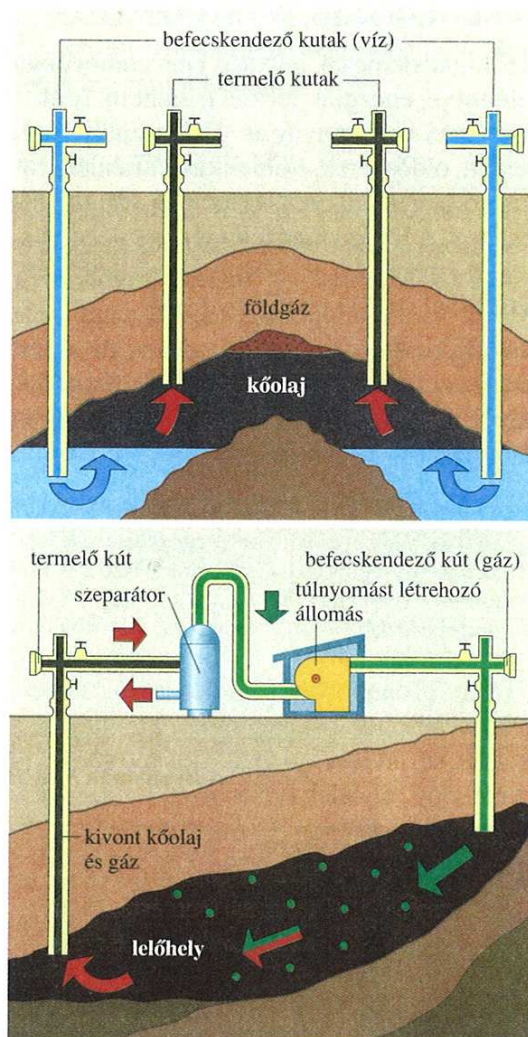
34.2. Kőolajfúrótorony a tengeren (Alaszka, USA)

A **kőolaj** több ezer vegyület keveréke. Ezek nagy része *cseppfolyós és abban oldott szilárd, illetve gáz-halmazállapotú telített szénhidrogén*. A kőolajok összetétele is függ a lelőhelytől. Egyes kőolajokban a nyílt láncú alkánok, másokban a cikloalkánok (naftének) vannak nagyobb mennyiségben.

A kőolaj a földkéregben található. Az át nem eresztő kőzetrétegek között gyűlt össze, vagy szivárgott be a porózus kőzetekbe, és ott helyezkedik el, mint a szivacsban a víz. A neve is innen ered.

Önmagától csak ritkán kerül a föld felszínére. Kitermelése fúrással lebocsátott csöveken keresztül történik. A kőolajat a földgáz és a réteg nyomása juttatja a felszínre. Gyakran vizet préselnek az olajréteg alá, ezzel növelve a nyomást. Ha nincs megfelelő nyomás, akkor szivattyúzni kell. Az utóbbi évtizedekben a tenger alatti telepek kitermelése is megkezdődött.

A legnagyobb kőolaj- és földgáztermelő a Közel-Kelet. Hazánkban a kőolajtermelés kb. kétmillió tonna évente. Nagy részét az Alföldön, elsősorban Szeged–Algyő térségében bányásszák. Földgáztermelésünk mintegy 6,5 milliárd m³ évente, nagy részét Algyőn és Hajdúszoboszlón hozzák felszínre. (Répcelakon nagy CO₂-tartalmú földgázok is előfordulnak.) A hazai lehetőségek nem fedezik a szükségleteket, ezért mindkét anyagot importálnunk is kell.



35.1. A kőolaj kinyomása vízzel (1), ill. gázzal (2)

Lelőhely	Kőolaj (10 ⁷ t)		Földgáz (10 ¹⁰ m ³)	
	Készlet	Termelés	Készlet	Termelés
Közel-Kelet	5000	56	2300	4
Közép- és Dél-Amerika	1200	33	540	7
Kelet-Európa	900	64	3700	60
Afrika	750	23	580	5
Távol-Kelet és Ausztrália	550	27	640	9
Észak-Amerika	500	57	830	52
Nyugat-Európa	350	18	540	18
Összesen	9250	278	9130	155

35.2. A világ becsült kőolaj- és földgázkészletei

FELDOLGOZÁS, FELHASZNÁLÁS

A földgáz nemcsak jelentős **energiahordozó** (elégetve energiát termel), hanem fontos **vegyipari nyersanyag** is. Felhasználják pl. benzín, oldószerek, szintetikus műszálak, rovarirtó szerek, alkohol, vitaminok stb. előállításához. A földgázban jelenlévő egyéb anyagok is értékesek (pl. a benne lévő hidrogén-szulfidból (H_2S) kén állítható elő).

A földgázból kivont *propán, bután és izobután keverékét cseppfolyósítva* acél- vagy alumíniumpalackokban hozzák forgalomba (**PB-gáz**).

Vizsgáljuk meg a kőolaj színét, sűrűségét, öntsünk belőle keveset vízbe! Végezzük el a kőolaj szakaszos lepárlását! Gyűjtsünk össze 2-3-féle párlatot (frakciót), és vizsgáljuk meg a tulajdonságaikat!

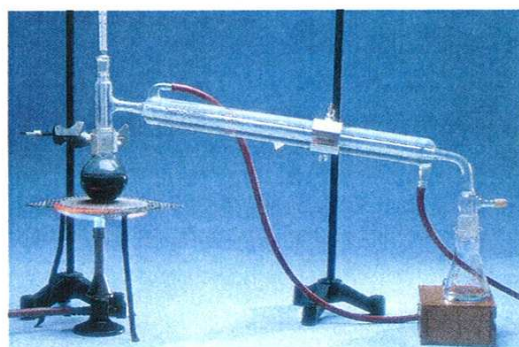
A nyers kőolaj többnyire sötét színű (zöldeskéken csillogó, az iszaptól gyakran barnára festett), sűrűn folyó, a víznél kisebb sűrűségű gyúlékony folyadék (vízen úszik). *Az égő kőolajat nem lehet vízzel oltani!*

Nyers állapotban fűtésre használható, de ez nagy pazarlás lenne, mert igen értékes anyagokat tartalmaz. **Feldolgozása az összetevők elkülönítését jelenti.**

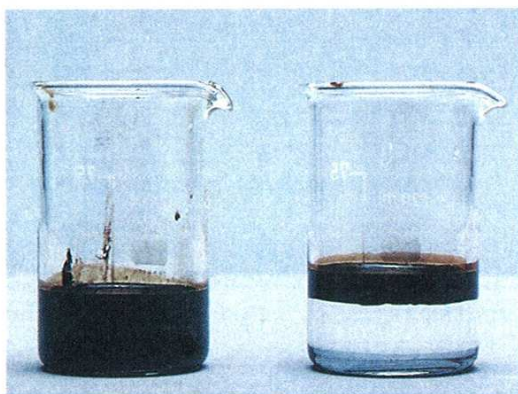
A kőolajat kőolajfinomító üzemekben dolgozzák fel, amelyek rendszerint távol vannak

a lelőhelyektől. Szállítás előtt eltávolítják belőle a szennyezéseket (a vizet, a homokot), ezután elkülönítik belőle a gáz-halmazállapotú és az illékony szénhidrogéneket, mert ezek szállítás közben robbanást és tüzet okozhatnak. A szállítás tartálykocsikban, tartályhajókkal és kőolajvezetékben történik.

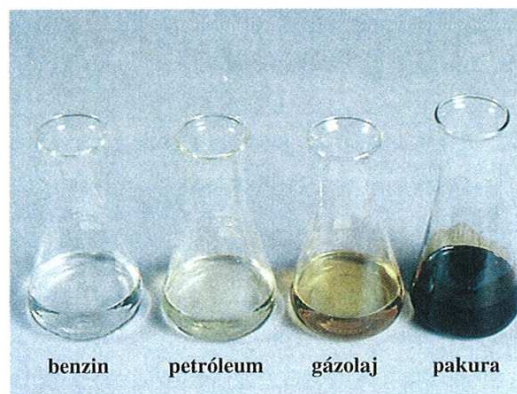
Az *összetevők szétválasztása a forráspontkülönbség alapján történik.* (A különböző szénatomszámú szénhidrogéneknek különböző a forráspontjuk.) A folyékony elegy melegítésekor távozó gőzök kezdetben az alacsonyabb, majd a hőmérséklet növekedésével a magasabb forráspontú összetevőkben lesznek gazdagabbak. A gőzöket lehűtik, majd az újra cseppfolyósodott hasonló tulajdonságú vegyületek keverékét különböző edényekbe gyűjtik. Így a hőmérséklettartományoktól függően több párlathoz jutnak.



36.2. A kőolaj szakaszos lepárlása



36.1. A kőolaj úszik a vízen



36.3. A kőolaj lepárlásának termékei

Azt a szétválasztási eljárást, amellyel egy folyadékelegy összetevőit forralással, majd hűtéssel csoportokra (frakciókra) különítik el, **frakcionált desztillálásnak** (szakaszos lepárlásnak) nevezzük.

A leírt eljárást nem lehet folyamatos termelésre használni, ezért gazdaságtalan (az edényt szét kell szerelni, a maradékot ki kell üríteni, újra fel kell tölteni és melegíteni, így szakaszos a termelés).

Az iparban **frakcionált kondenzációt** (szakaszos lecsapást) alkalmaznak a kőolaj összetevőinek szétválasztására. A nyers kőolajat kb. 400 °C-ra hevítik, ezen a hőmérsékleten nagy része gőzzé alakul. A forró gőzöket úgynevezett frakcionáló oszlopba (toronyba) vezetik, amelyben a hőmérséklet felfelé csökken. Alul a legmagasabb forráspontú szénhidrogének csapódnak le, majd a felfelé áramló gőzökből sorban az egyre alacsonyabb forráspontúak. Ez gazdaságosabb a desztillálásnál, mert a kőolaj forralása és a párlatok

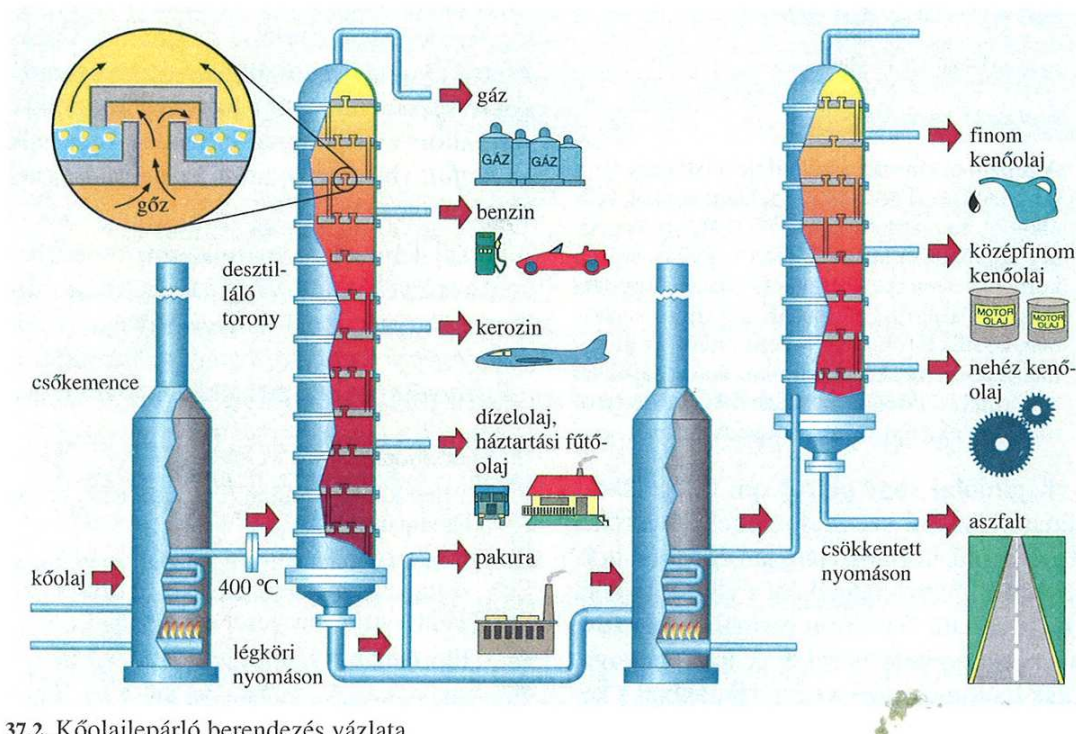
elvezetése folyamatos üzemben történhet. Így a felhasználás által megkívánt frakciókra lehet bontani a kőolajat.

KŐOLAJPÁRLATOK

A **nyersbenzin** 5–10 szénatomszámú alkánokból és cikloalkánokból áll. Lakkbenzin, gyógyászati benzin, motorbenzin előállítására használják. Ezek jellegzetes szagú, könnyen párolgó, tűzveszélyes folyadékok. A benzin gőzei a levegővel keveredve robbanó elegyet alkotnak. Ezen alapul az üzemanyagként való felhasználása.

Frakció neve (elegycsoportok)	Párlási hőmérséklet (°C)
motorbenzin	50 – 150
világítóolaj (petróleum)	150 – 250
dízelolaj (gázolaj)	250 – 350
kenőolaj	350 felett
pakura	maradék

37.1. A kőolajpárlási frakciók

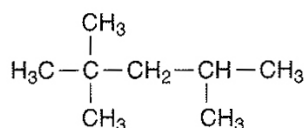


37.2. Kőolajlepárló berendezés vázlata

A motorbenzin minőségét aszerint értékelik, hogyan viselkedik összenyomás hatására a robbanómotorokban. Különösen fontos, hogy mennyire hajlamos az öngyulladásra a robbanómotor hengerében. A benzin kompressziótűrése (összenyomhatósága) az összetételétől függ. Legkevésbé hajlamos öngyulladásra az a benzin, amely elágazó láncú és aromás szénhidrogénekből áll. Legkisebb a kompressziótűrése a normális láncú szénhidrogéneket tartalmazó benzinnek.

A motorbenzin minőségét az **oktánszám** jelöli. Ez olyan izooktán-heptán keverék százalékos izooktán tartalmával egyenlő, amellyel a vizsgált benzin robbanási sajátosságai megegyeznek. Az izooktán oktánszámát 100-nak, a heptánét pedig 0-nak választották.

Ha a benzin oktánszáma pl. 98, akkor ez azt jelenti, hogy a vizsgált benzin úgy viselkedik, mintha 98% izooktánból és 2% heptánból álló keverék lenne (valójában sokféle más vegyület alkothatja). Minél nagyobb az oktánszám, annál jobb a benzin minősége.



izooktán (2,2,4-trimetilpentán)

A benzin oktánszáma különféle adalékanyagok hozzáadásával növelhető (például benzol, etilalkohol, tetraetilplumbán [$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$]). Az eddig általánosan használt ólomvegyület erősen környezetszennyező (rákkeltő hatású égéstermékek alakul). Felhasználását számos országban, köztük hazánkban is betiltották. Az ólommentes benzineken katalitikus átalakításokkal (reformálás) növelik az elágazó és gyűrűs (aromás) molekulájú szénhidrogének arányát.

A **világítóolaj** vagy **petróleum** főleg 10–11 szénatomszámú szénhidrogének keveréke. Sárgás színű, kormozó lánggal égő folyadék. Traktorok üzemanyagaként és fűtőolajként is használható. Tisztított formája a **kerozin**, ami repülőgépek és rakéták üzemanyaga. (Ezek hajtóművében a gázturbinákban a kerozint cseppfolyós oxigénnel égetik el.)

A **gázolaj** (dízolaj) 13–15 szénatomot tartalmazó szénhidrogének sárgásbarna színű elegye. Dízelmotorok hajtóanyaga (mozdonyok, teherautó- és hajómotorok üzemeltethetők vele). Fűtésre is használják (háztartási tüzelőolaj).

A dízelmotorokban az égést a levegő összenyomása előzi meg. Az összesűrített levegőbe fecskendezik be az üzemanyagot, amely magától meggyullad és elég. Nincs szükség külön gyújtószerkezetre és gyújtószikrára. Itt fontos követelmény az üzemanyag jó gyulladási készsége.

A **kenőolaj** 16–28 szénatomszámú alkánokat tartalmaz. Csökkentett nyomáson (vákuumban) desztillálhatók, mert ezek a nagy szénatomszámú paraffinok közönséges nyomáson a forráspontjukon elbomlanak (hőbomlás). A kenőolaj további feldolgozása során nyerik a vazelint, a paraffint (gyertyát készítenek belőle), a paraffinviaszt (vízlepergető anyagok készítésére használják).

A desztillációs maradék a **pakura**, amely sűrű, kenőcsösen megdermedő, sötét maszsa. Sokáig csak tüzelésre használták. Csökkentett nyomáson desztillálva újabb összetevőkre választható szét (dízolaj, kenőolaj). Az ekkor visszamaradó párlási maradék az **aszfalt** (bitumen), amit az útépitéseknél hasznosítanak.

A kőolaj nemcsak az energiatermelésnek, hanem a szerves kémiai vegyiparnak (műanyagipar, gyógyszeripar) is nyersanyaga. A **kőolajtermékek átalakításával és felhasználásával** a **petrolkémia** foglalkozik.

ELGONDOLKODTATÓ ADATOK

- 1 liter kőolaj 1 millió liter vizet tehet ivásra alkalmatlanná.
- 1 liter kőolaj 1 km²-nyi vízfelületen képes szétterülni, s azon finom hártát képezve elzárja a vízi élőlényeket az oxigéntől.
- Egy ólmozott benzint használó autó 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ átlagsebességnél óránként kb. 3,5 g ólmot bocsát a levegőbe.

ÉRDEKESSÉGEK

PILLANATKÉPEK A KŐOLAJ ÉS A FÖLDGÁZ FELHASZNÁLÁSÁNAK TÖRTÉNETÉBŐL

A kőolaj egyes összetevőit már csaknem 2000 évvel ezelőtt a Földközi-tenger vidékén tüzelőanyagként, világítási célokra, holttestek bebalzsamozására (Egyiptomban), habarcsként (a babilóniai építkezéseken), kocsikenőcsként és káros rovarok irtására használták. Amikor Nagy Sándor győztesként bevonult Ekbatanába, akkor a lakosok tiszteletére kőolajjal kenték be az utak szegélyét, majd meggyújtották, így világították ki a győztes útját.

A 7. században Bizáncban meghonosodott „görögtűz” valószínűleg kőolajból állt, amit égetett mész és víz reakcióhőjével részben elgázosítottak, s az így kapott gőzöket könnyen meg tudták gyújtani.

A kaukázusi olajvidéken a perzsák már több mint 2500 évvel ezelőtt templomot építettek a „szent tűz”, a földből feltörő és égő földgáz tiszteletére.

A kőolaj ipari felhasználásának kezdete 1854-re tehető, amikor desztillált és kénsavval tisztított kőolajat kezdtek alkalmazni a lámpákban.

Az első nagyobb olajkutat 1859-ben az amerikai Pennsylvániában fúrták (kb. 22 m mély volt). Ettől kezdve valamennyi olajat ígérő területen élénk feltárási tevékenység kezdődött, és a kőolajtermelés ugrásszerűen nőtt. Ma a legmélyebb kutak csaknem 10 km mélységből szolgáltatják a kőolajat. Termelékenységük nagyon változó lehet, naponta 1–500 t.

A gázvilágítás és az elektromos világítás bevezetésével a világítópetróleum háttérbe szorult, de a gyorsan növekvő motorizálás hatalmas mennyiségű más kőolajterméket igényelt.

MIÉRT „KOPOG A MOTOR”?

A benzinmotor csörgését vagy kopogását akkor hallhatjuk, ha a motort erős terhelés mellett hirtelen gyorsítjuk. Ebben az esetben a benzin (kevés elágazó láncú komponenst tartalmaz) a sűrítés során a hengerben annyira felmelegszik, hogy idő előtt felrobban (a gyújtógyertya szikrája előtt). Ez a jelenség a motor teljesítményét jelentősen csökkenti. A kopogás annál erősebb, minél nagyobb a motor kompresszióviszonya (a henger kiindulási és végtérfogatának aránya). A kompresszióviszony növekedésével nő a motor teljesítménye is. Ezért ezt az arányt napjainkig a 4:1-ről 9:1-re növelték. Ezt a fejlődést a benzinek kopogásállóságának fokozatos javulása tette lehetővé.



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Az anyagok mely csoportjába tartozik a földgáz, illetve a kőolaj?
2. A szénhidrogének mely tulajdonságán alapszik a frakcionált desztilláció és kondenzáció?
3. Nevezd meg a kőolaj szakaszos lepárlásával nyerhető kőolajpárlatokat!
4. Mire kell vigyázni a benzin használatánál? Hogyan kell eloltani az égő benzint?
5. Mely járművek használnak kerozint üzemanyagként?
6. Hogyan fejezik ki a benzin minőségét?
7. Mit jelent az, hogy a benzin oktánszáma 95?
8. Hány gramm oxigén szükséges egy gázöngyújtóban levő 5,8 grammnyi (cseppfolyós) bután elégetéséhez?
9. Hány dm^3 standardállapotú oxigént igényel egy két kilogrammos turistapalack tartalmának teljes elégetése, ha a gázpalack tartalmának fele propán, és fele bután?

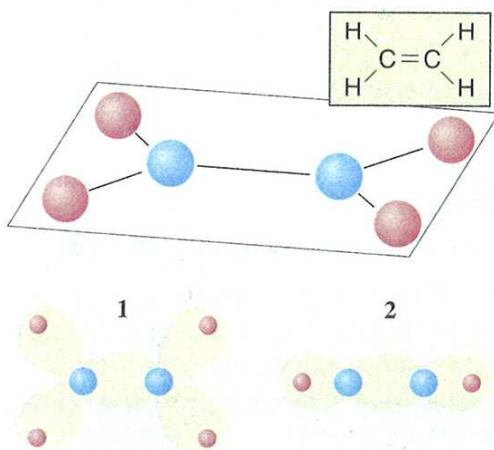
TELÍTETLEN SZÉNHIIDROGÉNEK

AZ ETÉN (ETILÉN)

A telítetlen szénhidrogének legkisebb szénatomszámú képviselője az etén, köznapi nevén etilén. A legegyszerűbb, molekuláiban kettős (σ és π) szén-szén kötést tartalmazó telítetlen szénhidrogén. Igen fontos anyag, mivel belőle állítják elő a műanyag fóliák alapanyagául szolgáló polietilént. A polietilén fólia napjaink egyik legnagyobb mennyiségben használt csomagolóanyaga.

ÖSSZEGKÉPLETE,
KONSTITÚCIÓJA,
MOLEKULASZERKEZETE

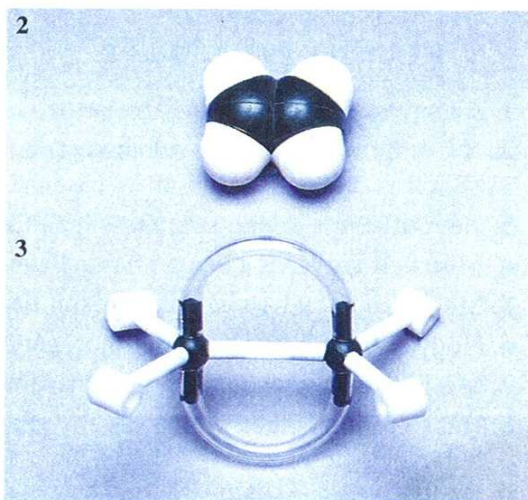
Az etén összegképlete: C_2H_4 . Az eténmolekulában kevesebb hidrogén van, mint amennyit a kétszénatomos szénhidrogén tartalmazhatna, ezért nevezzük *telítetlen vegyületnek*. A konstitúciója alapján megállapítható, hogy az eténmolekulában mindegyik szénatomnak csak három közvetlen szomszédja van (síkháromszöges elrendeződésű).



40.1. Az eténmolekula szigma-váza felül- (1) és oldalnézetben (2)

Az eténmolekulában az atomok térbeli elrendeződése nem tetraédres. A két szénatom és a négy hidrogénatom atommagja egy síkban van. A *kötések* (amelyek ebben a síkban vannak) kb. 120° -os szöget zárnak be.

Az egyszeres kovalens kötésekben (σ -kötésekben) két atom egy-egy elektronja társul elektronná. Mindkét szénatom negyedik elektronja a σ -kötések síkjára merőleges síkban koncentrálódik, s a két szénatom között egy másik kötést létesít. Ez az elektronnár távolabb van



40.2. Az eténmolekula kötése (1), kalott- (2) és pályakamodellje (3)

a szénatomok atommagjaitól, kisebb magvonzás alatt áll. Ez a kötés a π -kötés. A π -kötésben résztvevő elektronpár a sík molekula két oldalán (fölötte és alatta), a két szénatommag között oszlik el.

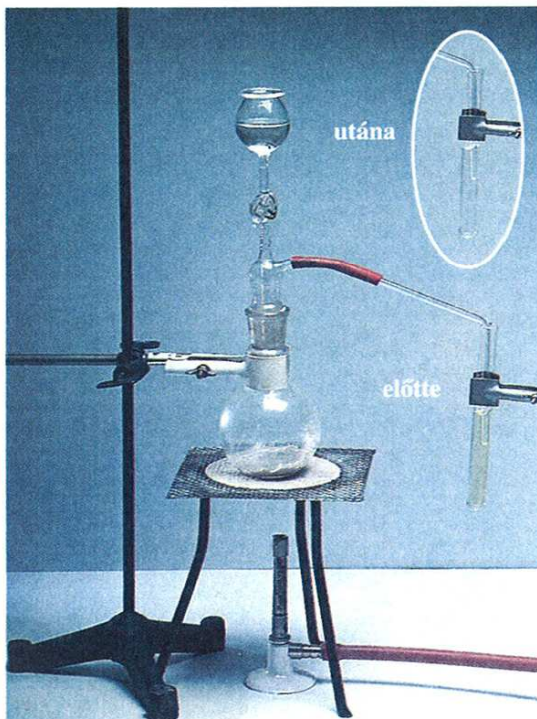
A π -állapotú elektronpár két különálló térrészt tölt be, amelyeket egy sík (ún. csomósík), ebben az esetben a molekula síkja választ el egymástól. A csomósíkban az elektronsűrűség nulla. A π -kötés gyengébb az σ -kötésnél.

A π -kötés elhelyezkedésével magyarázható, hogy a kétszeres kötés nem olyan erős, mint két egyszeres kötés.

A szénatomok közötti kettős kötés gátolja a molekula szén-szén kötés körüli elfordulását. Így nem jöhet létre tetszés szerinti molekulaalak (konformáció).

Állítsunk elő etént úgy, hogy tömény etil-alkohol és tömény kénsav 1:3 arányú elegyét tiszta kvarchomokra csepegtetjük, és gyengén melegítjük a keveréket!

Vezessük brómos vízbe a képződő etént, majd durranógázpróba elvégzése után gyűjtsuk meg!



41.1. Az etén reakciója brómos vízzel

FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Az etén *színtelen*, nem mérgező, *édeskés szagú* gáz. A *levegőnél kisebb sűrűségű*. Vízben rosszul, sok szerves oldószerben (például: toluolban, éterben) jól oldódik. Az eténmolekulák szimmetrikus alkatuk miatt apolárisak, ezért **oldódnak** jól apoláris oldószerekben. Apoláris molekulái között gyenge másodrendű (diszperziós) kölcsönhatások lépnek fel, így az *olvadáspontja* ($-169\text{ }^{\circ}\text{C}$) és a *forráspontja* ($-104\text{ }^{\circ}\text{C}$) is *alacsony*.

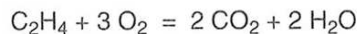
KÉMIAI TULAJDONSÁGOK

A két szénatomos telített szénhidrogén, az etán közönséges körülmények között gyakorlatilag semmivel sem reagál. Ezzel szemben az etén **nagyon reakcióképes vegyület**. Nagyfokú reakciókészségének az az oka, hogy a molekula gyenge π -kötése **könnyen felszakítható**. Így a szénatomok két atommal létesíthetnek kovalens kötést és telítettekké válnak (alacsonyabb energiájú állapotba jutnak).

ÉGÉS

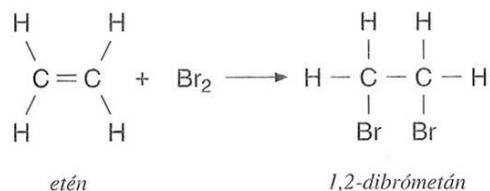
Ha meggyújtjuk világító, *kormozó lánggal ég*. A *levegővel robbanóelegyet alkot*. A kormozó láng arra utal, hogy az égés nem tökéletes (a nagy szén- és a kis hidrogéntartalom következtében). A lángja azért világító, mert az el nem égett koromszemcsék magas hőmérsékleten izzanak.

A tökéletes égés egyenlete:



HALOGÉNADDÍCIÓ

Az etén elszínteleníti a brómos vizet, reagál a brómmal:

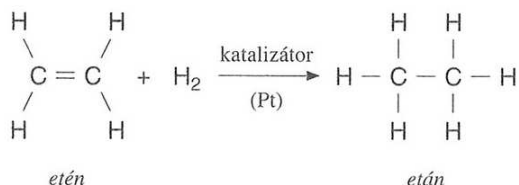


A telítetlen etén molekulái egyesülnek a bróm-molekulákkal és színtelen telített vegyület keletkezik.

Az olyan reakciót, amelyben két (vagy több) vegyület molekulája melléktermék képződése nélkül egyesül egymással, addíciónak nevezzük. (Az addíció latin eredetű szó, jelentése hozzáadás.) Hasonlóképpen reagál az etén a többi halogénnel is.

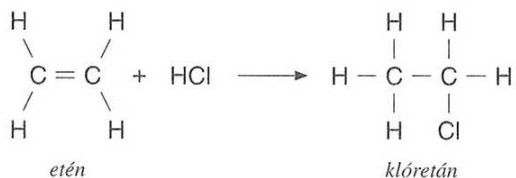
HIDROGÉNADDÍCIÓ

Az etén katalizátor jelenlétében a hidrogénnel is addíciós reakcióba lép, és etán keletkezik:



SAVADDÍCIÓ

Az etilén erős savakat, pl. hidrogén-klorid-gázt vagy kénsavat is addicionál.



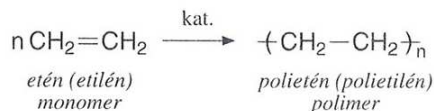
Ilyenkor az egyik szénatomhoz a savból származó proton, a másikhoz pedig a savmaradékkion kapcsolódik.

POLIMERIZÁCIÓ

Az eténmolekulák egymással is könnyen egyesülnek nagy relatív molekulatömegű molekulákat (makromolekulákat) képezve. (A makrosz görög eredetű szó, jelentése: nagy.) A makromolekulák nagyszámú azonos szerkezeti egységből állnak. E reakciók során sem keletkezik melléktermék.

Az olyan reakciót, amelyben egy telítetlen vegyület sok azonos molekulája egyesül egymással melléktermék képződése nélkül, polimerizációnak nevezzük.

(A monomer szó jelentése: egy rész, a polimer szó jelentése: sok rész. A polüs = sok és a merosz = rész, görög szavakból származik.)



Az eténpolimerizáció során magas hőmérsékletet és nagy nyomást alkalmaznak.

ELŐFORDULÁS, FELHASZNÁLÁS

Nagy reakciókészsége miatt a természetben ritkán fordul elő.

Az etén polimerizációjával keletkezett műanyag (a polietilén) csomagolóanyagok, edények, szigetelőanyagok gyártására használható. Az etén a műkaucsuk, a robbanószerkezetek és oldószerek gyártásának nyersanyaga. Ipari méretekben az etént földgázból és kőolajból nyerik krakkolással.



42.1. A műanyagok felhasználása szerteágazó

ÉRDEKESSEGEK

Már az 1900-as években ismert volt, hogy az éretlen banánszállítmányok igen gyorsan megértek, ha azokba érett banánok kerültek. Később derült ki, hogy a termések érését az eténgáz sietteti. Az 1930-as években már felismerték, hogy az étennek számos fiziológiás hatása van, és megállapították, hogy egyben gyümölcsérlelő hormon is. Az érés kezdetekor nő a koncentrációja, amikor a gyümölcs beérik, újra csökken. A gyümölcsbe mesterségesen juttatott etén gyorsítja az érést. Ezt ki is használják a hosszú szállítás miatt éretlenül leszedett gyümölcsök (banán, citrom, narancs, alma) raktárban való gyors érlelésére. A penészgombák is tartalmaznak etént, ezért érik gyorsabban a penésszel fertőzött gyümölcs.

Az etén segítségével (bizonyos határok között) időzíteni lehet egyes dísznövények virágzását is. Befolyásolja egyes magvak csírázását, a hagymák és gumók kihajtását. Gátolja a hajtás és a gyökér hosszanti növekedését.

Előállítottak olyan vegyületet, amely etén leadására alkalmas, és amelyet eddig több mint 20-féle növény esetében eredményesen alkalmaztak. A mesterségesen előállított vegyület legismertebb hatása, hogy javítja (egyenletesebbé teszi) az érést a paradicsom, az alma, a szőlő, a kávé esetében, megkönnyíti a meggy, a cseresznye szüretelését, növeli a hozamot a kaucsuktermelő fákban azáltal, hogy megnyújtja a latexfolyás időtartamát, fokozza a cukornád cukorhozamát, meggyorsítja a dohánylevelek érését.

A polietilén a legnagyobb mennyiségben előállított műanyag. Két eltérő tulajdonságú polietilénféleséget ismerünk: a nagy sűrűségű (kis nyomáson, 3–5 MPa, előállított) és a kis sűrűségű (nagy nyomáson, 150–200 MPa, előállított) polietilént. A kis sűrűségű polietilénből fóliákat, csomagoló- és szigetelőanyagokat, míg a nagy sűrűségűből edényeket, játékokat, csöveket gyártanak.



43.1. A zölden szüretelt banánt később eténnel időzítve érlelik



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Miért nem kell kétszer annyi energia a kettős kötés felbontásához, mint az egyszeres kötéséhez?
2. Két szintelen gáz közül az egyik etén, a másik etán. Milyen kísérlettel lehetne megkülönböztetni a két gázt?
3. Miért nem képesek addícióra a telített szénhidrogének?
4. Mi a polimerizáció?
5. Hány mol brómot adicionálhat 5,6 g etén?
6. Nézz körül egy áruházban! Milyen eszközök, áruk alapanyaga polietilén?

EGYÉB ALKÉNEK (OLEFINEK)

Az **alkének** olyan telítetlen szénhidrogének, amelyek *molekulájában egy kettős kötés található*. Ezeket régi eredetű néven olefineknek nevezzük. (Az olefin francia eredetű szó, jelentése: olajképző gáz. Az elnevezés arra utal, hogy az etén klóradíciója során olajszerű folyadékká alakul, azaz a gázból olaj lesz.)

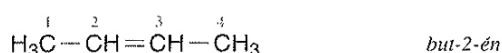
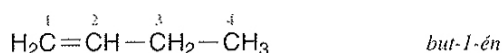
Az **alkének elnevezése az alkánokéhoz hasonlóan történik, csak az -án végződést -én végződéssel cseréljük fel. A kettős kötés helyét a végződés elé tett számmal jelezzük**, melyet a kettős kötésű szénatompár kisebb sorszámú tagjának sorszámával adjuk meg.

Az elnevezésnél **elsődleges szempont a kettős kötés helyzete**, az elágazás csak másodlagos szempont. A főláncnak tartalmaznia kell a kettős kötetst, és ennek a lehető legkisebb számot kell kapnia.

Mivel az alkének molekuláiban (a kettős kötés miatt) kettővel kevesebb H-atom van, mint a megfelelő alkánokéban, általános **összegképletük: C_nH_{2n}** .

Az etén molekulát egy-egy CH_2 -csoporttal bővítve felépíthetjük az alkének homológ sorát. Az alkéneknél, az alkánokhoz hasonlóan,

a konstitúciós izoméria a buténtől kezdve jelentkezik. Az alkéneknek több izomerjük van, mint a megfelelő alkánoknak, mert új izomerek keletkeznek akkor is, ha csak a kettős kötés helye változik meg. Így a C_4H_8 összegképletnek 3 konstitúció felel meg.



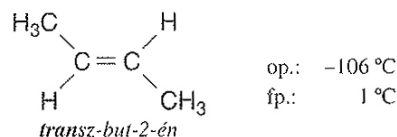
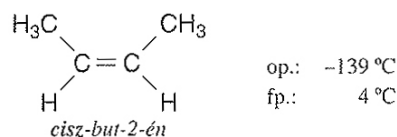
(A C_4H_{10} összegképletnek 2 konstitúció felelt meg.)

GEOMETRIAI IZOMÉRIA

Az alkének molekuláiban a kettős kötésű szénatompár és a hozzá közvetlenül kapcsolódó négy atom mindig egy síkban van.

A molekula két részlete a kettős kötés mentén nem fordulhat el. Így a kettős kötésű szénatompárhoz kapcsolódó atomok (illetve csoportok) viszonylagos helyzete rögzített. Emiatt különböző alakúak lehetnek a kettős kötésű molekulák.

Például: a but-2-én molekulájában a két metilcsoport vagy egymás közelében, vagy egymástól távol van. Valójában a but-2-énnek 2 izomerje van, amelyek eltérő fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek.



Név	Képlet	Op. (°C)	Fp. (°C)
etén	$CH_2=CH_2$	-169,2	-103,7
propén	$CH_2=CHCH_3$	-185,3	-47,7
but-1-én	$CH_2=CHCH_2CH_3$	-185,4	-6,3
pent-1-én	$CH_2=CH(CH_2)_2CH_3$	-165,2	30,0
hex-1-én	$CH_2=CH(CH_2)_3CH_3$	-139,8	63,5
hept-1-én	$CH_2=CH(CH_2)_4CH_3$	-119,0	93,6
okt-1-én	$CH_2=CH(CH_2)_5CH_3$	-101,7	121,3
non-1-én	$CH_2=CH(CH_2)_6CH_3$	-81,3	146,9
dec-1-én	$CH_2=CH(CH_2)_7CH_3$	-66,2	170,5

44.1. Az alk-1-ének homológ sora

Minden olyan alkénből, amelynek molekulájában mindkét kettős kötésű szénatomhoz két különböző atom (vagy atomcsoport) kapcsolódik, két geometriai izomer létezik.

A geometriai izoméria a térizoméria egyik fajtája, mivel a két izomer csak az atomok térbeli elrendeződésében különbözik.

A **cisz-izomerben** a nagyobb csoportok közel, a **transz-izomerben** pedig távol vannak. (Az elnevezés a latin *cis* = innen és a *trans* = túl szavakból származik.)

FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Az alkének fizikai tulajdonságai az **alkánokéhoz hasonlóak**, mivel a molekuláik szintén apolárisak.

KÉMIAI TULAJDONSÁGOK

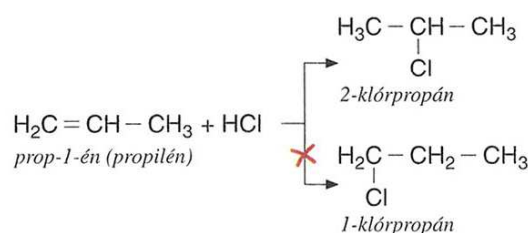
Az alkének **reakciókészsége jóval nagyobb, mint az alkánoké**. Ez a kettős kötés, azaz a gyenge π -kötés jelenlétével magyarázható. **Jellemző reakcióik** (az eténhez hasonlóan) az **addíció** és a **polimerizáció**.

Az eténnél nagyobb szénatomszámú (nem szimmetrikus konstitúciójú) alkének sav- és vízaddíciói irányítottan játszódhatnak le. Például a propén hidrogén-klorid-addíciójakor kétféle termék keletkezését várnánk: 2-klórpropánét és 1-klórpropánét. Valójában nagy-

részt 2-klórpropánmolekulák keletkeznek, és csak elvétve keletkezik a másik vegyület.

A hidrogéntartalmú vegyületek (sav, víz) úgy **addicionálódnak** az (aszimmetrikus) **olefinmolekulákra**, hogy a **hidrogénatom ahhoz a szénatomhoz kapcsolódik, amelyhez már eredetileg is több hidrogén kapcsolódott**. Ezt a szabályt felfedezőjéről **Markovnyikov-szabálynak** nevezzük.

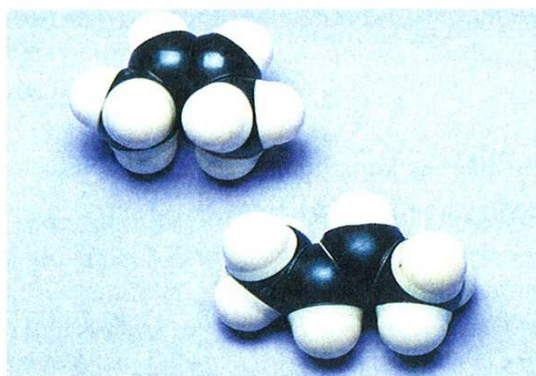
A propilén hidrogén-klorid addíciója:



ELŐFORDULÁS, FELHASZNÁLÁS

A természetben az alkének nem fordulnak elő olyan nagy mennyiségben, mint az alkánok. A földgáz és a kőolaj tartalmaz valamennyi alként. Ipari előállításuk magas forráspontú kőolajpárlatok krakkolásával történik. Az alkének a műanyagipar értékes alapanyagai.

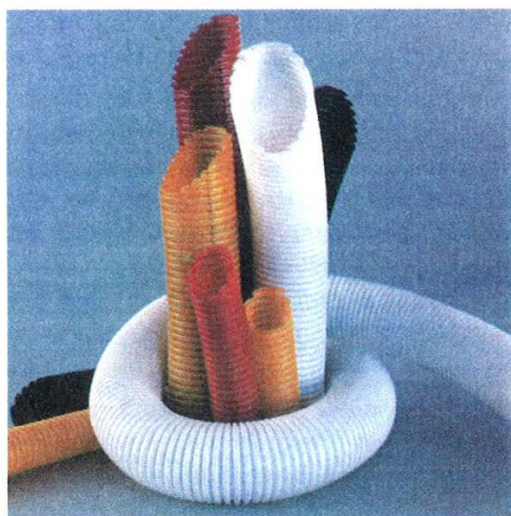
Gyakorlati jelentősége a propilénnek (prop-1-énnek) és az izobutilénnek (2-metilprop-1-énnek) van. Mindkét vegyület az eténhez hasonlóan polimerizálható. A keletkező poli-propilén és poliizobutilén fontos műanyagok.



45.1. A *cisz*- és a *transz*-but-2-énmolekula kalottmodellje

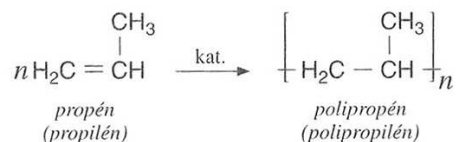


45.2. A *transz*- és a *cisz*-1,2-diklóreténmolekula kalottmodellje



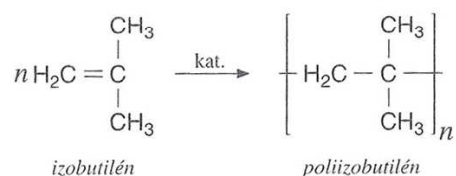
46.1. Polipropilén gégecső. Jó tulajdonságai miatt a mezőgazdaságban és az iparban is alkalmazzák

A prop-1-én polimerizációja:



A polipropilénből nagy igénybevételnek kitett tárgyak, gépalkatrészek, lemezek, csövek, szálak, fóliák készülnek. A poliizobutilén átlátszó, a gumihoz hasonlóan rugalmas anyag.

A 2-metilprop-1-én polimerizációja:



46.2. Az alkének előállítása kőolajpárlatok krakkolásával történik



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

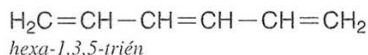
1. Rajzold le, és nevezd el a C_4H_8 összegképletű alkének konstitúciós képleteit!
2. Melyik vegyület reakcióképesebb: a propán vagy a propén? Miért?
3. Melyek az alkének jellemző reakciói?
4. Mi keletkezik a but-2-énből hidrogén-klorid-addíció eredményeként?
5. Hasonlítsd össze az etán és az etén égését!
6. Mi az összegképlete annak az alkénnek, amelynek a moláris tömege $84 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$?
7. Hány gramm brómot addicionál 35 g pent-1-én?

TÖBB KETTŐS KÖTÉST TARTALMAZÓ SZÉNHIIDROGÉNEK

A BUTADIÉN ÉS AZ IZOPRÉN

A természetben nagyon sok olyan szénhidrogén fordul elő, amelyek molekulájában több kettős kötés is található. Azokat a telítetlen szénhidrogéneket, amelyek molekuláiban *két kettős kötés* van **alkadiéneknak**, röviden **diéneknak** (*dioléfíneknak*) nevezzük. A *három kettős kötést* tartalmazó vegyületek közös csoportneve: **alkatriének** vagy **triének** (*triolefíneknak*).

Például:

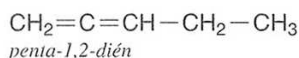


A *sok kettős kötést* tartalmazó szénhidrogének neve **alkapoliének** vagy **poliének** (*poliolefíneknak*). A nagyobb széntartalmú molekulákban a kettős kötések elhelyezkedése egymáshoz képest különböző lehet.

A *diéneket* a két kettős kötés helyzete alapján csoportosíthatjuk.

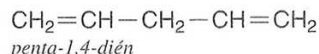
A **kumulált diéneknél** a kettős kötések közvetlenül egymás mellett helyezkednek el. (A *kumulál* latin eredetű szó, jelentése: összegyűjteni, felhalmozni.) Ezek a molekulák nem nagyon stabilisak, szerkezetük könnyen megváltozik.

Például:



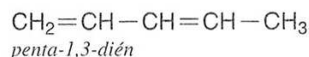
Az **izolált diéneknél** a két kettős kötés között legalább két vagy ennél több egyszeres kötés található. Mivel a két kettős kötés a molekulában egymástól távol, izoláltan (elszigetelten) helyezkedik el, így ugyanúgy viselkednek, mint az egymagában álló kettős kötést tartalmazó molekulák.

Például:



A **konjugált diéneknél** a kettős kötések között formailag egy egyszeres kötés van. (A *konjugált* latin eredetű szó, jelentése: összekötött.) Az elnevezés találó, mert a kettős kötések ebben az esetben szoros kapcsolatban vannak egymással.

Például:

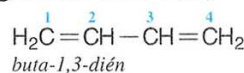


A π -kötésekben levő két elektronpár kölcsönhatásba lép egymással, és ez a 4 elektron az egész szénvázra delokalizálódik. (A nem két atomhoz, hanem a molekula több atomjához tartozó elektronokat delokalizált elektronoknak nevezzük.)

Így a konjugált egyes és kettős kötések nem ugyanolyanok, mint az alkánok egyszeres kötései vagy az alkének kettős kötései.

A BUTADIÉN

A **legegyszerűbb konjugált dién**, a mesterségesen előállított butadién. Szabályos neve: **buta-1,3-dién**. (A névben a számok a kettős kötések helyét jelölik, a -dién végződés pedig a számukra utal.)



A butadién *színtelen, jellegzetes szagú*, könnyen cseppfolyósítható *gáz* (fp.: $-4,5^\circ\text{C}$). Főleg a kőolaj feldolgozása során nyerhető a butánból hidrogénelvonással (dehidrogénezéssel). Elsősorban műkaucsuk- és műgumi gyártáshoz használják.

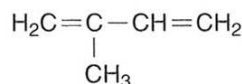
Az alkének jellemző reakcióit mutatja: **addicionálható**, illetve **polimerizálható**.

A butadién érdekes sajátága, hogy egy molekulát kétféleképpen addicionálhat: vagy két szomszédos szénatomján (1,2-addíció), vagy a szénlánc két végén (1,4-addíció). (Az 1,2-addíciót helyesebb lenne 3,4-addíciónak nevezni.) Az utóbbi esetben mindkét π -kötés felszabad, (ami arra utal, hogy a π -elektronok rendszere összefüggő egészként viselkedik), a megmaradó π -kötés a lánc közepére helyeződik át.

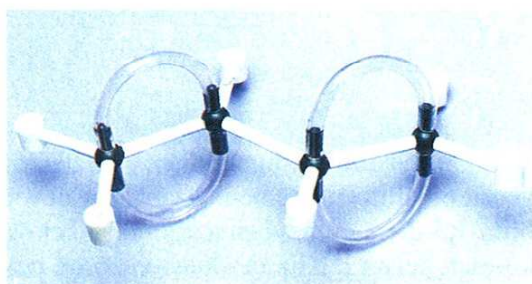
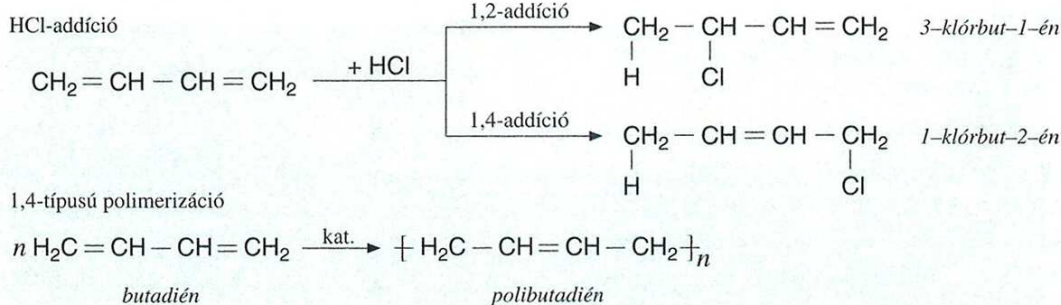
Brómfeleslegben minden π -kötés megszűnik, és telített vegyület keletkezik (1,2,3,4-tetrabrombután). A szintetikus kaucsukot a butadién 1,4-típusú polimerizációjával gyártják.

AZ IZOPRÉN

A butadién egyik, természetben is előforduló származéka az izoprén. Szabályos neve: **2-metilbuta-1,3-dién**.



Színtelen, alacsony forráspontú folyadék (fp.: 34 °C). A butadién reakcióit mutató konjugált dién. Az izoprén nagyon sok természetes szénvegyület építő eleme. Gyakorlati jelentőségét az adja, hogy polimerizációjával (1,4-típusú) a kaucsukéhoz hasonló szerkezetű és tulajdonságú műkaucsukot lehet előállítani. Ipari felhasználása is ezen alapul.



48.1. A buta-1,3-diénmolekula pálcikamodellje



48.2. Az izoprénmolekula kalottmodellje



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Add meg a diének és triének általános összegképletét!
2. Milyen vegyület keletkezik a buta-1,3-dién hidrogénaddíciójakor, ha hidrogénfelesleget alkalmazunk?
3. Milyen jellemző reakciói vannak az izoprénnek?

A TERMÉSZETES POLIALKÉNEK

A természetben (főleg a növényekben) nagyon sok olyan vegyület található, amelyek szénváza izoprén-egységek összekapcsolódásával jön létre. Ezeket izoprénvázas vegyületeknek nevezzük. E vegyületek szénatomszáma rendszerint az 5 egész számú többszöröse. (Az izoprén összegképlete: C_5H_8 .) Közülük néhány valóban elő is állítható izoprénmolekulákból, illetőleg a lebontásuk izoprénmolekulákat eredményez. (Valójában az élő szervezetek nem izoprénből építik fel ezeket a vegyületeket.) Az izoprénvázas vegyületek két csoportra oszthatók, terpenoidokra és karotinoidokra.

A terpenoidok alapvegyületei terpének, melyek $(C_5H_8)_n$ összegképletű vegyületek. A név onnan származik, hogy a fenyőgyantából nyert terpentín nagyon sok $C_{10}H_{16}$ összegképletű szénhidrogént tartalmaz. (A görög terpin = örvendezett szóból ered a gyűjtőnév.) A terpéneket és az oxigéntartalmú származékaikat közös néven terpenoidoknak nevezzük.

A kisebb szénatomszámúak (C_{10} , C_{15}) kellemes illatú folyadékok, amelyek virágok illóolajából vonhatók ki és az illatszeripar alapanyagai (pl. rózsaoilaj, hársfavirág). Ide tartoznak a feromonok is, amelyekkel a rovarok saját fajtársaik magatartását befolyásolják (pl. a rovarok szexuális csalogatóanyagai). A selyemlepke nősténye pl. olyan anyagot választ ki, amely a hímet több kilométeres körzetből odacsalogatja.

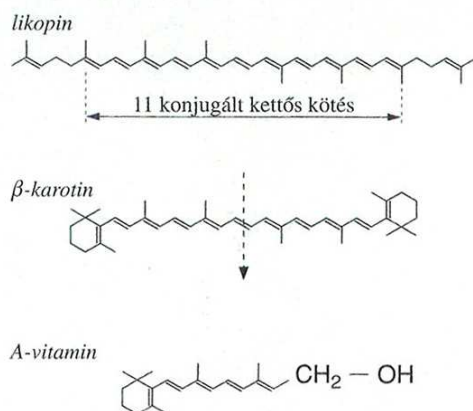
A politerpénekhez tartozik a természetes kaucsuk. (Az összegképletben szereplő n értéke itt több tízezer is lehet.)

A terpének molekuláiban a kettős kötések nem konjugáltak, ezért ezek az anyagok általában nem színesek.

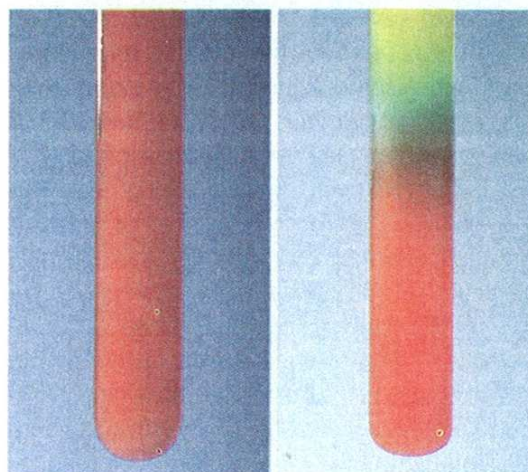
A karotinoidok molekulái konjugált kettőskötésrendszert tartalmazó izoprénvázas vegyületek. A sok konjugált kettős kötés következtében színesek. A vegyületcsoport nevét a karotinról, a sárgarépa színanyagáról kapta, amely nyolc izoprénrészből épül fel. (Összegképlete $C_{40}H_{56}$.) A β -karotin más növényekben is előfordul, mint a klorofill állandó kísérője. A karotin izomerje a paradicsom piros színét adó anyag a likopin. A likopin is előfordul más növényekben, például a csipkebogyóban. A karotinok jelentősége nagy, mivel az emberi és állati szervezetekben belőlük jön létre az A-vitamin. Az A-vitamin döntő szerepet játszik a látás folyamatában. Hiánya a szem szaruhártyájának fényáteresztő képességét csökkenti (farkasvakság), esetleg teljesen megszünteti. Az A-vitamint először a csukamájolajból különítették el.

KÍSÉRLET: Színek kavalkádja a paradicsomlében

Egy kémcsőbe töltsünk kb. félig paradicsomlevet, és adjunk hozzá 5–10 cm^3 brómos vizet. Figyeljük meg a színváltozásokat! Az eredetileg piros paradicsomlében a brómos víz hozzáadása után zöld, kék, illetve sárga sávokat figyelhetünk meg. A likopin elnyeli a kék fényt, ezért látjuk az anyagot pirosnak. A likopin és a bróm addíciós reakcióba lép. A szerkezetváltozás következtében más hullámhosszú fényt nyel el, ezért más színek jelennek meg.



49.1. A likopin, a β -karotin és az A-vitamin kötése

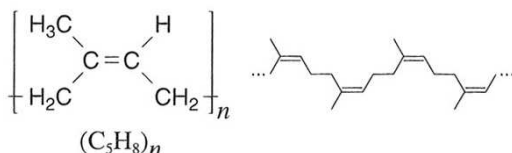


49.2. Színek kavalkádja a paradicsomlében

A KAUCSUK ÉS A GUMI

A gyakorlati élet szempontjából legjelentősebb izoprénvázas szénhidrogén a kaucsuk. A kaucsuk óriásmolekulái az Amazonas vidékén vadon termő fa (Hevea Brasiliensis) és más növények (pl. kutyatej, gyermekláncfű) nedvében, a latexben fordulnak elő. (A kaucsuk elnevezés a kahucu = „sűrő fa” indián szóból származik.) A latex 30–35% kaucsukot tartalmaz.

A kaucsuk molekulái 8000–30 000 izoprénegységből épülnek fel, így a természetben előforduló legnagyobb molekulák közé tartoznak. A hosszú szénlánc a kettős kötések mentén végig *cisz-szerkezetű*.



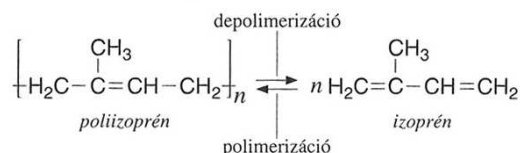
A gyakorlatban csak a kaucsukfa nedvét alkalmazzák kaucsuk kinyerésére, mert egy közepes nagyságú fából (kb. 10 m magas) is csak napi 7 g latex nyerhető ki. A kaucsukfa kérgét több helyen bemetszik, és a kifolyó tejszerű latexet összegyűjtik.

A latexet savval kezelik (megalvasztják), majd a vizet eltávolítva jutnak a **nyers kaucsukhoz**. A nyers kaucsuk sárga színű, *nyúlós, képlékeny anyag*, amely a hőmérsékleti hatásokra igen érzékeny. Benne az óriásmolekulák egymással összegubancolódva helyezkednek el, amelyek húzás hatására kinyúlnak, valamelyest elrendeződnek egymás mellett. Erősebb húzásra elválhatnak egymástól, mivel csak gyenge másodrendű (diszperziós) kölcsönhatás működik közöttük. A kaucsuk ilyen formában gyakorlati célokra (pl. autókerek-abroncsok készítésére) nem alkalmas, mivel *könnyen szakítható*, melegben nyúlóssá, hidegben pedig rideggé válik.

Az 50.1. ábrán bemutatott módon melegítsünk óvatosan gumicsődarabokat! A keletkező gőzöket vezessük brómos vízbe!

A gumicsődarabkákat óvatosan melegítve, és a keletkező gőzöket brómos vízbe vezetve, a brómos víz elszíntelenedik.

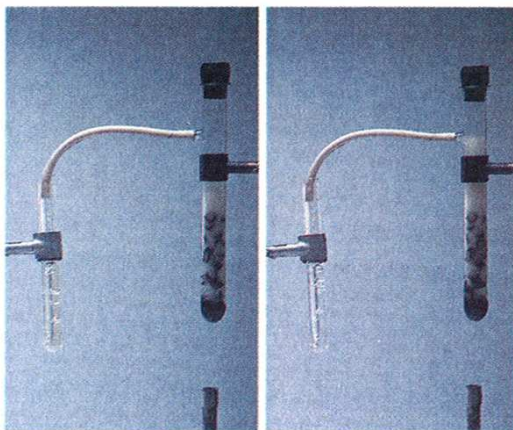
Hevítés hatására a kaucsuk depolimerizálódik, és a keletkező izoprénmolekulák addíciós reakcióba lépnek a brómmal.



Az előző kísérlethez hasonlóan hevítsünk gumicsődarabkákat kémcsőben, majd tartsunk a kémcső nyílásához ólom-acetát-oldatba mártott szűrőpapírcsikot!

A gumicsődarabkák hevítésekor keletkező gőzök hatására az ólom-acetát-oldatba mártott papír megbarnul, illetve megfeketedik.

Hevítés hatására a gumi kéntartalma (záptojás szagú) kén-hidrogén alakjában távozik, amely az ólom-acetáttal fekete színű ólom-szulfidot (PbS) képez.



50.1. A gumi depolimerizációja, és a keletkező gázok reakciója a brómos vízzel

A természetes kaucsukból vulkanizálással rugalmas gumit állítanak elő. A vulkanizálás úgy történik, hogy a nyers kaucsukot öszszegyűrik néhány százalék (3–5%) kénporral, majd 130–140 °C-ra hevítik. A vulkanizálás előtt a kénnel együtt egyéb anyagokat is kevernek a nyerskaucsukhoz: vulkanizálásgyorsítókat, töltőanyagokat (pl. korom, kréta), szerves színezékeket, öregedésgátlókat, konzerválószerkeket és szagjavítókat.

*Vulkanizáláskor a szomszédos poliizoprén láncok kettős kötési helyen felszakadnak, és a szénatomok a kénatomokkal alakítanak ki kötéseket. Így a kénatomok (ún. kénhidak) összekapcsolják a szomszédos láncokat, és ezáltal egy **térhálós szerkezetet** alakítanak ki. A térhálós szerkezet teszi lehetővé a gumi rugalmasságát.*

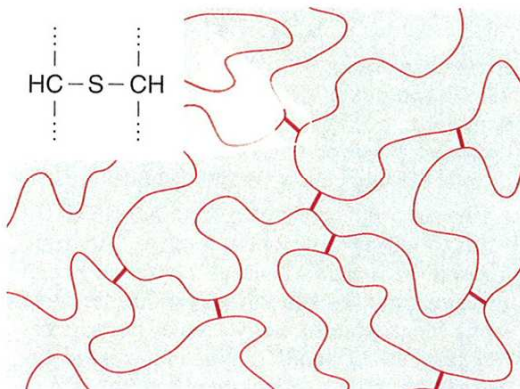
Minél nagyobb a gumi kéntartalma, annál kevésbé nyújtható, annál keményebb.

A 30%-nál magasabb kéntartalmú gumi az ebonit (keménygumi).

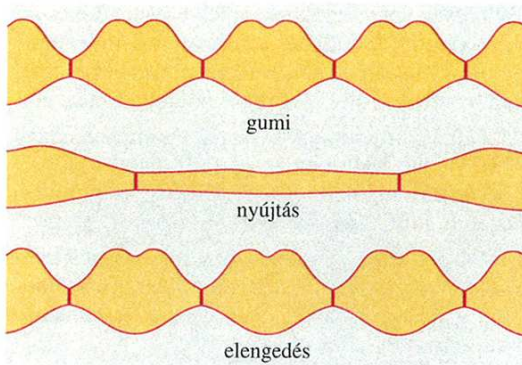
A járműipar rohamosan növekedő nyersanyagigényét természetes kaucsukkal már nem tudják fedezni. Ma a gumitermékek nagy részét nem természetes kaucsukból készítik, hanem telítetlen szénhidrogénekből polimerizációval hozzák létre. Régebben az izoprén mesterséges előállítása túl költséges volt, ezért helyette az olcsóbban előállítható butadiént használták. A butadién polimerizációjakor nyert polibutadién a nyers kaucsuk-

hoz hasonlóan vulkanizálható. Miután az izoprén olcsó szintézise is megoldódott, ma a mesterséges kaucsuk molekulái ugyanolyanok, mint a természetes kaucsuké.

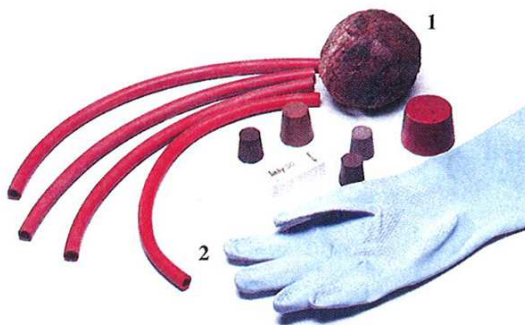
A mesterségesen előállított kaucsukot *műkaucsuknak*, a belőle vulkanizálással nyert gumit pedig *műguminak* nevezzük.



51.1. Térhálós polimer



51.2. A gumi rugalmasságát szerkezete biztosítja



51.3. Nyers kaucsuk (1) és néhány gumitermék (2)



51.4. Az autógumik újrahasznosítása fontos feladat

ÉRDEKESÉGEK

A KAUCSUK
ÉS A GUMI TÖRTÉNETÉBŐL

A kaucsukot már a maya indiánok is ismerték (a 11. században). Ruhák vízhatlanná tételére, labdák készítésére, illetve ragasztószerként (cipőkészítésnél) használták. Valószínűleg Kolumbusz volt az első európai, aki második amerikai útjáról „gumi” játéklabdákat hozott Európába.

Európában csak a 18. században kezdték használni a kaucsukot. 1770-ben az angol Priestley bemutatta, hogy kaucsuk darabkával ki lehet radírozni a ceruzavonalakat. (Angolul a gumi neve ma is rubber, ami a törölni szóból ered.)

A kaucsuk vulkanizálását az amerikai Goodyear végezte először 1839-ben, s ezzel felfedezte a gumit. Valójában a kaucsuk konzerválószerét keresve, latex és kén keverékét öntötte forró lapra. Megállapította, hogy a meleg hatására keletkezett anyag lehűlés után már sokkal rugalmasabb, mint a természetes kaucsuk. Ezenkívül az új anyag már nem volt tapadós, magasabb hőmérsékleten is szilárd maradt, és ellenállt olyan vegyszereknek, amelyekben a kaucsuk feloldódott. Goodyear a folyamatot Vulcanus, a tűz római istene után vulkanizálásnak nevezte el, mivel az új anyag hevítés hatására keletkezett.

Az első gumibroncs az angol Thompson találmánya volt 1845-ben, majd 1888-ban Dunlop ír orvos újra feltalálta (fia triciklijére gumitömlőt szerelt gumikarika helyett).

1894-ben már az autót is gumitömlős kerekekkel forgalmazták. 1904-től az eredetileg sima gumibroncsokat csúszásgátló, mintázott futófelülettel látták el.



52.1. Kaucsukfa (1). A korszerű, különböző keménységű és futófelületű gumibroncsok vulkanizált műgumiból készülnek (2, 3)

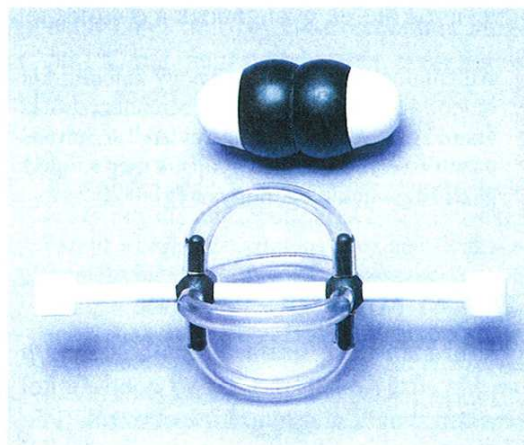
KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Mi a latex? Mi a gumigyártás lényege?
2. Mi a különbség a lágygumi és az ebonit között?
3. Miből és hogyan állítják elő a műkaucsukot, illetve a műgumit?
4. Hány izoprénegységből épül fel a természetes kaucsuk egy molekulája, ha a moláris tömege $63\,920 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$?
5. Nézz utána, mi a különbség az ún. téli és nyári gumik között! Mikor érdemes a nyári gumikat télire cserélni?

AZ ALKINEK (ACETILÉN-SZÉNHYDROGÉNEK)

Az **alkinek** olyan nyílt láncú telítetlen szénhidrogének, amelyek *molekulájában egy hármas kötés található*. Szokás acetilén-szénhidrogéneknek is nevezni ezeket a vegyületeket, mivel a homológ soruk legegyszerűbb tagja a C_2H_2 összegképletű acetilén. **Az elnevezésük az alkénekhez hasonlóan történik, csak az -én végződés helyett -in végződést használunk.** Az alkinek tulajdonságai az alkénekéhez hasonlóak. Az alkinek nagy reakciókészsége is a többszörös kovalens kötéssel magyarázható.

Ipari szempontból legfontosabb alkin az acetilén (szabályos neve: etin). A továbbiakban csak ezzel a vegyülettel foglalkozunk.



53.1. Az acetilénmolekula kalott- és pálcikamodellje

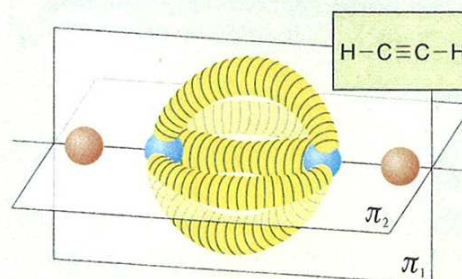
AZ ETIN (ACETILÉN)

MOLEKULASZERKEZET

Az etinmolekulában a két szénatom egy σ - és két π -kötéssel kapcsolódik össze. Az etinmolekulában a σ -kötések (a C–H és C–C kötések) egy egyenes mentén helyezkednek el. A molekula lineáris, azaz a kötések (C–H és C–C) 180° -os szöget zárnak be egymással. A szénatomok közti másik két kötés két egymásra merőleges síkban koncentrálódik. Ezek a π -kötések. A két π -kötést alkotó elektronpárok (az alkénekhez hasonlóan) távolabb vannak a két szénatommagtól, mint a σ -kötésű elektronpár. Ennek következtében a π -kötésű elektronok mozgékonyabbak,

kötés	$-\text{C}-\text{C}-$	$\text{C}=\text{C}$	$-\text{C}\equiv\text{C}-$
kötéshossz (pm)	154	134	121
kötési energia (kJ/mol)	347	594	779

53.2. A szén-szén kötések jellemzői



53.3. Az acetilénmolekula kötése

azaz a π -kötések könnyebben felszakíthatók, mint a σ -kötés. A hármas kötés gyengébb, mint három egyszeres kovalens kötés együtt, mivel a π -kötések gyengébbek a σ -kötésnél.

Állítsunk elő acetilént úgy, hogy kalcium-karbidhoz vizet csepegtetünk! A berendezésből kiáramló gázt vezessük brómos vízbe! A durranógázpróba elvégzése után gyűjtsük meg a fejlődő gázt! Figyeljük meg, hogyan ég!

FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Az etin színtelen, tiszta állapotban *szagtalan gáz* (fp.: $-84\text{ }^{\circ}\text{C}$). Az ipari acetilén kellemetlen szagát szennyezések okozzák (kén- és foszfortartalmú szerves és szervetlen vegyületek). Molekulái apolárisak, ezért vízben rosszul, *apoláris oldószerekben* (pl. acetonban) jól oldódik. Összenyomás hatására felrobban, nagy hőfejlődés közben elemeire (szénre és hidrogénre) bomlik.

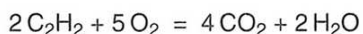
Ezért nem lehet más gázokhoz hasonlóan palackba sűríteni. A biztonságos tárolást úgy oldják meg, hogy a gázpalackokat megtöltik kovafölddel (lyukacsos anyaggal), majd átítatják acetonnal, és ebben oldják nagy nyomáson az acetilént. Ezt nevezik *disszugáznak* (a dissous francia eredetű szó, jelentése: oldott). (1,2 MPa nyomáson 100 g aceton 30 dm^3 acetiléngázt old.)

KÉMIAI TULAJDONSÁGOK

Az acetilén nagyon reakcióképes vegyület. E tulajdonsága a π -kötések jelenlétével és a C–H kötések poláriságával magyarázható.

ÉGÉS

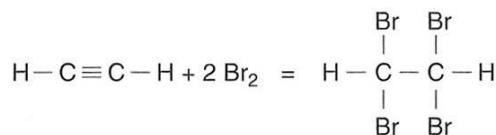
A lángja erősen *kormozó* (telítetlensége miatt) és fényesen világít. Megfelelő mennyiségű oxigén jelenlétében tökéletesen elégethető. Az égése nagy hőfejlődéssel jár.



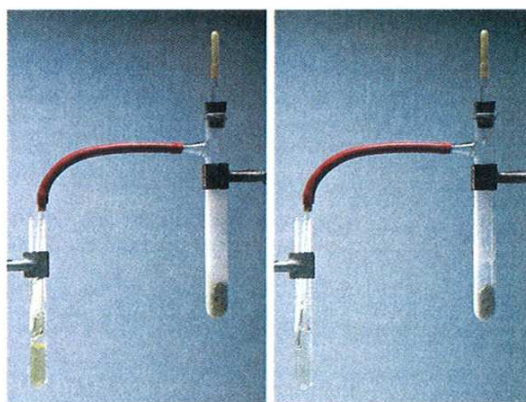
ADDÍCIÓS ÉS POLIMERIZÁCIÓS REAKCIÓK

Az etilénhez hasonlóan **jellemző reakciói az addíció és a polimerizáció.**

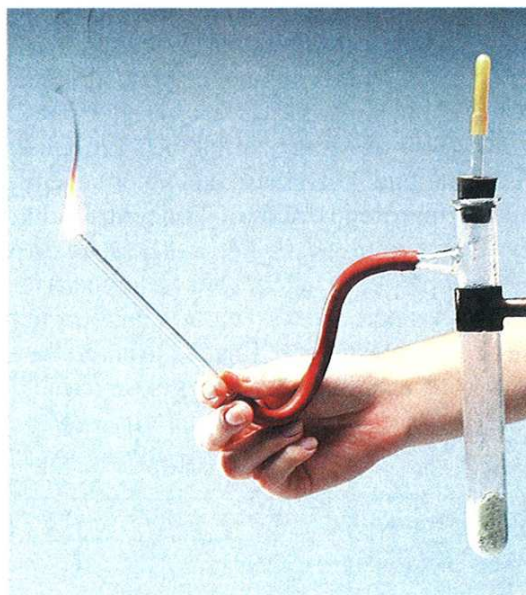
A brómos vizet elszínteleníti, mivel a brómmal addíciós reakcióba lép.



1,1,2,2-tetrabrómetán

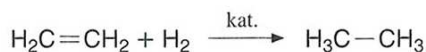
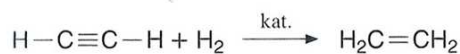


54.1. Az acetilén előállítás, reakciója brómos vízzel

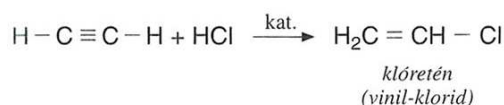


54.2. Az acetilén kormozó lánggal ég

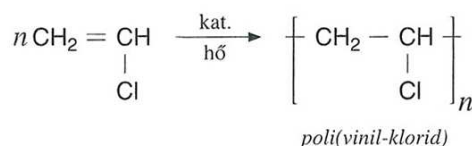
A hidrogén addíciójával előbb etén, majd etán keletkezik.



Gyakorlati szempontból fontos reakciója a *hidrogén-klorid-addíció*. A keletkező klóretén (*vinil-klorid*) könnyen *polimerizálható*. Az eténből levezethető $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-$ csoportot vinilcsoportnak nevezzük.

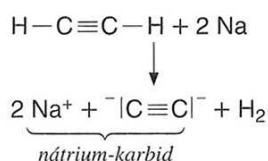


A vinil-klorid polimerizációjával poli(vinil-kloridot), *PVC*-t állíthatunk elő. A PVC az egyik legismertebb műanyag.



SÓKÉPZÉS

Cseppfolyós ammóniában oldott acetilén *nátriummal hidrogénfejlődés közben reagál*, és nátrium-karbid képződik. (A karbidok általában robbanékony vegyületek.)



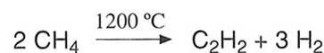
A fém-karbidok az acetilénnek mint savnak a sói.

ELŐFORDULÁS, FELHASZNÁLÁS

A természetben az acetilén (nagy reakciókészsége miatt) *nem fordul elő*. Laboratóriumi előállítása kalcium-karbidból vízzel történik.



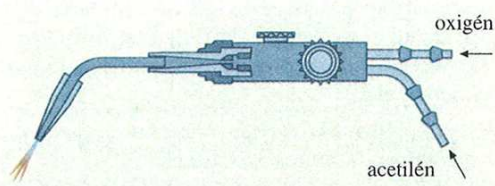
Az ipar metán hőbontásával állítja elő.



Az acetilén és az oxigén keverékének lángja 2000°C -nál magasabb is lehet, ezért fémek autogén *hegesztésére és lángvágásra* használják.

Az autogén hegesztésnél egy oxigéngázpalackból és egy disszugázpalackból külön csöveken vezetnek a hegesztőpisztolyba az oxigént és az acetilént. Itt megfelelő fűvókában összekeverve elégetik a gázokat. A láng hőmérsékletét a két gáz arányának változtatásával lehet szabályozni. A magas hőmérséklet és a robbanásveszélyes gázok miatt nagyon figyelmesen kell hegeszteni, csak vizsgázott szakemberek végezhetnek ilyen munkát!

Felhasználják alapanyagként még a műkaucsuk, műszálak, az etil-alkohol, az ecet gyártásánál is. Ma ezen termékek előállításához az acetilén helyett gyakran az olcsóbb etént használják.



55.1. A hegesztőpisztoly metszete



55.2. Az acetilént hegesztésre is használják

ÉRDEKES-SÉGEK

A bányákban az elektromos lámpák megjelenése előtt karbidlámpákkal világítottak. Ezek olyan kézilámpák, amelyekben kalcium-karbidból és vízből acetilén keletkezik, ami nyílt, viszonylag világos lánggal ég el. A nyílt láng miatt elsősorban az ércbányákban használhatták veszélytelenül.

A szénbányákban ún. biztonsági karbidlámpát (jó hővezető anyaggal, dróthálával elválasztották a lángot a környezettől) használtak, amely a sűrűtőlég megjelenésekor elaludt, és figyelmeztetett a veszedelemre (Davy-lámpa).

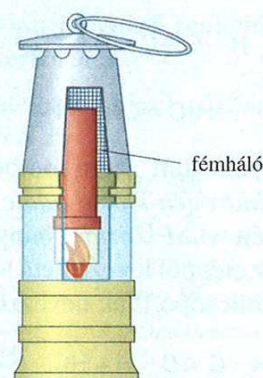
A PVC TULAJDONSÁGAI

A gyártási eljárását 1912-ben két német kémikus szabadalmaztatta, de a PVC-tárgyak tömegtermelése csak 1935 után indult meg.

Előnyös tulajdonságai közé tartozik, hogy nem gyúlékony, és igen különböző keménységű termékek állíthatók elő belőle. Egyik hátrányos tulajdonsága az, hogy hő- vagy fényhatásra könnyen bomlik, és megsemmisítésekor hidrogén-klorid kerül a levegőbe. (Az eredetileg szintelen műanyag megsárgul, majd megbarnul, végül megfeketedik.)

A kemény PVC-t (amely lágyítót nem tartalmaz) csövek, keményfalú palackok gyártására használják. Hegeszthető, savaknak, lúgoknak, oldószereknek ellenáll.

A lágyított PVC-ből fóliák, elektromos vezetékek szigetelései, műbőrök készülnek.



56.1. Davy-lámpa



56.2. PVC esőkabát és egyéb használati tárgyak



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Add meg az alkinek általános összegképletét!
2. Rajzold le, és nevezd el a C_5H_8 összegképletű nyílt láncú szénhidrogének konstitúciós képleteit!
3. Mi jellemző az etin molekulájának polaritására? Miért?
4. Melyik a reakcióképesek, az acetilén vagy az etén? Miért?
5. Mire használják az acetilént?
6. Hány mol hidrogént képes addicionálni 4 mol acetilén?
7. Hány gramm acetilént tartalmaz az az acetonos oldat, amely főlegben adott brómból 8 g-ot fogyaszt el?
8. Mi az összegképlete annak az alkinnak, amelynek a moláris tömege: $40 \frac{g}{mol}$? Írd fel a konstitúciós képletét és nevezd el!

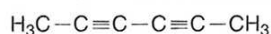
AROMÁS SZÉNHIIDROGÉNEK

A 19. század első felében illatos növényi balzsamokból, illetve gyantákból nagyon sok olyan vegyületet különítettek el, amelyek sajátosságai a benzolhoz hasonlítottak. Ezeket az anyagokat jellegzetes szagukról elnevezték aromás vegyületeknek (görögül: aroma = zamat). Ma aromás vegyületeken azokat a vegyületeket értjük, amelyek molekulájában megtalálható a benzolgyűrű vagy ahhoz hasonló gyűrűrendszer (attól függetlenül, hogy van-e valamilyen szaguk). Az aromás vegyületek legegyszerűbb képviselője a benzol.

A BENZOL

A benzolt először 1825-ben különítették el a kőszénkátrányból, és meghatározták az összegképletét is: C_6H_6 . Az összegképlet alapján sokáig azt hitték, hogy erősen telítetlen vegyület. A nyílt láncú formában csak kettős és hármas kötésekkel írható fel a molekula konstitúciója.

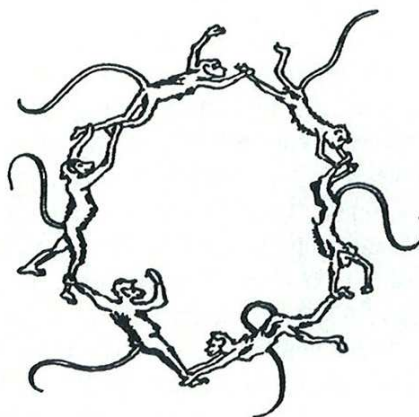
Próbálkozások a benzol szerkezetének felírásához (téves szerkezeti képletek):



Ez nem volt összeegyeztethető azzal a ténnyel, hogy a benzol bármelyik hidrogénatomjának kicserélése ugyanahhoz a vegyülethez vezet (a szubsztitúciós reakciók során).

A benzol első elfogadható konstitúciós képletét Kekulé német vegyész adta meg 1865-ben. Szerinte a benzol olyan gyűrűs szénhidrogén, amelynek molekulájában egyszeres és kétszeres kötések váltják egymást.

Az egyik anekdota szerint gondolkodva-álmodva maga elé képzelte a kígyóként tekeredő, ficáncoló szénláncokat, majd észrevette, hogy a kígyócska hirtelen – akárcsak az alkímisták sárkánya – megragadta a saját farkát, s karikaként villózva, szédítő sebességgel forogni kezdett. Állítólag ekkor döbbsent rá, hogy a benzol szerkezetében a szénatomok gyűrűként kapcsolódnak össze. Kekulé „álmáról” sokat tréfálkoztak. Az éles nyelvű német karikaturisták a benzol szerkezetét hat kis majommal ábrázolták, melyek hol egy, hol két kézzel – lábbal fogódzkodnak össze, és nem kis derűtségre azt állították, hogy ha a szerkezet ilyen, akkor a majmocskák szabad kezükben még banánt is szorongatnak, amely a hidrogént jelképezheti.



57.1. Friedrich August Kekulé (1829–1896)

Kekulé képlete nagy jelentőségű, mivel ő ismer-
te fel először a gyűrűs szerkezetet. De nem ma-
gyarázta a benzol kis reakciókészségét, különö-
sen a kis addíciós készséget. Csupán különleges
körülmények között készíthető addíciós reak-
ciókra. Ezenkívül nem egyeztethető össze azzal
a kísérleti ténnyel, hogy a benzolmolekulában
a szénatomok közti kötések azonos erősségűek
és azonosak a C—C kötőhosszak.

MOLEKULASZERKEZET

A benzol elektronszerkezetének pontos meg-
határozását a korszerű vizsgálati módszerek
tették lehetővé.

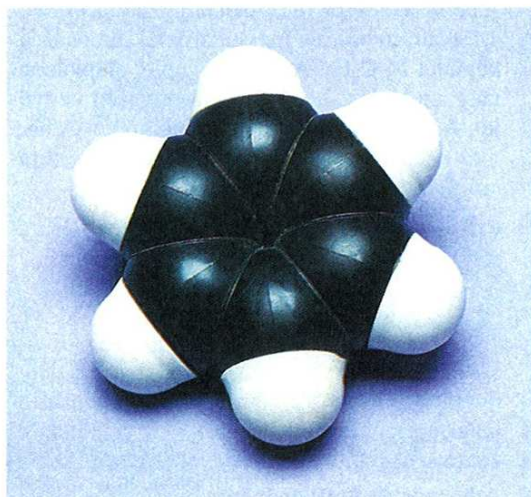
Mai ismereteink szerint a benzolgyűrűben
a szénatomok egyszeres (σ)-kötésekkel kap-
csolódnak egymással. *A szénatomok egy sík-
ban vannak.* A szénatomokhoz egy-egy hid-
rogénatom is kapcsolódik egyszeres kova-
lens kötéssel. (A H-atomok is a szénváz sík-
jában vannak.) Így a σ -kötések kialakításá-
ban minden szénatomnak három vegyérték-
elektronja vesz részt. A szénatomok negye-
dik vegyértékelektronjaiból egy közös, a hat
tagú gyűrűben egyenletesen eloszló elektron-
felhő jön létre. A közös elektronfelhő, az úgy-
nevezett π -elektronszextett a síkot alkotó
szénváz alatt és fölött oszlik el. *A hat elekt-
ron nem az egyszeres kötéssel váltakozó há-
rom π -kötést alkotja, hanem azonos mérték-
ben tartozik minden szénatomhoz, erősíti a
 σ -kötéseket.* **A szénatomok közti kötések** át-
menetet képeznek az egyes és a kettős köté-
sek között. Az ilyen kötést, illetve elektron-
rendszert **delokalizálnak** (nem helyhez kö-
töttek) nevezzük. *A képletben a delokali-
zált π -elektronszextettet körrel jelöljük.*

A benzol szerkezetét egyszerűen egy szabá-
lyos hatszögbe írt körrel szokás ábrázolni.
Ez kifejezi azt is, hogy a molekula sík alakú,
és a kötések által bezárt szög 120° .

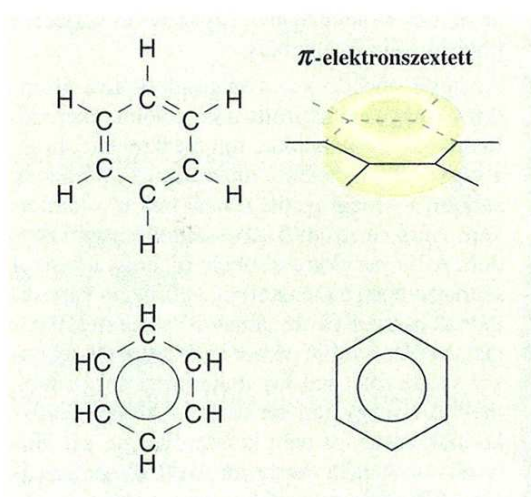
**Ma az aromás jelzőt olyan sík alakú mole-
kulaszerkezet jelölésére használjuk, amely-
ben gyűrűsen delokalizált, stabilis π -elekt-
ronrendszer van.**



58.1. A benzolmolekula σ - és π -kötései



58.2. A benzolmolekula kalottmodellje



58.3. A benzolmolekula szerkezeti képlete

FIZIKAI TULAJDONSÁGOK

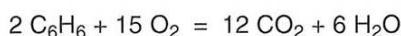
A benzol rákkeltő vegyület, azzal kísérletezni nem szabad! A legtöbb kísérletben a hozzá hasonlóan viselkedő toluollal helyettesíthető.

A benzol színtelen, jellegzetes szagú, könnyen párologó (op.: 5 °C, fp.: 80 °C), mérgező folyadék. Apoláris voltának megfelelően a poláris vízzel nem elegyedik. A víznél kisebb sűrűségű. Úszik a vízben, így az égő benzolt nem lehet vízzel oltani. Apoláris oldószerekben (pl. benzinben, éterben) jól oldódik.

KÉMIAI REAKCIÓK

ÉGÉS

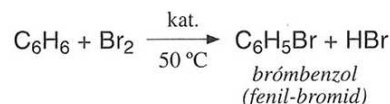
Meggyújtva erősen *kormozó lánggal* ég (a nagyfokú telítetlensége miatt). Tökéletes égésekor, a többi szénhidrogénhez hasonlóan, szén-dioxid és víz keletkezik.



SZUBSZTITÚCIÓS REAKCIÓK

A benzol nem viselkedik telítetlen vegyületként, nem lép addíciós reakcióba a brómmal. A benzol apolárisága miatt nem elegyedik a vizes oldattal, összerázáskor kivonja az apoláris brómot a vizes oldatból, és így a felső fázis lesz a sárgásbarna színű, a brómos víz elszíntelenedik. Katalizátor (vaspor) jelenlétében reagál a *brómmal*, de **szubsztitúciós**

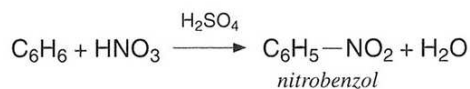
reakció játszódik le: a molekula egy hidrogénatomja kicserélődik brómatomra, s brómbenzol, illetve melléktermékként hidrogénbromid-gáz keletkezik. A hidrogénbromid az ezüst-nitráttal ezüstbromidot képez, amittől az oldat zavaros lesz.



A benzolból levezethető C_6H_5 — csoportot fenilcsoportnak nevezzük.



A benzol kénsavval és salétromsavval is szubsztitúciós reakcióba lép. Ezen reakciók termékei nagy jelentőségűek a vegyiparban. A tömény salétromsav és a tömény kénsav (kb. 60 °C-os) keveréke hatására a benzol egyik H-atomja nitrocsoportra ($-\text{NO}_2$) cserélődik ki. A reakcióban a víz kilépése mellett nitrobenzol keletkezik. A folyamatot nitrálásnak nevezzük. Ebben a reakcióban a kénsav a katalizátor.

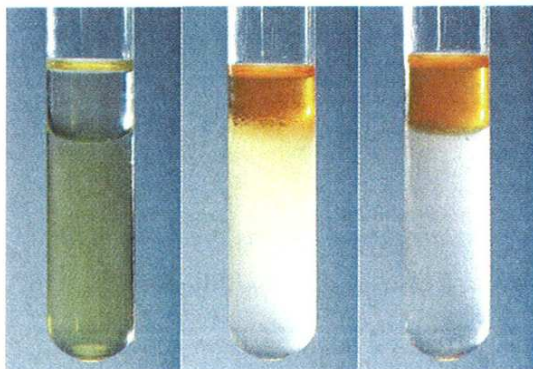


A nitrobenzol vízzel nem elegyedik, keserűmandulára emlékeztető szagú, mérgező folyadék. Jó oldószer. Nagy mennyiségben gyártják, mivel sok gyógyszernek és festéknek a kiindulási anyaga.

ELŐFORDULÁS, FELHASZNÁLÁS

A benzol a *kőszénkátrányban* fordul elő. A benzolt ipari méretekben kátrányból állítják elő, amelyet a kőszén és a kőolaj száraz lepárlásával nyernek. Ezenkívül a kőolaj feldolgozásakor előállított hexánból is gyártanak benzolt.

A benzolt *oldószerként*, valamint festékek, robbanóanyagok, műanyagok, mosóporok és gyógyszerek gyártására használják.



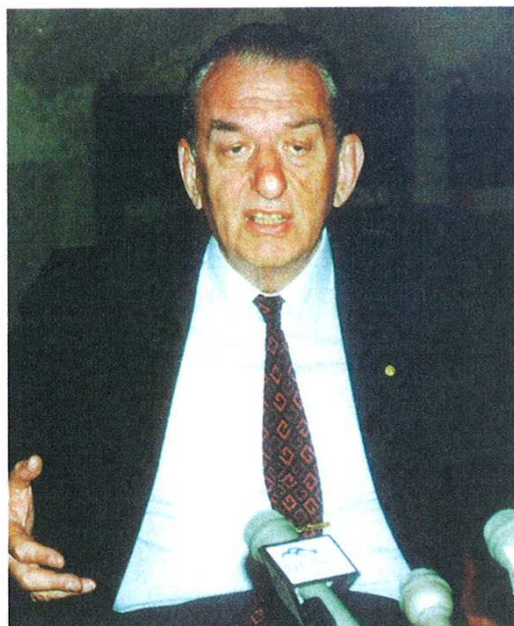
59.1. A bróm a vízből a benzolba „vándorol”

JÓ, HA TUDOD!

A vegyszerek csomagolásán levő betűk és számok a felhasználás során várható veszélyeket (R mondatok) és a követendő biztonsági tanácsokat (S mondatok) jelzik.

BENZOL (C₆H₆)

- R45 Rákot okozhat.
- R11 Nagyon gyúlékony.
- R23 Belélegezve mérgező.
- R24 Bőrrel érintkezve mérgező.
- R25 Lenyelve mérgező.
- R48 Hosszú időn át hatva súlyos egészségkárosodást okozhat.
- S16 Gyújtóforrástól távol tartandó.
- S29 Csatornába engedni nem szabad.
- S44 Rosszullét esetén orvoshoz kell fordulni. Ha lehetséges, a címkét meg kell mutatni.
- S53 Kerülni kell az expozíciót, használatához külön utasítás szükséges.



60.1. Oláh György (1927–) magyar származású szerves kémikus. A szénhidrogén-kémiával kapcsolatos munkásságáért 1994-ben Nobel-díjjal tüntették ki.

VIGYÁZAT!

A benzol tömény gőzeinek belélegzése rövid idő múlva eszméletvesztést, később halált okozhat. A hígított gőzeinek tartós belélegzése is megbetegedéshez vezethet (vérzés, az erek degenerálódása, a fehérvérsejtek számának csökkenése következhet be). Így a levegő benzoltartalma munkahelyi ártalom forrása lehet. A még megengedhető (megbetegedést még nem okozó) legnagyobb koncentrációja levegőben $5 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$. Az oldószerként használt benzol – rákkeltő hatása miatt – ahol lehetséges, igyekeznek más vegyületekkel helyettesíteni.

**KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK**

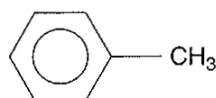
1. Milyen kötés jellemző az aromás vegyületekre?
2. Miben oldódik a benzol?
3. Sorold fel a benzolnak azokat a reakcióit, amelyek a telített vegyületekre jellemzőek!
4. Hány cm³ bróm szükséges 30 g benzol brómbenzollá történő alakításához?
(A bróm sűrűsége: $3,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$).
5. Hány klóratomot tartalmaz az a klórozott benzolszármazék, amelynek moláris tömege $147 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$? Rajzold le, és nevezd el az adott klórvegyület lehetséges konstitúciós képleteit!
6. Nézz utána, hogy milyen biztonsági feliratokat, jelzéseket találsz a vegyi anyagok csomagolásán (pl. palackokon)!

EGYÉB AROMÁS SZÉNHYDROGÉNEK

Ezek olyan vegyületek, amelyek molekulájában a benzol egy vagy több hidrogénatomját szénhidrogéncsoport vagy -csoportok helyettesítik. A legtöbb közülük nagy gyakorlati jelentőséggel bír. Ezek a vegyületek egyaránt rendelkeznek a benzolra jellemző aromás és az oldallánc jellegének megfelelő tulajdonságokkal. A körülményektől és a reakciópartnertől függ, hogy mely tulajdonságaik érvényesülnek a reakcióikban.

TOLUOL (METILBENZOL)

A legegyszerűbb olyan aromás szénhidrogén, amelynek molekulájában a benzolgyűrűhöz (egy hidrogénatom helyett) alkilcsoport kapcsolódik. (Alkilbenzol)



A benzolhoz hasonló szagú, vízzel nem elegyedő, mérgező hatású, gyúlékony folyadék. Az alkánok és az aromások kémiai tulajdonságait egyaránt mutatja. Ha például forrás közben ultraibolya fénnel világítják meg, és így klórozzák, akkor a metilcsoport egy

vagy több H-atomja kicserélődik klóratomra. (A toluol ebben az esetben a metánhoz hasonlóan reagál.) Ha vaskatalizátor jelenlétében klórozzák (szobahőmérsékleten), akkor a fenilcsoport hidrogénatomjai közül cserélődik ki valamelyik klóratomra (a benzolhoz hasonlóan).

Ipari oldószerként, illetve más vegyületek előállítására használják (pl. trinitrotoluol, azaz TNT, festék, gyógyszer). A kőszénkátrányban fordul elő, de ma már nem ebből állítják elő, hanem alkánokból petrokémiai úton.

XILOL (DIMETILBENZOL)

A dimetilbenzolból három konstitúciós izomer létezik. Ezek az 1,2-, az 1,3- és az 1,4-dimetilbenzol. (Az elnevezés a két metilcsoport viszonylagos helyzete szerint történik.)

A két csoport háromféle viszonylagos helyzetét görög eredetű szavakkal is jelölhetjük: az 1,2-helyzet orto- (szomszédos), az 1,3-helyzet meta- (köztes) és az 1,4-helyzet para- (átellenes) helyzet.

Fizikai és kémiai sajátásaik a toluolhoz hasonlóak. Jó oldószerek, és erre a célra jelentős mennyiséget használnak fel belőlük.

Név	1,2-dimetilbenzol	1,3-dimetilbenzol	1,4-dimetilbenzol
Régi elnevezéssel	orto-xilol	meta-xilol	para-xilol
Forráspont	144 °C	139 °C	138 °C

61.1. A dimetilbenzol három konstitúciós izomerje

ETILBENZOL

Fontos ipari alapanyag. Dehidrogénezéssel sztírol állítható elő belőle, amely a *polisztirol* (fontos műanyag) *monomerje*.

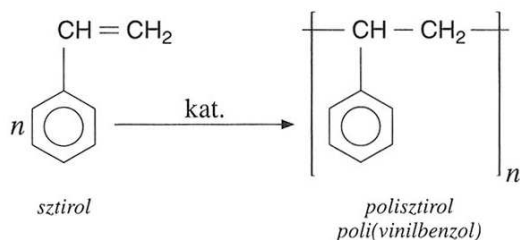


SZTIROL (VINILBENZOL)

Szintelen, kellemes illatú, vízzel nem elegedő folyadék (fp.: 145 °C).

A sztírol a benzol és az alkének reakcióit is adja. Az etilénhez hasonlóan polimerizálható. Az így keletkező polisztirol egyike a legrégbben ismert műanyagoknak.

A polisztirol kemény, rideg, átlátszó, éghető műanyag. Elektromos szigetelő tulajdonságai kitűnőek. Műanyaghab is készül belőle, amit hő- és hangszigetelésre használnak.



NAFTALIN

A naftalin a legegyszerűbb több gyűrűs aromás szénhidrogén. Molekulájában két hatagú gyűrű kapcsolódik össze úgy, hogy két szénatom mindkét gyűrűnek tagja.

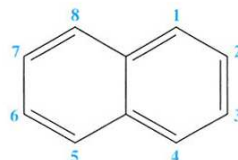
Összegképlete: $C_{10}H_8$

Kört mind a két gyűrűbe nem rajzolhatunk, mert az két teljes π -elektronsexettet, azaz 12 π -elektront jelentene, holott a naftalinmolekulában csak 10 delokalizált elektron van. A szénatomok között nem egyenletes a delokalizáció. A naftalin néhány kötése hosszabb, más kötése rövidebbek mint a benzolé.

A naftalin fehér színű, alacsony olvadáspontú (op.: 80 °C), csillogó lemezes kristályokat alkotó anyag. Jellegzetes szagú, könnyen szublimál (molyriasztásra használják). Jól oldódik szerves oldószerekben. Kormozó lánanggal ég.

Korom, festékek és gyógyszerek előállítására használják. Kémiai tulajdonságait tekintve a benzolhoz hasonlít (szubsztitúciós reakciókra képes). Főleg kőszénkátrányból állítják elő.

A naftalin kötése:



KÉRDÉSEK ÉS FELADATOK

1. Rajzold le, és nevezd el valamennyi lehetséges tetrametilbenzol konstitúciós képletét!
2. Melyek a sztírol jellemző reakciói? Elszínteleníti-e a brómos vizet?
3. Milyen egyszerű kísérlettel lehet megkülönböztetni a sztírolt az etilbenzoltól?
4. A sztírolt az iparban az etilbenzol dehidrogénezésével állítják elő. Írd le a folyamat egyenletét!
5. Hány g brómmal telíthető 26 g sztírol?
6. Egy benzolszármazék 91,3 tömeg% szenet és 8,7 tömeg% hidrogént tartalmaz.

Mi a vegyület konstitúciós képlete és neve, ha moláris tömege $92 \frac{g}{mol}$?