

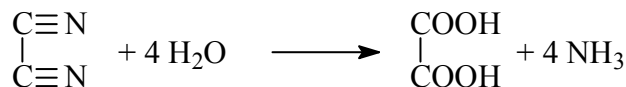
BEVEZETÉS

A kémiai tudományok fejlődését végigtekintve látható, hogy közöttük a szerves kémia az egyik legfiatalabb. Bár a természetet figyelő ember első tapasztalata között már évezredekkel ezelőtt is voltak olyanok, melyek a szerves kémia tárgyköréhez tartoznak, az ókor és a középkor vizsgálódásai inkább az ásványvilág felé irányultak. Főleg a középkor alkímista műhelyeiben kezdtek érlelődni a kémiai természetű felismerések, melyek közül néhány elmélet hibásnak bizonyult.

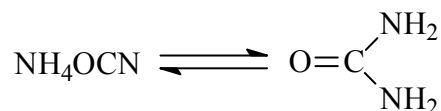
A XVIII. században már egyre több olyan anyagot különítettek el és állítottak elő tisztán, amelyek élő szervezetekből származtak. *C.W. Scheele* (1742-1786) svéd kémikus citromból citromsavat, sós-kából oxálsavat, a borkőből borkősavat nyert ki tisztán, kristályos állapotban és így lassan elkezdődött a szerves kémia fejlődése. A XVIII. század végén különböztette meg először a szerves (organikus) és a szervesetlen (anorganikus) kémiát *Bergman*, a híres svéd kémikus, szerves vegyületeken azokat a vegyületeket értve, amelyek élő szervezetekből származtak. *Lavoisier* (1743–1794) elemzéssel megállapította, hogy az élőlények felépítő anyagokat ugyanolyan elemek építik fel, mint az élettelen anyagok, illetve az élő szervezetek felépítésében főként szén, hidrogén, oxigén és nitrogén vesz részt. Ebben az időben a szervesetlen kémia rohamos fejlődése mellett a szerves kémia fejlődését az úgynevezett „életerő elmélet” erősen hátráltatta.

Az „életerő-elmélet”-et 1815-ben *Berzelius* (1779–1848) írta le: „Minden ismeretünk ellenére az állati testben végbemenő jelenségek zömének oka oly mélyen van rejtve tekintetünk elől, hogy bizonyára sohasem fogjuk felfedezni. Ezt a rejtett okot életerőnek nevezzük.” Szerinte a szerves vegyületek létrejöttéhez ez az ismeretlen erő, az életerő szükséges, amellyel csak az élő szervezetek rendelkeznek.

Az életerő-elméletet *Wöhler* (1800-1882) német tudós döntötte meg 1824-K-Dicián hidrolízisével oxálsavat állított elő, amelyet korábban *Scheele* növényi nedvekből kristályosított ki:



Wöhlernek ez az eredménye nem vált annyira közismertté, mint az, hogy 1828-ban ammónium-izocianát hevítésével karbamidot állított elő.



A XIX. század közepén *Kekulé* (1829–1896) mondta ki, hogy a szerves vegyületekben a szénatomok egymással kapcsolódnak össze, a szén mindig négy vegyértékű, és azt is megállapította, hogy a szerves kémia a szénvegyületek kémiája. Ettől kezdve a szerves kémia hallatlanul gyors fejlődésnek indult, megalapozva mai tudásunkat.

A szerves és szervesetlen kémiát ma is külön tárgyaljuk. Ennek gyakorlati oka van: a szénvegyületek nagy száma és az, hogy a szerves vegyületeket teljesen más elvek szerint csoportosítjuk, mint a szervesetlen vegyületeket. A szénatomok különleges tulajdonsága, hogy - egymással kovalens kötést képezve - elvileg korlátlan számú szénatom összekapcsolódhat láncokká, gyűrűkké és a kötések stabilitása nem csökken számottevően a szénlánc hosszával. Ha ehhez még hozzátesszük azt is, hogy a szénlánc hosszán kívül elágazások is nagy számban módosítják a szénvegyületeket, a szénatomok között kettős, hármas kötések, delokalizált kötések is létrejöhetnek, valamint a szerves vegyületek felépítésében a szén- és hidrogénatomon kívül oxigén-, nitrogén, kén-, foszforatomok és más „heteroatomok” is részt vesznek, akkor megérthetjük, hogy sokkal több szénvegyület ismert manapság, mint az összes többi elem valamennyi vegyülete.

Szerves kémiai alapfogalmak

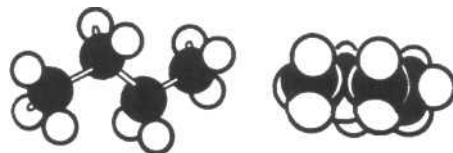
A szénvegyületek szerkezetének alapelvei

A szénatom a szerves vegyületekben mindig négy kovalens kötést képez. A szénatomok egyszeres, kétszeres (kettős) és háromszoros (hármass) kötést hozhatnak létre.

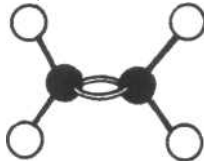
A szénatom egyszeres kötés esetén tetraéderez elrendeződésű. Például a legegyszerűbb molekula, a metán szerkezete ilyen. A metánban a szénatom egy képzeletbeli tetraéder középpontjában, a négy hidrogénatom pedig a tetraéder csúcsaiban helyezkedik el.



Valamennyi telített szénhidrogén tetraéderez szerkezetű, melyekre az jellemző, hogy csak egyszeres kötéssel kapcsolódnak a szénatomok egymással.



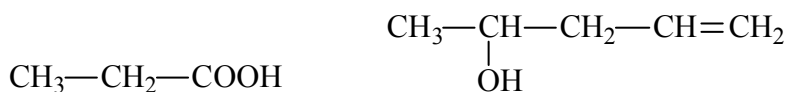
Ha a szénatom kettős kötések hoz létre, akkor a kötésszög lehet 120° . Ilyen az etilén (etén)



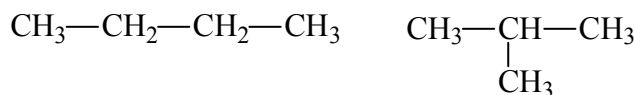
Hármass kötés esetén a kötésszög 180° . Ilyen van az acetilén (etin) molekulában: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$.

A szerves vegyületek nagy számát és változatosságát nem csak a különböző kötések lehetősége, hanem az is növeli, hogy a szénatomok egymással hosszú láncokban összekapcsolódhatnak, elágazásokat, gyűrűket is alkothatnak.

A képletírás során az összegképlet keveset mond, ezért ritkán használjuk. Leggyakoribb képletírás a csoportok feltüntetésével történik, oly módon, hogy látható legyen az atomok, atomcsoportok kapcsolódási sorrendje is. Pl.:



A szerves vegyületek sokféleségét tovább növeli, hogy gyakori az **izoméria**. Ez azt jelenti, hogy ugyan ahhoz az összegképlethez eltérő szerkezetű vegyületek rendelhetők. Erre példa a C_4H_{10} összegképletű bután, ami lehetséges szerkezete:

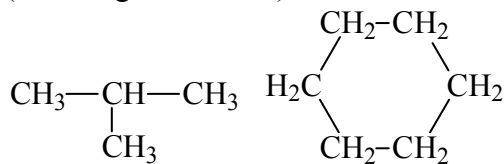


Szénhidrogének

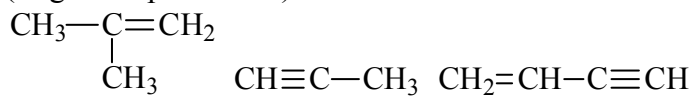
Azokat a szerves vegyületek, melyek kizárólag szénből és hidrogénből épülnek fel, szénhidrogéneknek nevezzük.

Csoportosítás a szénatomok közötti kötések jellege szerint:

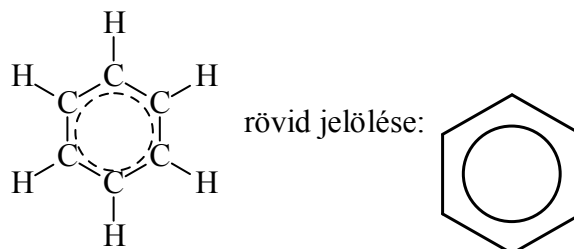
Telített szénhidrogének: A szénatomok között csak egyszeres kötések vannak (csak szigma kötések):



Telítetlen szénhidrogének: A szénatomok között kettős kötések és/vagy hármas kötések is vannak (szigma és pí-kötések):



Aromás szénhidrogének: Olyan gyűrűs szénhidrogének, amelyek delokalizált pí-kötéseket tartalmaznak:



A nyíltláncú telített szénhidrogének: alkánok

Régius elnevezés: paraffin szénhidrogének

Az alkánok homológ sora:

Szénatomok száma	Neve	Összegképlete	Csoportképlete
1	Metán	CH ₄	CH ₄
2	Etán	C ₂ H ₆	CH ₃ –CH ₃
3	Propán	C ₃ H ₈	CH ₃ –CH ₂ –CH ₃
4	Bután	C ₄ H ₁₀	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₃
5	Pentán	C ₅ H ₁₂	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₃
6	Hexán	C ₆ H ₁₄	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₃
7	Heptán	C ₇ H ₁₆	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₃
8	Oktán	C ₈ H ₁₈	CH ₃ –(CH ₂) ₆ –CH ₃
9	Nonán	C ₉ H ₂₀	CH ₃ –(CH ₂) ₇ –CH ₃
10	Dekán	C ₁₀ H ₂₂	CH ₃ –(CH ₂) ₈ –CH ₃

Általános képlet: C_nH_{2n+2}

A homológ sor olyan vegyületek sorozata, amelyek szomszédos tagjai mindig ugyan azzal a csoporttal különböznek egymástól. Az alkánok homológ sorának soron következő tagja egy –CH₂– csoporttal több.

A telített szénhidrogének első négy tagja triviális elnevezésű, de a további nevek szisztematikusan képezhetők a szénatomok számának megfelelő görög névből. Valamennyi telített szénhidrogén nevének végződése: –án.

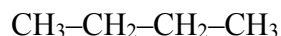
Az alkánokból egy hidrogén elvételével egyértékű gyököket képezhetünk, melyeket az alapvegyületekhez hasonlóan nevezünk el, de végződése: –il lesz:

Szénatomok száma	Neve	Összegképlete	Csoportképlete
1	Metilcsoport	CH ₃ –	CH ₃ –
2	Etilcsoport	C ₂ H ₅ –	CH ₃ –CH ₂ –
3	Propilcsoport	C ₃ H ₇ –	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –
4	Butilcsoport	C ₄ H ₉ –	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –
5	Pentilcsoport	C ₅ H ₁₁ –	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –

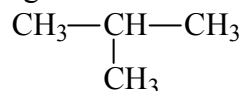
A telített, nyílt láncú szénhidrogéneket **alkánok**nak, a belőlük levezethető egyértékű gyököket **alkilcsoport**oknak nevezük. Az alkilcsoportot általánosan R– betűvel jelöljük.

A szerkezeti izoméria

Már a négy szénatomos szénhidrogén (C_4H_{10}) szerkezetét is kétféle módon írhatjuk fel. Lehet egyenes szénláncú, ami nem tartalmaz elágazást:

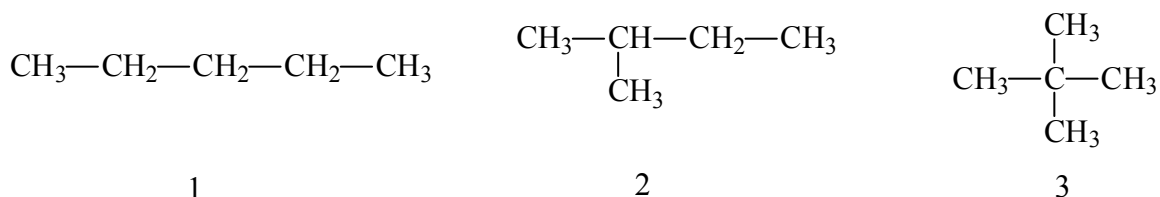


De a C_4H_{10} képletnek a következő szerkezet is megfelel:



Azokat a molekulákat, amelyek összegképlete azonos, de az atomok kapcsolódási sorrendje eltérő, **szerkezeti izomereknek** nevezzük.

Ha növeljük a szénatomok számát, az izomerek száma rohamosan növekszik. Pl. a pentán (C_5H_{12}) lehetséges szerkezetei:



Az izomer anyagok tulajdonságai eltérőek, pl. forráspontjuk, olvadáspontjuk más. Pl. az 1-jelű vegyület olvadáspontja $-130\text{ }^\circ\text{C}$, a 2-jelű vegyület olvadáspontja pedig $-17\text{ }^\circ\text{C}$. Ezért indokolt, hogy az izomerek neve is eltérő legyen.

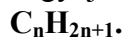
Az alkánok nevezéktana

Az alkánok homológ sorában az első négy vegyület neve ma is a hagyományos, ún. triviális név. A triviális névnek a szerkezethez, összetételhez nincs köze, ezek az elnevezések inkább előfordulásra vagy valamely jellemző tulajdonságra utalnak.

A szénvegyületek rendszerezése során kialakult az az igény, hogy a vegyületeknek a szerkezetükre is utaló, adott szabályok szerint megalkotott neveket kell adni. A ma is érvényben lévő nevezéktan fő szabályait 1892-ben a kémikusok Genfben tartott kongresszusán fogadták el. *A genfi nevezéktan* a szerves vegyületek elnevezését oly módon szabályozza, hogy a névből a szerkezetre egyértelműen lehet következtetni és a szabály alá tartozó vegyületszámok tagjainak csak egy ún. racionális neve lehet. A genfi nomenklatura szabályait 1892 óta több ízben módosították. A kémikusok legjelentősebb nemzetközi szervezete, a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ma is nagy figyelmet szentel a nevezéktani kérdéseknek. A *IUPAC nomenklatura* alapja a genfi nevezéktan, fő szabályait 1957-ben fogadták el, de napjainkig több módosításon ment keresztül.

A telített szénhidrogének a racionális nomenklatura szerint az *alkán* általános nevet kapták. A sorozat tagjainak -án végződésű neve a C_nH_{2n+2} általános képletű csoportba való tartozásra utal.

Az egyértékű szénhidrogén-csoportok általános gyűjtőneve *alkilcsoport*, általános képletük:



Minthogy nagyobb szénatomszámú szénhidrogénekben különböző helyzetű szénatomról vehetünk el képzeletben hidrogént, több izomer alkilcsoport létezik, melyek szerkezeti izomerek.

A szénatomok strukturális helyzetét a *rendűség* fogalmával adhatjuk meg:

Szénatom rendűsége	Magyarázat	Példa
Elsőrendű (primer)	A szénatom csak egyetlen másik szénatomhoz kapcsolódik.	H_3C-CH_3
Másodrendű (szekunder)	A szénatom két másik szénatomhoz kapcsolódik.	$\begin{array}{c} H \\ \\ CH_3-C-CH_3 \\ \\ H \end{array}$

Szénatom rendősége	Magyarázat	Példa
Harmadrendű (tercier)	A szénatom három másik szénatomhoz kapcsolódik.	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Negyedrendű (kvaterner)	C-atom négy másik C-atomhoz kapcsolódik.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Így már az alkilcsoportokat is megkülönböztethetjük egymástól:

Szénatom rendősége	Alkilcsoport	Képlet	Megjegyzés
I. rendű	metilcsoport etilcsoport propilcsoport	$\begin{array}{l} \text{CH}_3- \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2- \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \end{array}$	Az egyenes láncú csoportot normál jelzővel lehet ellátni. Pl. n-propil
	I. r. i-butil	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Az <i>izo</i> jelző a szénlánc elágazására utal.
II. rendű	II.r. propil v. szekunder propil	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	Régebbi, de gyakran használt neve: <i>i</i> -propil
	II. r. n-butil szekunder-butil	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \end{array}$	
III. rendű	III. r. butil	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	terc-butil

E csoportnevek segítségével egy alkán úgy nevezhető el, hogy

1. a molekulán belül kiválasztjuk a leghosszabb normál, azaz egyenes szénláncot.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	A leghosszabb szénlánc 4 szénatomos, tehát az alapnév a bután.
2. Ennek C-atomjait attól a láncvégtől kezdve számozzuk meg, amelyhez az elágazás közelebb van.	$\begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \\ \text{CH}_3 & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_3 \\ & & & \\ & \text{CH}_3 & & \end{array}$	
3. A kapcsolódó csoport nevének megadásával és a számozás segítségével megjelölt helyének feltüntetésével képezzük a vegyület racionális nevét.	Az elnevezés: 2-metilbután	

A főlánc kijelölése független attól, hogy a felírt szerkezeti képletben a főláncot esetleg nem egy egyenesbe írjuk. Néhány példa:

$ \begin{array}{c} 1 \quad 2 \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ 3 \text{CH}_2 \\ \\ 4 \text{CH}_2 - 5 \text{CH}_2 - 6 \text{CH}_3 \end{array} $	<p>Alapszénhidrogén: hexán</p> <p>A 2. szénatomon van egy etilcsoport.</p> <p>Név: 2-etilhexán</p>
$ \begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ 5 \text{CH}_3 - 4 \text{CH}_2 - 3 \text{CH}_2 - 2 \text{C} - 1 \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} $	<p>Alapszénhidrogén: pentán</p> <p>A 2. szénatomon 2 db egy metilcsoport.</p> <p>Név: 2,2-dimetilpentán</p>
$ \begin{array}{c} 5 \text{CH}_3 - 4 \text{CH}_2 - 3 \text{CH} - 2 \text{CH} - 1 \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} $	<p>Alapszénhidrogén: pentán</p> <p>A 2. és 3. szénatomon 1–1 metilcsoport.</p> <p>Név: 2,3-dimetilpentán</p>

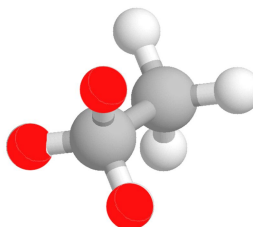
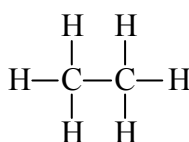
Az alkánok téralkata (konformációja)

A metán esetében a vegyértékszögek és a kötéstávolságok egyértelműen meghatározzák a téralkatot. A többi alkánnál azonban csak az egymással közvetlenül, illetve egyetlen atom közvetítésével kapcsolódó atomok viszonylagos térbeli helyzete meghatározott.

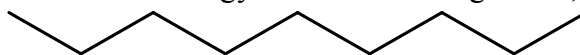
Az etánban a két szénatomot összekötő vegyérték tengelyként fűzi össze a két metil-csoportot, és e tengely körül a metil-csoportok egymáshoz képest elforgathatók.

Az egyszeres kötés a kapcsolt atomok szabad elfordulását megengedi.

Az etán esetén a két tetraéder egymáshoz viszonyított helyzetei két szélső eset; fedő és nyílt állás közé esnek:

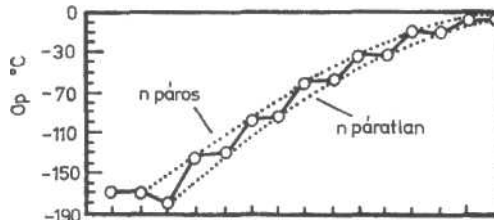


Hosszabb szénláncok, mivel a kötésszög $109,5^\circ$, a szénatomok tetraédes elrendeződésűek, ezért a lánc sem egyenes, hanem cikk-cakkos. Az egyes kötések elforgathatnak, elvileg szabad a rotáció:

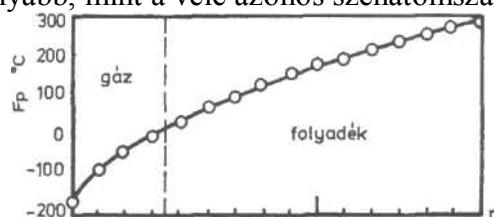


Az alkánok fizikai tulajdonságai

A metán kivételével a páros, illetve a páratlan C-atomszámú n-alkánok olvadáspontjai két görbét adnak (10.6. ábra). Ennek az az oka, hogy a paraffin homológok kristályszerkezete a páros, illetve a páratlan C-atomszám szerint változik.



A kisebb C-atomszámú paraffinok szobahőmérsékleten gázok (C₁-C₄), a továbbiakban a heptadekánig (C₁₇H₃₆) cseppfolyósak, a többi szilárd. A láncelágazást tartalmazó, izomer szénhidrogének olvadáspontja alacsonyabb, mint a vele azonos szénatomszámú, normál szénhidrogéneké.



A paraffin szénhidrogének forráspontja – a homológ sorok tulajdonságainak megfelelően – szabályszerűen emelkedik a relatív molekulatömeg növekedésével.

A sűrűség változása a molekulatömeg függvényében hasonló menetű görbét ad, melynek határértéke 0,8 g/cm³. Az izomer alkánok közül a normál izomerek forráspontja és sűrűsége nagyobb.

A telített szénhidrogének számos szerves oldószerben jól, vízben viszont nem oldódnak. Ennek oka, hogy a szénhidrogén-molekulák apolárosak, míg a víz poláros.

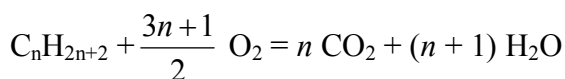
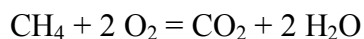
Az alkánok kémiai tulajdonságai

A telített szénhidrogének közönséges hőmérsékleten a legkevésbé reakcióképes szénvegyületek közé tartoznak, régi nevüket, a paraffin nevet is ennek köszönhetik (parum affinis: kevésbé vegyroskon).

Magasabb hőmérsékleten az alkánok többféle kémiai reakcióban vesznek részt, és ezek egy része a gyakorlatban is igen jelentős.

Égés

Elegendő levegő jelenlétében szén-dioxiddá és vízzé égnek el:



A reakció mindig exoterm (hőtermelő), éppen ezért használják energiatermelésre (robbanómotorok esetén a benzin égése, olajtüzelésű kazánok stb.)

Hőbontás

A szerves vegyületek általában hőérzékenyek, magasabb hőmérsékleten elbomlanak (gondoljunk arra, ha sütéskor „elég” a hús vagy a sütemény vagy „odakozmál” az étel). A szénhidrogének kötése is felhasadnak magasabb hőmérsékleten, ha nagy energiával ütköznek egymással a molekulák. Ezeket a kémiai változásokat iparilag is kihasználják.

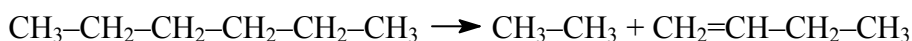
A metán hőbontása:



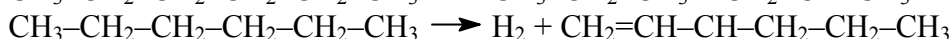
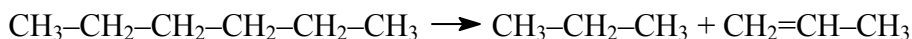
Magasabb szénatomszámú alkánok esetén telített és telítetlen molekulák keletkeznek a hőmérséklettől függően.

Krakkolás: Hosszabb szénláncú telített szénhidrogének hőbontása, közepesen magas hőmérsékleten, közepes szénatomszámú telített és telítetlen szénhidrogének, metán, hidrogén és etilén képződése közben.

Pl.:



A lánc máshol is felszakadhat:



Pirolízis: Magasabb hőmérsékleten véghezvitt hőbontás. A fő termékek: kis szénatomszámú olefinok (kettős kötést tartalmazó szénhidrogének).

Szubsztitúciós reakciók

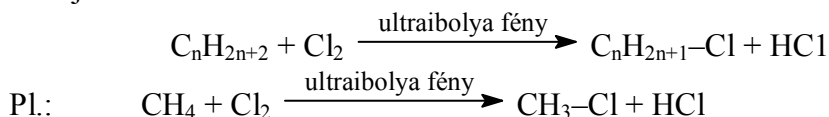
Meghatározott körülmények között a telített szénhidrogének hidrogénatomjai közül egy vagy több más atommal (atomokkal) kicserélhető, azaz a szénhidrogének szubsztitúciós reakcióba vihetők.

A **szubsztitúció** olyan kémiai folyamat, amelynek során a kiindulási molekula egyik atomja vagy atomcsoportja másik atomra vagy atomcsoportra cserélődik ki. Legfontosabb szubsztitúciós reakciók a halogénezés, szulfonálás és nitrálás.

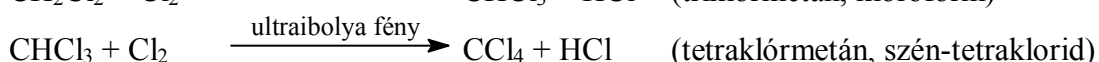
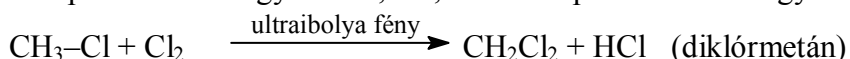
Halogénezés

A halogénezés során a telített szénhidrogének hidrogénatomjai halogénekre cserélhetők ki. Főleg a klórozott származékok ismertek, bár az utóbbi évtizedekben néhány fluorozott származék is nagy gyakorlati jelentőségre tett szert.

Klór hatására az első lépésben egy klóratom épül be a molekulába. A szubsztitúciós halogénezést az uv-fény katalizálja:



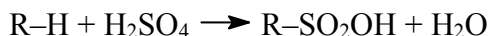
A közvetlen halogénezésnek, így a klórozásnak is nagy hátránya, hogy az első lépésnél a folyamat nem állítható meg, sőt a halogén belépésének helye is csak korlátozottan szabályozható. Ezért a klórozás után kapott reakcióelegyben di-, tri-, általában poliklórozott vegyületek jelennek meg.



A közvetlen klórozást így csak néhány szénhidrogénnél (metán, etán) célszerű alkalmazni. A folyamatot ultraibolya fény katalizálja, pl. a metán és a klór elegye napfény hatására robbanásszerűen reagál.

Szulfonálás

A **szulfonálás** a szulfocsoport ($-\text{SO}_2\text{OH}$) bevitelére alkalmas szubsztitúciós eljárás. A paraffinok és a cikloparaffinok szulfonálása füstölgő kénsavval végezhető el, és iparilag értékesíthető alkil-szulfonsavakat lehet e módszerrel gyártani. Az alkil-szulfonsavak erős savak, melyek stabilis sókat képeznek. Néhány nagy szénatomszámú alkil-szulfonsav-nátriumsó nedvesítő- és tisztítószerként kerül forgalomba.

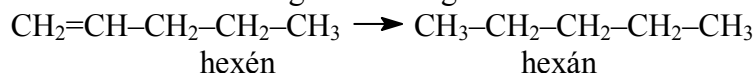


Alkánok előállítása

Földgáz, ásványolaj jelentős részben tartalmaz alkánokat. Az alkánokat tisztán előállítani ritkán kell, de az igen sokféle anyagból álló ásványolajakat forráspontjuk szerint frakcionált desztillációval kell szétválasztani. A kőolaj desztillációjának fontosabb frakciói:

nyersbenzin
petróleum, kerozin
gázolaj
pakura (kenőolaj, vazelin, paraffin)
bitumen

Alkánok keletkeznek telítetlen szénhidrogének hidrogénezésével is:

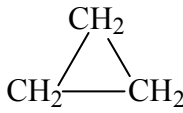

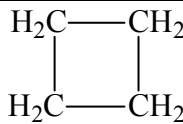

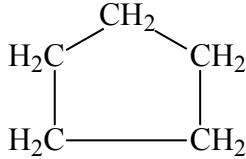

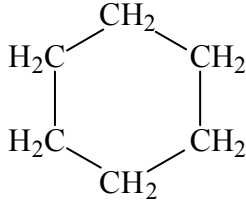
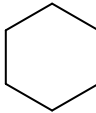


Telített gyűrűs szénhidrogének: cikloalkánok

cikloalkánok molekulájában az alkánokhoz hasonlóan csak *egyszeres kovalens kötéssel* kapcsolódnak össze a szénatomok, de nem láncszerűen, hanem gyűrűt formálva.

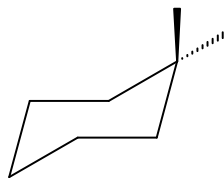
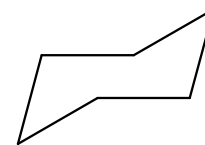
A cikloalkánok elnevezése az alkánokhoz hasonlóan történik, csak a megfelelő név elé a ciklo- előtagot kapcsoljuk.

A cikloalkánok homológ sorának összegképlete: C_nH_{2n}

Képlet	Egyszerűsített képlet	Név
		ciklopropán
		ciklobután
		ciklopentán
		ciklohexán

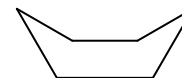
A természetben az öt- és hattagú gyűrűt tartalmazó tagok származékai a legelterjedtebbek. A legfontosabb tag, a ciklohexán gyűrűje nem sík alakú, hanem térbeli elrendeződésű. Az egyik lehetséges térszerkezete székhöz hasonló.

A székhöz hasonló gyűrű két szemben fekvő oldalán levő négy szénatom egy síkban fekszik, a másik kettő pedig e sík alatt, illetve felett helyezkedik el.

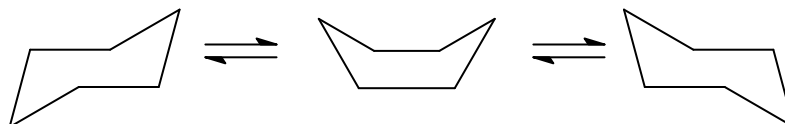


Megfigyelhetjük, hogy a molekulában kétféle térszerkezetű hidrogénatom van. Az egyik kötésiránya párhuzamos a molekula szimmetriatengelyével (ezek a tengely menti vagy más szóval **axiális** hidrogének), a másik körülbelül a gyűrű síkjában helyezkedik el kifelé mutatva (ezek az egyenlítői vagy más néven **ekvatoriális** helyzetű hidrogének).

A másik lehetséges térszerkezete az ún. kád konformáció.



A ciklohexán különböző konformációi nem különíthetők el, mert már a szobahőmérséklet energiája is elegendő, hogy egymásba átalakuljanak.



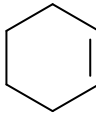

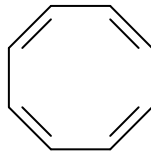
A cikloalkánok tulajdonságai az alkánok tulajdonságaihoz hasonló.

A telítetlen szénhidrogének

A telítetlen szénhidrogének kettős és/vagy hármas kötést tartalmaznak.

A kettőskötést tartalmazó szénhidrogének általános neve: **alkén**.

Csoportosítás:

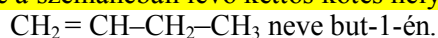
Kettőskötések száma szerint	Szénváz jellege szerint	
	nyílt láncú ALKÉNEK	gyűrűs CIKLOALKÉNEK
1	etén, régies neve: etilén $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	ciklohexén 
2	ALKADIÉNEK $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 1,3-but-1,3-dién	 ciklopenta 1,3-dién
Több	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ hexa-1,3,5-trién	 ciklookta-1,3,5,7-tetraén

Egy kettőskötés esetén az általános képlet: C_nH_{2n}

Az alkének nevezéktana

Az egy kettőskötést tartalmazó szénhidrogének a telített szénhidrogének nevéből vezethető le. Általanevük: *alkén-szénhidrogének*. A telítetlen kötést a vegyületek nevében -én végződéssel jelezzük.

Az alkéneket a megfelelő alkán lánca alapján nevezzük el, „-én” végződést adva hozzá és belső toldalék-ként megadott számmal jelezve a szénláncban levő kettős kötés helyzetét:



Az olefinek homológ sorának kezdő tagjainál a gyakorlatban a triviális neveket használják, a nagyobb szénatomszámú tagoknál csak a racionális nevezéktan alapján lehet egyértelmű, a szerkezetre utaló neveket adni. A IUPAC-nomenklatura szabályai szerint a szénlánc C-atomjainak számozását azon a lánccvégen kell mindig kezdeni, amelyhez a kettős kötés a legközelebb esik. A kettőskötés helyét a név elé tett számmal adjuk meg, mely annak a C-atomnak a sorszámát jelenti, melyről a kettős kötés indul.

Példák:

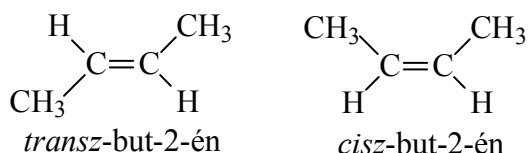
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	etén (etilén)
$\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_3$	propén (propilén)
$\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	but-1-én
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$	but-2-én
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-metilpent-2-én

Néhány alkénből származtatható csoport:	$\text{CH}_2 = \text{CH}-$	etenil, (vinil)
	$\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_2-$	3-propenil (allil)

Izoméria

Vizsgáljuk meg a but-2-én szerkezetét: $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$

Ha felrajzoljuk a részletesebb szerkezetét, azonnal látszik, hogy egymástól két eltérő képletet lehet felírni, mert a kettős kötés – ellentétben az egyszeres kötéssel – nem biztosít a kötéstengely mentén szabad forgást:



A két molekulában azonos a kapcsolódási sorrend, de a térbeli elrendeződés eltérő.

Az olyan izomériát, amely egy merev kötés (pl. kettőskötés) miatt alakul ki, geometriai izomériának nevezzük. Szokás ezt cisz-transz izomériának is mondani.

A cisz-transz izoméria kialakulásának feltétele, hogy a kettőskötésű szénatomhoz mindkét szénatomjához két különböző atom vagy atomcsoport kapcsolódjon.

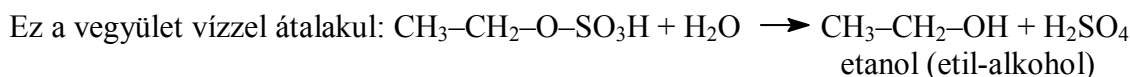
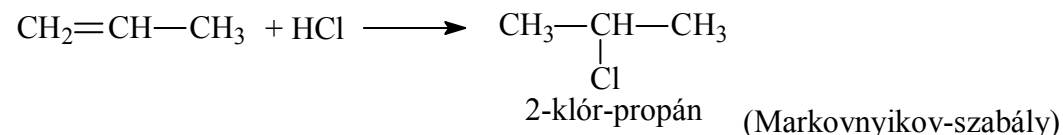
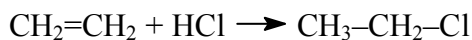
Fizikai tulajdonságok

Hasonlóak a telített szénhidrogénekhez.

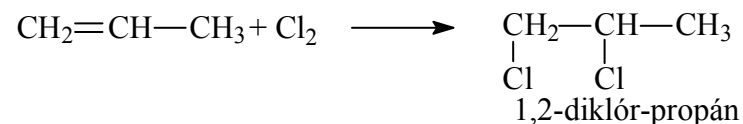
Kémiai tulajdonságok

Jellemző reakciójuk az **addíció**, mert a pí-kötés könnyen felszakad.

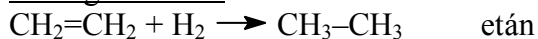
Ásványi savak addíciója



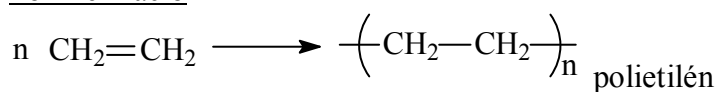
Halogének addíciója



Hidrogénaddíció

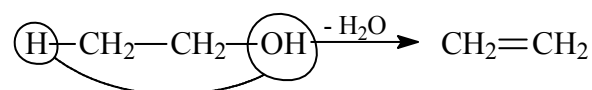


Polimerizáció

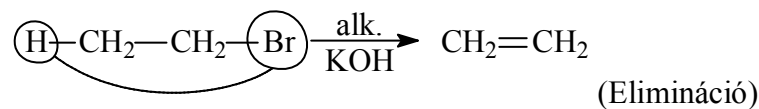


Alkének előállítása

1. Alkoholokból vízelvonással



2. Hidrogén-halogenid elvonás alkil-halogenidekből



3. Emlékeztető: alkánok hevítése (krakkolás, pirolízis)

Az alkének két legnagyobb jelentőségű képviselője: etén és propén

A háromszoros kovalens kötést tartalmazó szénhidrogének

Azokat a telítetlen szénhidrogéneket, amelyek molekulájában háromszoros (σ , π , π) kötések is találhatóak a szénatomok között, **alkineknek** nevezzük.

Az alkinek nevét az azonos szénvázú alkán nevének szótövéhez kapcsolt *-in* végződéssel adjuk meg.

$\text{HC}\equiv\text{CH}$ etin (acetilén)

$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$ propin, (metil-acetilén)

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$ butin, (metil-acetilén)

Az alkinek a megfelelő alkán lánc alapján nevezzük el, „-in” végződést adva hozzá **és belső toldalékként megadott számmal jelezve a szénláncban levő kettős kötés helyzetét:**

$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3$ neve but-2-in

Bár léteznek *gyűrűs*, illetve *több hármas kötést* tartalmazó alkinek is, ezek kis jelentősége miatt csak az acetilénnel és származékaival foglalkozunk.

Az acetilén fizikai tulajdonságai

A tiszta acetilén szobahőmérsékleten színtelen, szagtalan gáz. Acetonban jól oldódik, ezért a technikai acetilént acetonnal nedvesített kovaföldet tartalmazó palackokba komprimálják. Az acetilén nagy fényerejű lánggal ég. Nagy égéshője és magas hőfokú lángja miatt autogén hegesztéshez használják. Előállítható földgáz vagy kőolaj pirolízisével.

Az acetilén kémiai tulajdonságai

Az acetilén telítetlen kötésrendszere és két mozgékony H-atomja révén sokféleképpen léphet reakcióba.

Addíciós reakciók

Halogének addíciója

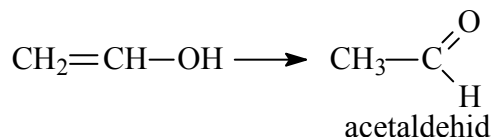
$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{Br-CH=CH-Br}$ 1,2 dibrómetén

Hidrogén-halogenidek addíciója

$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH-Cl}$ vinil-klorid

Vízaddíció

$\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH-OH}$ vinil-alkohol keletkezik, ami nem stabil, átalakul:



Hidrogénaddíció: $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_3$ etán

Acetilén előállítása

$\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}\equiv\text{CH} + \text{Ca(OH)}_2$

$2 \text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}\equiv\text{CH} + 3 \text{H}_2$

Acetilén felhasználása

Disszugáz (*dissous* = oldott) Acetonban oldott, kovafölddel felitatott acetilén, hegesztési célra. Alapanyaga pl. a PVC-nek.

Aromás szénhidrogének



Aromás vegyületeknek a múlt században azokat a gyantákból, balzsamokból elkülönített kellemes illatú anyagokat nevezték, amelyek szerkezetükben az 1825-ben *Faraday* által izolált benzolhoz hasonlítottak.

Ma az aromás jelző nem az anyag illatát jelenti, hanem azt, hogy a molekulában *benzolgyűrű* vagy *ahhoz hasonló gyűrűrendszer* található. **Általános nevük: árén.**

Az aromás gyűrűben a szénatomok egy síkban vannak, a pi-elektronok delokalizáltak. A delokalizált elektronok száma $4n + 2$, ahol n egész szám vagy zérus.

A benzol a legjellegzetesebb aromás vegyület. Képlete C_6H_6 .

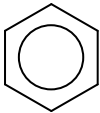
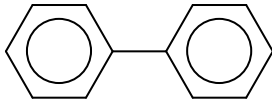
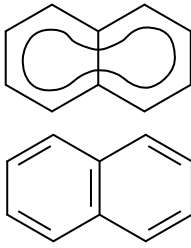
A molekula szigma-vázát alkotó atomtörzsek egy síkban fekszenek, a kötésszögek 120° -osak. A szigma-vázban a hat szénatom egymással kapcsolódva gyűrűt hoz létre, és egy-egy kötést hoznak létre egy-egy hidrogénnel. A negyedik kötés kötő elektronjai pedig delokalizálódnak.

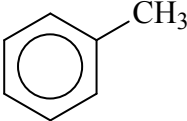
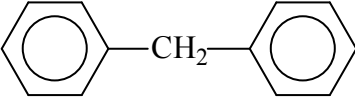
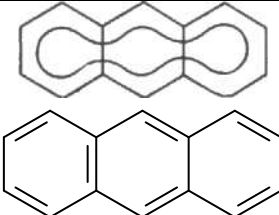
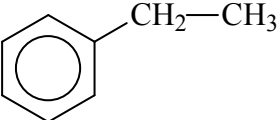
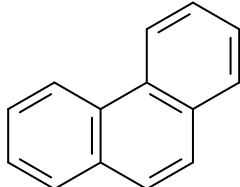
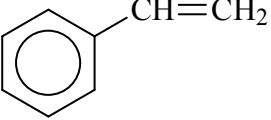
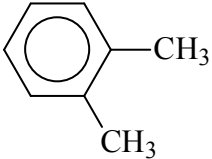
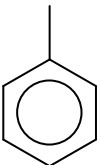
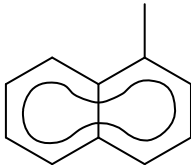
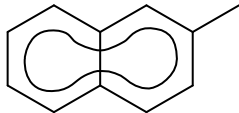
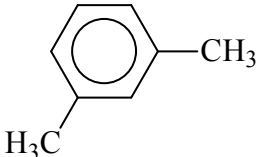
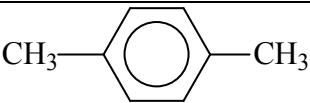
A hat delokalizált pi-elektron felül és alul egyenletes koszorúként övezi a benzolmolekula szigma-vázát. Ezek a kötések mind a kötéshossz, mind a kötési energia tekintetében átmenetet képeznek az egyes és a kettős kötés között. Szerkezetét hatszögbe rajzolt körrel szoktuk ábrázolni. A kör a π -elektron-szextettet jelképezi.

A benzolból nemcsak egy, hanem több homológ sor is levezethető, ezért mint az aromás rendszerek alapvegyületét tárgyalhatjuk.

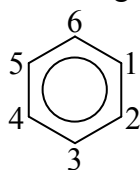
Az aromás szénhidrogének elnevezésénél sok triviális névvel találkozunk, de a helyettesített származékként való elnevezés is elterjedt.

Csoportosítás az aromás gyűrűk száma, illetve azok illeszkedése szerint történik:

Egy gyűrűs	Több gyűrűs	
	izolált	kondenzált
 Benzol	 Bifenil	 Naftalin

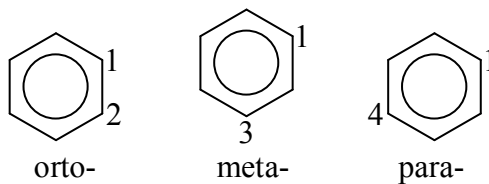
Egy gyűrűs	Több gyűrűs	
	izolált	kondenzált
 Toluol	 difenil-metán	 Antracén
 etil-benzol		 Fenantrén
 vinil-benzol sztirol		Megjegyzés: A fenti vegyületek mindegyike delokalizált kötésekkel tartalmaz, mint a benzol, de jelölésükben gyakran csak a kettős kötéses formát használják.
 1,2-dimetil-benzol (orto-xilol)	Néhány fontos aromás csoport:  fenil  α -naftil  β -naftil	
 1,3-dimetil-benzol (meta-xilol)		
 1,4-dimetil-benzol (para-xilol)		

A benzol helyettesített származékainak elnevezéséhez a szénatomokat meg kell számozni:



A fenti vegyületekben ezt a szabályt lehet megfigyelni.

Ma is gyakran használatos a szénatomok egymáshoz viszonyított helyzetének következő megnevezése:



Ezt a fenti táblázat zárójeles megnevezései mu-

<p>A naftalin esetében:</p> 	<p>tatják.</p>  <p>α és β helyzet jelölése</p>
---	---

A benzol fizikai tulajdonságai

A benzol apoláris molekulájú, színtelen, vízben rosszul, szerves oldószerekben jól oldódó folyadék. Sűrűsége kisebb, mint a vízé.

A benzol kémiai tulajdonságai

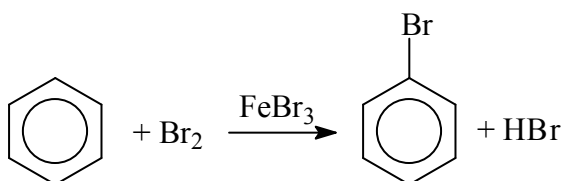
Az aromás szerkezet igen stabil. Könnyebb a gyűrűhöz kapcsolódó hidrogéneket helyettesíteni, mint a delokalizált pi-elektronszextettet megbontani.

A benzol kémiai átalakulásait három nagy csoportba osztjuk.

- *szubsztitúciós*, ez a legjellemzőbb
- *oxidációs reakciók*
- *addíciós reakciók* nem jellemző

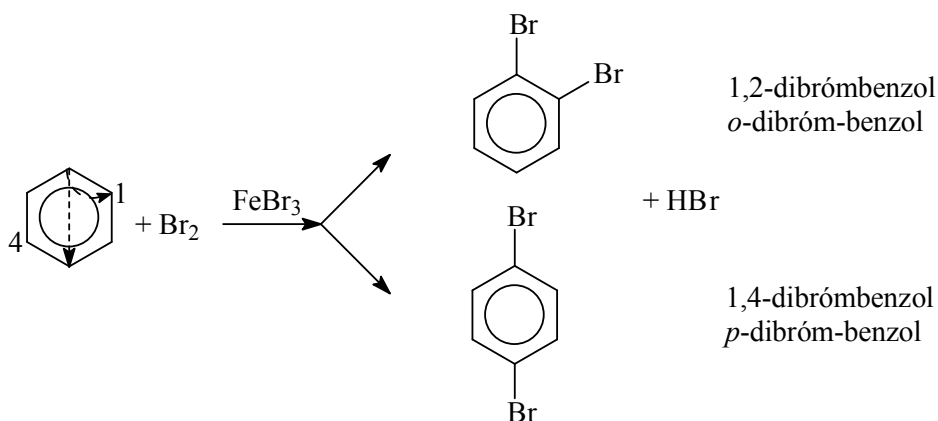
Szubsztitúciós reakciók

1. Halogénezés

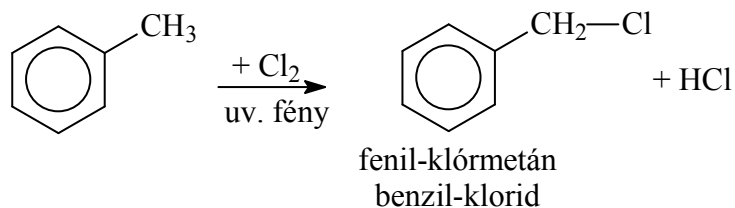


A reakció bróm helyett klórral is lejátszódik, akkor FeCl_3 lesz a katalizátor.

Természetesen a folyamat tovább folytatódhat. A második halogén belépési helyét az első bróm már befolyásolja:

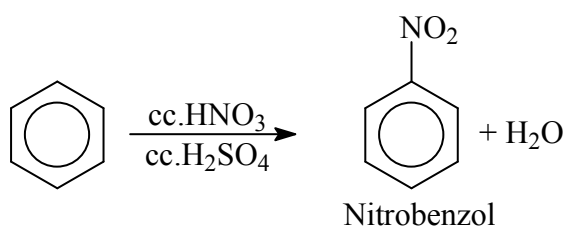


Ha az aromás vegyület oldalláncot tartalmaz, akkor annak halogénezés az alkánoknál tanult módon, uv-fény katalizátorral történhet:



2. Nitrálás

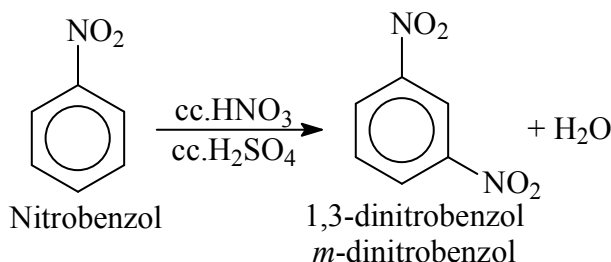
A nitrálás ún. nitrálásavval történik, ami cc.HNO₃ és cc.H₂SO₄ elegye.



Azokat a vegyületeket, amelyekben a szénvázhoz nitrocsoport (-NO₂) kapcsolódik, nitrovegyületeknek nevezzük.

A nitrálás csak tömény salétromsavval megy, mert a híg salétromsav nem nitrál, hanem oxidál.

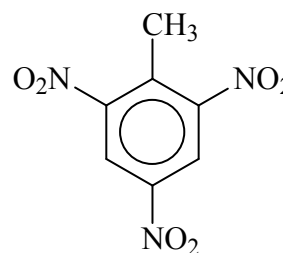
Természetesen a nitrálási reakció is tovább folytatódhat. A már meglévő nitrocsoport meta helyzetbe irányít, így csak egyféle termék keletkezik.



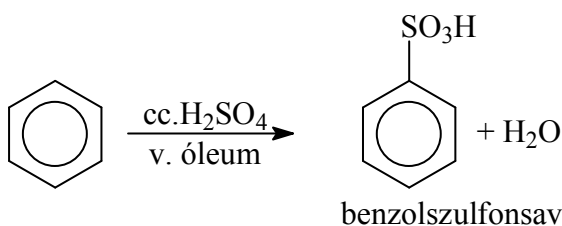
Harmadik nitrocsoprt belépése is lehetséges, de már a második nitrocsoport bevitele is nehezebb, a harmadik nitrocsoport bevitele még nehezebb, mint az elsőé.

A nitrovegyületek jó oldószerek, pl. festékek oldószere.

Több nitrocsoport esetén robbanásveszélyes anyagok. Pl. a trinitro-toluol (TNT).



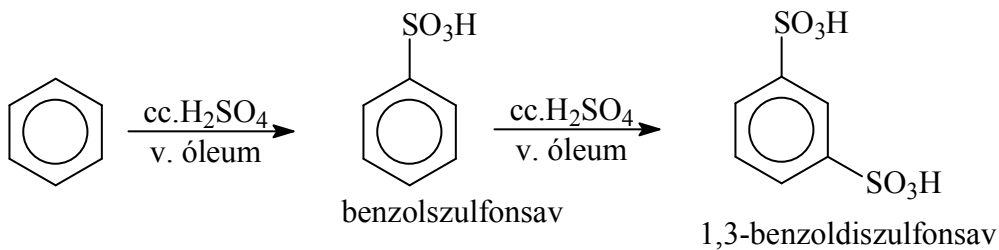
3. Szulfonálás



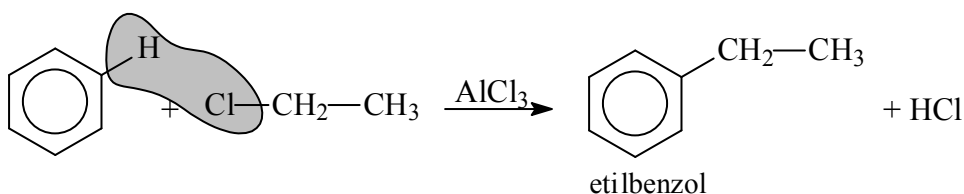
Azokat a vegyületeket, amelyekben a szénvázhoz szulfonsavcsoport (-SO₃H) kapcsolódik, szulfonsavaknak nevezzük.

A szulfonsavak savas vegyületek. Sói a szulfonátok, mosószerek alapanyagai.

Természetesen a szulfonálási reakció is tovább folytatódhat. A már meglévő szulfonsavcsoport meta helyzetbe irányít, így csak egyféle termék keletkezik.



4. Alkilezés

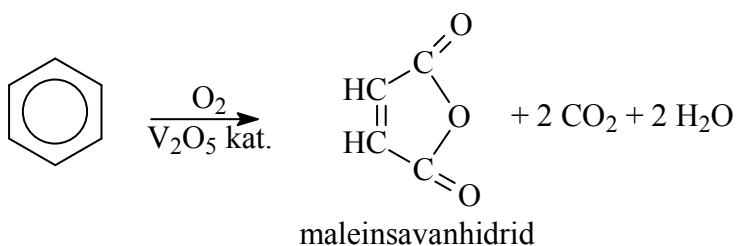


(Ez ún. Friedel-Crafts-reakció)

A reakció nem csak alkil-halogenidekkel, hanem alkoholokkal, savhalogenidekkel, sőt CO-dal is megy. Ezeket a vegyületeket később tárgyaljuk.

Oxidációs reakciók

Enyhe oxidáció hatására (pl. híg vizes KMnO_4) nem történik reakció, mert az aromás gyűrű stabil. Kénsavval savanyított vizes KMnO_4 hatására a gyűrű felhasad:



Totális oxidáció hatására természetesen CO_2 -dá és vízzé ég el.