

## Szénhidrogének IV. Aromás szénhidrogének

### (43. fejezet)

A korábbi századokban minden olyan vegyületet aromás vegyületnek neveztek, melynek jellegzetesen kellemes illata volt. Az aromás szó alatt nem azt értették, mint a modern tudomány. Nem kémiai összetétel, hanem illat alapján kategorizálták az egyes anyagokat az aromások csoportjába.

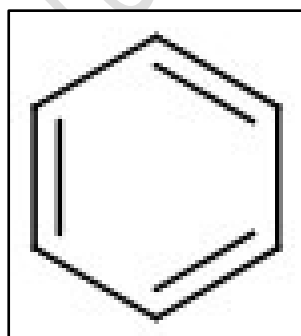
A mai tudomány felfogása szerint az aromás vegyületek olyan gyűrűs vegyületek, melyeknek gyűrűi a következő kritériumoknak felelnek meg:

- síkalkatú;
- konjugált kettős kötések tartalmaz;
- egész gyűrűre kiterjedő delokalizáció figyelhető meg.

Ezek alapján az **aromás vegyületek olyan síkalkatú gyűrűt tartalmazó vegyületek, melyek gyűrűiben konjugált kettőskötések találhatók**. A buta-1,3-dién esetében már tárgyaltuk, hogy a konjugált kettős kötések pi-elektronjai delokalizálódnak, így az aromás vegyületek esetén egész gyűrűre kiterjedő delokalizáció figyelhető meg.

Az aromás szénhidrogének legfontosabb **alapvegyülete a benzol**. A benzolból számos más aromás szénhidrogén származtatható.

### Benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)



A benzol az aromás szénhidrogének egyik legegyszerűbb képviselője. **Molekulaszerkezete sík hatszög alakú, a kötésszög 120°**. Molekulaszerkezetében egy szénatom három szigmakötést alakít ki (vagyis három vegyértékű), kettőt egy-egy szénatommal, egyet pedig egy hidrogénnel. Így még egy elektronja marad minden szénatomnak, ők felelősek a konjugált kettős kötések kialakításáért.

Írta: Lénárt Gergely okl. vegyészmérnök, kémia magánoktató

Honlapcím: <https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/>

43. fejezet: Szénhidrogének IV. Aromás szénhidrogének

**A konjugált kettős kötésekben részt vevő pi-elektronok az egész gyűrűre kiterjedően delokalizálódnak, kialakítva ezzel a benzol jellegzetes elektronszextettjét.** Az elektronszextett azt jelenti, hogy 3 pár, azaz **hat darab elektron delokalizálódik** az egész gyűrűre kiterjedően. Delokalizációról lévén szó, a szén és szén között lévő kötések átmenetet képeznek az egyszeres és kétszeres kovalens kötés között, kötési energiájuk és atomtávolságuk a kettő közé (egyszeres és kétszeres kötés) esik. **A delokalizált pi-elektronok egy koszorút alkotva a gyűrű síkja alatt és felett helyezkednek el. A benzol molekulája teljesen szimmetrikus, töltéseloszlása egyenletes.**

### Fizikai tulajdonságai

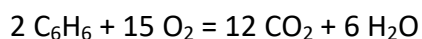
**Szintelen, jellegzetes szagú, víznél kisebb sűrűségű folyadék.** Szimmetrikus molekula lévén **apoláris**, csakis hozzá hasonló polaritású oldószerekben oldódik (benzin, ciklohexán). Ha egy kémcsőben vízzel próbáljuk elegyíteni, akkor azt vesszük észre, hogy a betöltött folyadékelegye két jól elkülönülő szintelen fázist alkot. A felső fázis a benzol, mivel sűrűsége kisebb a vízénél.

**Gőze rákkeltő, ezért a vele való munkánál nagyon oda kell figyelni, mivel könnyen párolog. Szigorúan csak fülke alatt szabad vele dolgozni. Forráspontja moláris tömegéhez képest alacsony, melyet a molekulái között lévő gyenge diszperziós kölcsönhatásnak köszönhet.** Forráspontja azonban a hozzá hasonló moláris tömegű alkánokhoz viszonyítva magasabb. **Síkalkatú gyűrűjének köszönhetően molekulái nagyobb felületen tudnak egymással érintkezni,** így az alkánokénál erősebb diszperziós kölcsönhatás alakul ki a molekulái között.

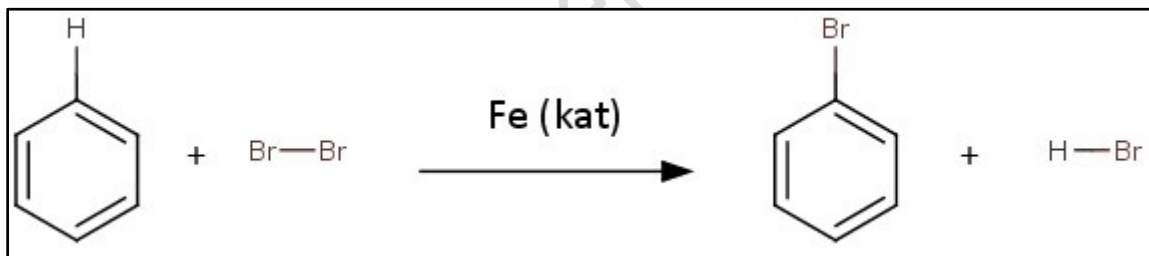
### Kémiai tulajdonságai

Bár az aromás szerkezet konjugált kettős kötések rendszerként is felfogható, a benzol mégis **jóval kevésbé reakcióképes, mint az alkének**. Ezt annak köszönheti, hogy **az aromás rendszer energetikailag nagyon stabil**. Ily módon közönséges körülmények között nehezen vihető reakcióba.

- **Éghető. Erősen kormozó, világító lánggal ég**, melyet annak köszönhet, hogy a molekulájában a C/H arány nagy, vagyis a hidrogénekhez képest relatíve sok szénatom van jelen.



- **Stabil aromás rendszerének köszönhetően nem addíciós, hanem szubsztitúciós reakcióra képes**. Az aromás kötésrendszer megbontásához nagyobb energia szükséges, mint egy hidrogén leszakításához. Ettől függetlenül bizonyos körülmények között addíciós reakcióba is vihető. Brómozása vaskatalizátor jelenlétében zajlik.



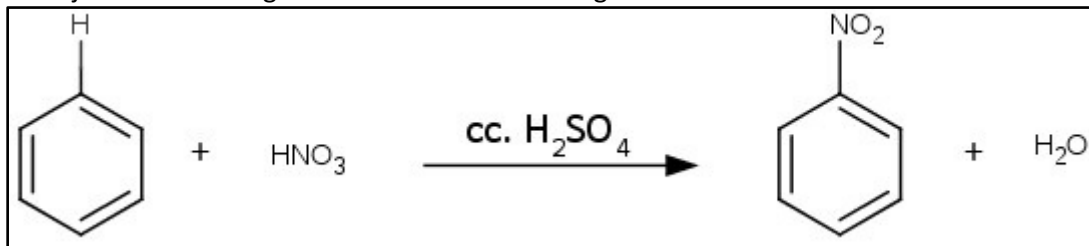
Hidrogénatomja nitrocsoporttal (-NO<sub>2</sub>) is helyettesíthető. **A nitrocsoporttal való szubsztitúciós reakciókat nitrálásnak nevezzük. A nitrálást a nitrálóeleggyel lehet kivitelezni, ami a tömény salétromsav és tömény kénsav 1:1 arányú elegye.** A reakció 50-60 °C körül megy végbe, külön katalizátor nem használatos.

*A nitrálóelegy elkészítését hidegben kell végezni. Erős hűtés mellett a salétromsavhoz adagoljuk hozzá a kénsavat. Ha a reakció 5 °C felé megy, akkor nitrózusgázok fejlődhetnek, és ez teljesen tönkreteszi a nitrálóelegyet.*

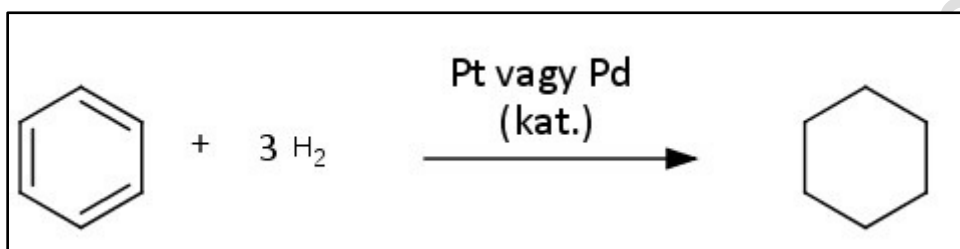
Írta: Lénárt Gergely okl. vegyészmérnök, kémia magánoktató

Honlapcím: <https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/>

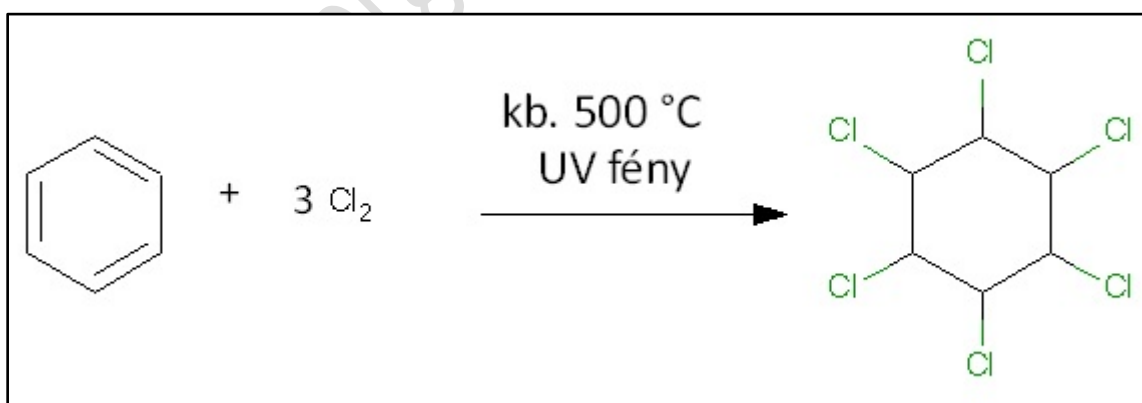
43. fejezet: Szénhidrogének IV. Aromás szénhidrogének



**Hidrogénnel palládium vagy platina katalizátor jelenlétében, magasabb hőmérsékleten és nyomáson addíciós reakcióba vihető a benzol.** A molekula teljesen telítődik és ciklohexán keletkezik.

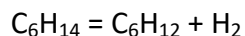


**Klórral is addíciós reakcióba vihető UV-fény hatására, körülbelül 500 °C-on.** Az UV-fény azért szükséges, hogy klórgyökök keletkezzenek, amelyek rendelkeznek akkora energiával, hogy megtámadják a stabil aromás rendszert. A folyamat végén az összes kötés telítődik és 1,2,3,4,5,6-hexaklórciklohexán keletkezik.

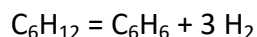


## Előállítás és felhasználás

**Az iparban a benzolt n-hexánból állítják elő.** Ennek a folyamatnak két lépése van. **Az első lépésben az n-hexánt a megfelelő katalizátor jelenlétében ciklizálják,** vagyis gyűrűvé zárják, mely által ciklohexán keletkezik.



**Második lépésben a ciklohexánt aromatizálják,** vagyis a megfelelő katalizátor jelenlétében kialakítják az aromás gyűrűt. Az aromatizálást dehidrogénezéssel, vagyis hidrogén leszakításával idézik elő.

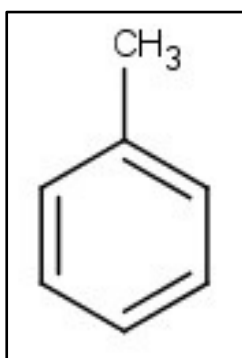


A benzol régen nagyon fontos apoláris oldószer volt az ipar számára, azonban rákkeltő tulajdonsága miatt ma már a hasonló tulajdonságokkal rendelkező toluolt használják helyette. Mai napig azonban fontos alapvegyszernek számít különböző anyagok szintézise során. Felhasználják továbbá festékek, műanyagok és gyógyszerek gyártása során.

## A benzol származékai

Minden olyan vegyületet, amelyben az alapvegyület benzolra vezethető vissza, benzolszármazéknak hívunk. Tehát mindegyik benzolszármazékban megtalálható a benzolgyűrű.

### Toluol



**A toluol a benzol metilszármazéka. Színtelen, jellegzetes szagú, víznél kisebb sűrűségű folyadék. Fizikai tulajdonságai a benzolhoz**

Írta: Lénárt Gergely okl. vegyészmérnök, kémia magánoktató

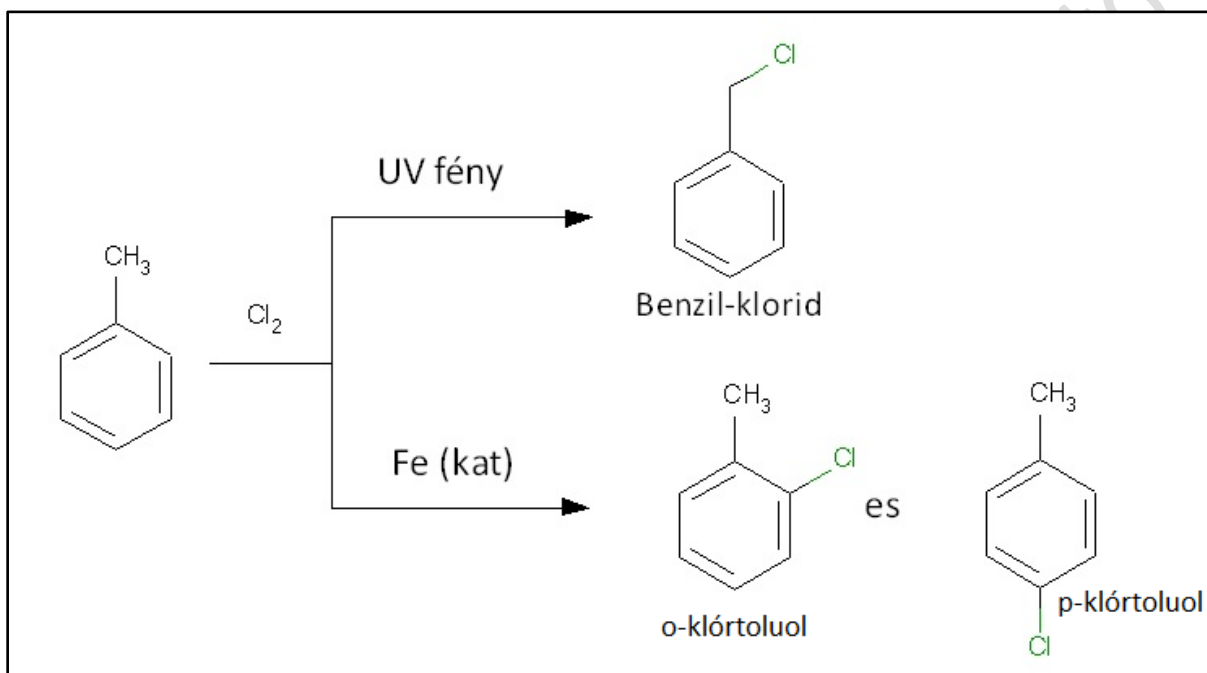
Honlapcím: <https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/>

43. fejezet: Szénhidrogének IV. Aromás szénhidrogének

**hasonlóak, ezért manapság már oldószerként benzol helyett a toluolt használják.**

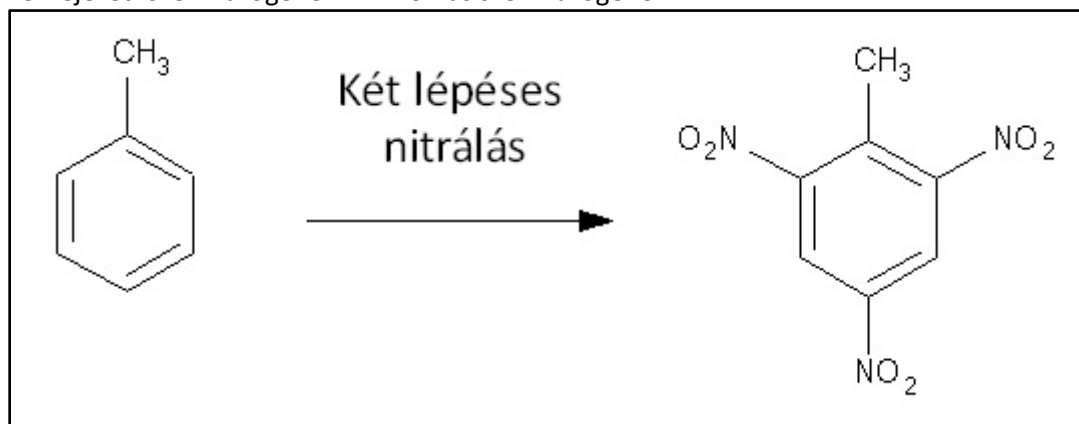
**Reakcióiban körülményektől függően az aromás gyűrűn lévő metilcsoport, illetve az aromás rendszer is részt vehet. Eszerint a toluol a alkánokra és az aromás szénhidrogénekre jellemző kémiai tulajdonságokkal is bír.**

UV-fény hatására a klórmolekulák gyökökre disszociálnak. Ha toluolt klórral 100 °C körül UV-fény hatására reagáltatunk, akkor a szubsztitúciós reakció az alkilcsoporton keresztül megy végbe, vagyis a metilcsoport egyik hidrogénje cserélődik ki klóratomra.



Az ábrán látható egy *o* illetve *p* betű a klór előtt. Ezek a betűk a nevezéktanban azt jelzik, hogy a metilcsoporthoz képest az aromás gyűrű melyik szénatomján van a klór atom. Az *o* az *orto*-, a *p* a *para*- szó rövidítése. Ennek magyarázatát a xiloloknál találhatjuk meg.

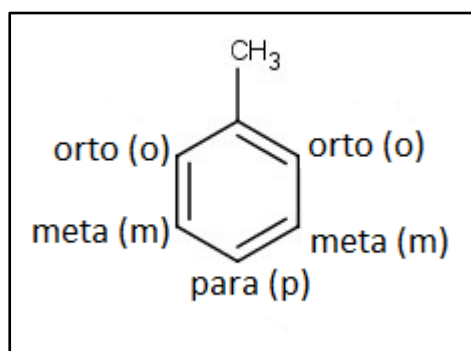
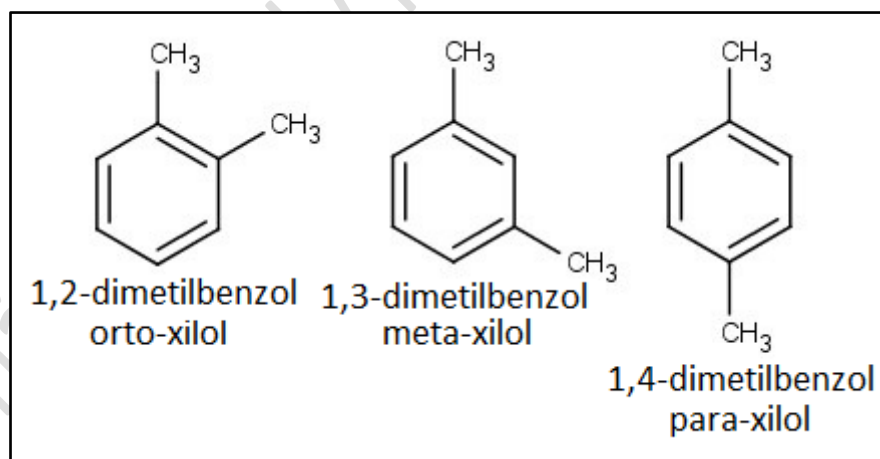
**A benzolhoz hasonlóan nitrálható.** Termékként 2,4,6-trinitrotoluolt (TNT) kapunk.



A toluol nitrálása valójában két lépésből áll. Az első lépésben közöségi nitrálással csak egy vagy két nitrocsoport kerül a gyűrűre. Ha a többi nitrocsoportot is rá szeretnénk rakni a gyűrűre, akkor tovább kell nitrálnunk a keletkezett vegyületeket. Ezt salétromsav/óleum nitrálóeleggyel lehet kivitelezni.

## Xilolok

Olyan benzolszármazékok, amelyek molekuláiban két metilcsoport található az aromás gyűrűn. A metilcsoportok egymáshoz való elhelyezkedésétől függően háromféle xilol létezik:

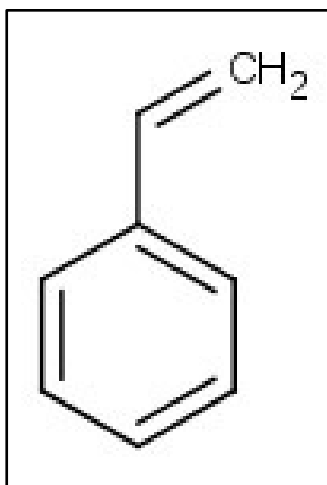


Az *orto* (röviden *o*-helyzet) szó azt jelenti, hogy az aromás gyűrűn két ligandum közvetlenül egymás mellett van (más néven ez az 1,2 vagy 1,6 helyzet). A *meta* (röviden *m*-helyzet) helyzet esetén a

**ligandumok között egy szénatomnyi távolság van** (más néven ez az 1,3 vagy 1,5 helyzet).

**Para** (röviden p-helyzet) helyzetben akkor van két ligandum, ha egymással szemben vannak, vagyis közöttük a hatos gyűrűben két szénatomnyi távolság van (más néven ez az 1,4 helyzet). Az ábrán az látható, hogy a toluol metil csoportjához képest az egyes szénatomok milyen helyzetben (orto, meta, para) vannak.

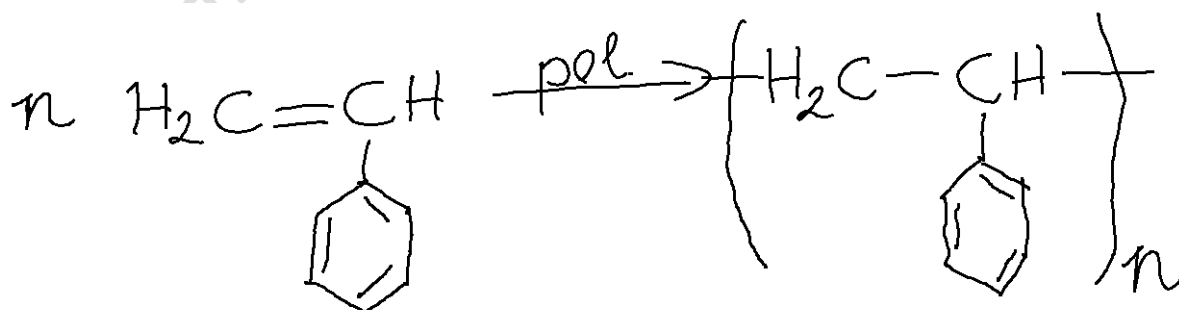
### Sztirol (vinilbenzol)



Színtelen, kellemes illatú folyadék. Apoláris mivolta miatt apoláris oldószerekben oldódik. Az aromás gyűrűn lévő vinilcsoport miatt **addíciós és polimerizációs reakciókra hajlamos**. Ipari jelentősége innen ered. Polimerizációval **polisztirolt állítanak belőle elő**, amely egy sokoldalúan használható műanyag, ugyanis kémiaailag stabil. Főbb felhasználási területei:

- fóliakészítés
- hűtőgépek belseje
- hungarocell
- hőszigetelés

**polimerizációs reakciója:**



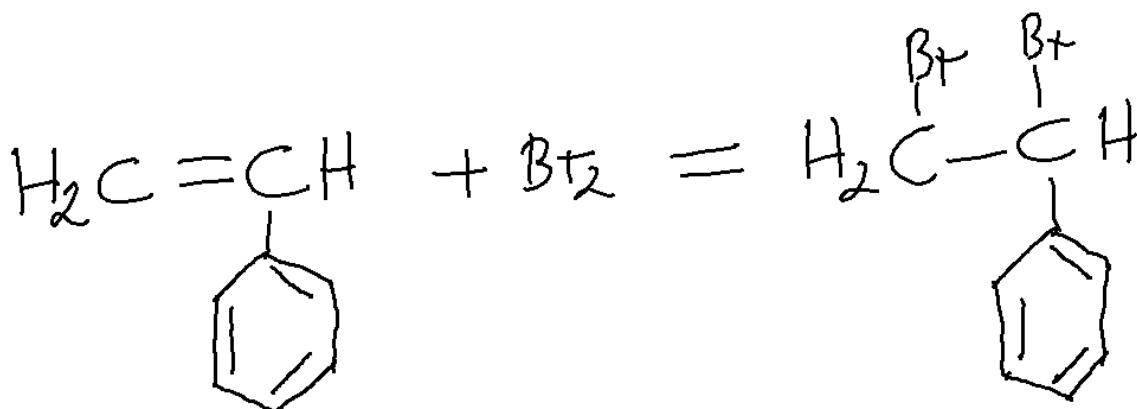


Írta: Lénárt Gergely okl. vegyészmérnök, kémia magánoktató

Honlapcím: <https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/>

43. fejezet: Szénhidrogének IV. Aromás szénhidrogének

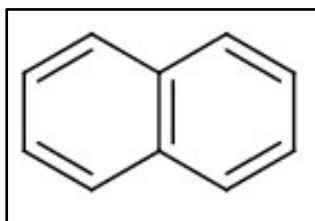
A vinilcsoport jelenléte miatt hajlamos az addíciós reakciókra. A brómos vizet képes elszínteleníteni:



### Kondenzált gyűrűs vegyületek

Olyan vegyületek, amelyek molekuláiban 2 vagy több benzolgyűrű kapcsolódik össze. A delokalizáció az egész gyűrűre kihat.

#### Naftalin (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>)



A kondenzált gyűrűs vegyületek legegyszerűbb képviselője. Szimmetrikus a molekulaszervezete (10 delokalizált pi elektront tartalmaz), azonban fontos megjegyezni, hogy szimmetriája kisebb fokú, mint a benzolé. Ezt az is bizonyítja, hogy a szén–szén kötéshosszok eltérnek az egyes kötések között. A kötésszög a benzolhoz hasonlóan 120°.

**Apoláris.**

A naftalin jellegzetes szagú, átlátszó kristályokat alkotó szilárd anyag. Olvadás- és forráspontja moláris tömegéhez képest alacsony, mivel a molekulái között gyenge diszperziós kötések vannak. Szublimálásra hajlamos, ezt használják ki a legfőbb alkalmazási területénél: molyriasztóként használható.

Kémiai tulajdonságaiban hasonlít a benzolra, vagyis szubsztitúcióra hajlamosabb, mint addícióra. Kisebb mértékű molekulaszimmetriája miatt könnyebben vihető reakcióba,

Írta: Lénárt Gergely okl. vegyészmérnök, kémia magánoktató

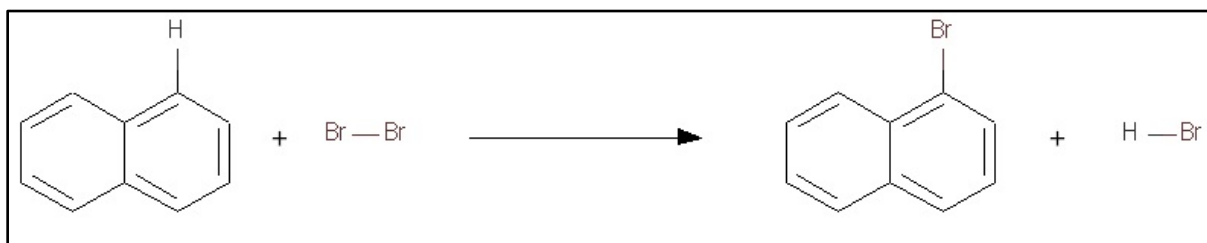
Honlapcím: <https://www.emeltkemiaerettsegi.hu/>

43. fejezet: Szénhidrogének IV. Aromás szénhidrogének

amelyet jól szemléltet az, hogy **a brómos víz szobahőmérsékleten képes elszínteleníteni**

**(1-bróмнаftalin keletkezik)**. (A benzollal ellentétben a naftalin alacsonyabb hőmérsékleten

is képes reakcióba lépni a brómmal és klórral.)



A naftalin kőszénkátrányokban fordul elő jelentősebb mennyiségben.

### **Policiklikus aromás szénhidrogének (PAH vegyületek)**

*A policiklikus aromás szénhidrogének is a kondenzált gyűrűs vegyületek csoportjába tartoznak. Elsődleges forrásuk a kőszénkátrány, olajok és üzemanyag tüzelése során keletkezett füstgáz. Veszélyes vegyületek, képviselői között többen karcinogén (rákkeltő) és mutagén hatással bírnak. A legegyszerűbb képviselőjük a fenantrén és antracén.*

