

Szénhidrogének II. Alkének

(41. fejezet)

A telítetlen szénhidrogének abban különböznek a telítettektől, hogy ők molekulájukban tartalmaznak minimum egy **kettős vagy hármás szén–szén kötést**. Azokat a szénhidrogéneket, amelyek molekuláikban minimum egy **kettős szén–szén kötés található, alkéneknek** nevezzük.

Az alkéneket kettős kötések száma és helyzete alapján lehet csoportosítani. Az egy darab kettős kötést tartalmazó alkéneket olefineknek, a kettő darabot tartalmazókat diéneknek, a kettőnél több kettős kötést tartalmazókat pedig poliéneknek nevezzük.

- olefinek (csak egy darab kettős kötés)
- diének (pontosan két darab kettős kötés)
- poliének (kettőnél több kettős kötés)

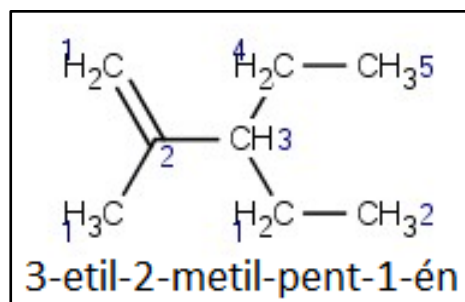
Olefinek

Elnevezése

Az egy kettőskötést tartalmazó szénhidrogének elnevezése nem sokban tér el az alkánokétól. Az elnevezés menete a következő:

- Első lépésben **megkeressük azt a leghosszabb szénláncot, amely a kettős kötést hordozza.**

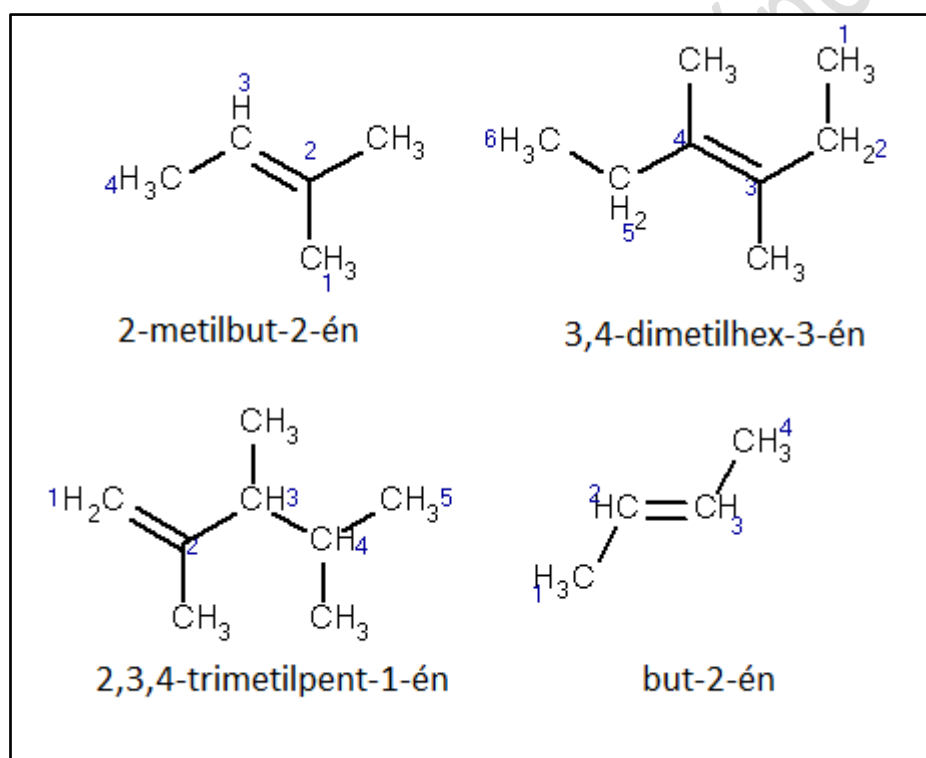
- Ha sikerült megtalálni, beszámozzuk úgy, hogy **a kettős kötés a legkisebb számot kapja.**



- Elkezdjük elnevezni a molekulát, elsőnek az elágazások jelölésével kezdjük. Jól látható, hogy a harmadik szénatomon egy etil-, a másodikon pedig egy metilcsoport

található. A csoportokat az abc-nek megfelelően kell sorrendbe rakni, ezért hiába van a metilcsoport a kisebb sorszámú szénatomon, mégis az etilcsoporttal kezdünk, mert ő előrébb van az abc-ben. A helyes név eddig a következő (a számok és csoportnevek közé itt is kötőjel írandó, míg a csoportokat vesszővel választjuk el): **3-etil-2-metil**

- Az alkánokhoz hasonlóan utolsó lépés gyanánt már csak a leghosszabb szénlánc nevét kell leírni. Itt azonban **a szénlánc** nem *-án*, hanem **-én végződést kap**. Fontos azonban jelezni, hogy a kettős kötés melyik szénatomon van. jelen esetben az elsőn, ezért pentén helyett pent-1-ént írunk, jelezve ezzel a kettős kötés helyét. A helyes név a következő: **3-etil-2-metilpent-1-én**

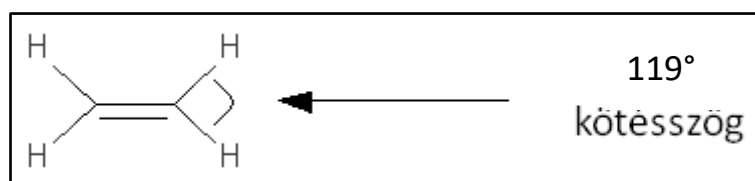


Molekulaszerkezet és fizikai tulajdonságok

A telítetlen szénhidrogénekben a kettős kötés mentén mindig egy szigma- és egy pi kötés van.

A szigmakötés a szénatomok

atommagjai között (tengely szimmetrikusan), a pi-kötés pedig e tengely felett és alatt



helyezkedik el. Emiatt a **kettős kötés mentén a molekula merev, nem képes rotálódni**. A kettős kötésben lévő szénatomoknak csak két ligandumja lehet, mivel a szénatom másik két vegyértékét a kettős kötés kialakítása lefoglalja. **A kettős kötésben részt vevő szénatomok és az azokhoz kapcsolódó atomok biztos, hogy egy síkban helyezkednek el**, mivel pi-kötés csak síkalkat mentén képes kialakulni.

Az olefinek **apoláros vegyületek**, vagyis a közöttük lévő legerősebb másodrendű kölcsönhatás a **diszperziós kölcsönhatás**. Ebből adódóan **olvadás- és forráspontjuk moláris tömegükhöz képest alacsony**. A kettős kötések mentén nagyobb az elektronsűrűség, mint az egyes kötések mentén. Emiatt enyhe polározottság lép fel a molekuláikban, ami ahhoz vezet, hogy **olvadás- és forráspontjuk picivel alacsonyabb a megfelelő szénatom számú alkánokhoz képest**.

Apolárisak lévén apoláris **oldószerekben jól oldódnak**. A homológ sor első három képviselője gáz halmazállapotú (etén, propén, butén). Az öt és 11 szénatomszámmal rendelkezők folyadékok, tizenegyes szénatom szám felett pedig szilárdak.

Az olefinek homológ sora

Az olefinek homológ sorának első képviselője az etén. Egy szénatomszámú alkén nem létezik, hiszen C=C kötés kialakításához minimum két szénatom kell. Az elnevezésnél láthattuk, hogy a molekulában fel kell tüntetni a kettős kötés helyét. Ez a homológ sor szempontjából is fontos.

Klasszikus értelemben az alkének homológ sora alatt azokat a képviselőket értjük, melyekben a kettős kötés az első és második szénatom között helyezkedik el. Szokás őket úgy is hívni, hogy az alk-1-ének homológ sora.

Ilyen értelemben természetesen létezik az alk-2-ének homológ sora is, de jelen jegyzetben az ő homológ sorukkal nem foglalkozunk.

A következő táblázatban az első 20 alk-1-én látható.

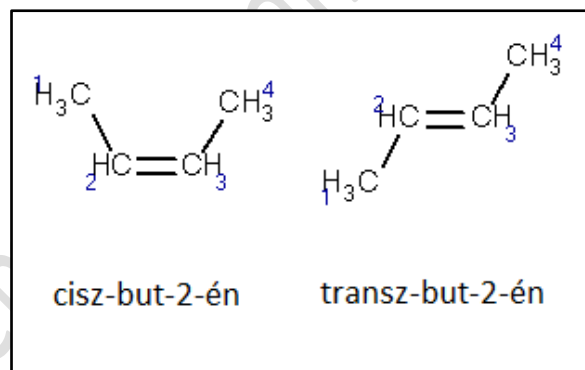
név	összegképlet	moláris tömeg (g/mol)	halmazállapot standard állapotban
etén	C_2H_4	28	gáz
propén	C_3H_6	42	
but-1-én	C_4H_8	56	
pent-1-én	C_5H_{10}	70	folyékony
hex-1-én	C_6H_{12}	84	
hept-1-én	C_7H_{14}	98	
okt-1-én	C_8H_{16}	112	
non-1-én	C_9H_{18}	126	
dek-1-én	$C_{10}H_{20}$	140	
undek-1-én	$C_{11}H_{22}$	154	
dodek-1-én	$C_{12}H_{24}$	168	szilárd
tridek-1-én	$C_{13}H_{26}$	182	
tetradek-1-én	$C_{14}H_{28}$	196	
pentadek-1-én	$C_{15}H_{30}$	210	
hexadek-1-én	$C_{16}H_{32}$	224	
heptadek-1-én	$C_{17}H_{34}$	238	
oktadek-1-én	$C_{18}H_{36}$	252	
nonadek-1-én	$C_{19}H_{38}$	266	
eikoz-1-én	$C_{20}H_{40}$	280	

Cisz-transz izoméria

A cisz-transz izoméria a sztereoizomérián belül a geometriai izoméria csoportjába tartozik. Ez a jelenség a szénhidrogének közül tipikusan az alkénekre jellemző (természetesen nem csak rájuk). Akkor jöhet létre, amikor a kettős kötésben részt vevő szénatomokhoz különböző ligandumok kapcsolódnak. Ez azt jelenti, hogy egyik szénatomon sem lehet két azonos ligandum.

Konkrét példával élve nézzük meg a but-2-én esetét! Ugyanis ez a név, hogy but-2-én valójában nem egy, hanem két molekulát jelöl.

Abban az esetben, amikor a kettős kötésen lévő két metilcsoport a **sík azonos oldalán helyezkedik el, cisz izomert, amikor a sík különböző oldalán, akkor transz izomert kapunk**. A két but-2-én izomer helyes elnevezése az ábrán látható, ugyanis fel kell tüntetni, hogy melyik izomerről van szó.

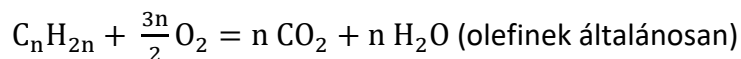
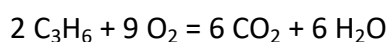


Az olefinek kémiai tulajdonságai

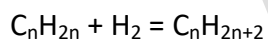
Az olefinek **kettős kötésüknek köszönhetően jóval reaktívabbak, mint az alkánok**. Már szobahőmérsékleten is számos reakcióra képesek. **Általános képletük C_nH_{2n}** , ahol n egy egynél nagyobb egész szám (pl. $n=2,3,4,5...$). Általános képletük alapján megállapítható, hogy a **cikloalkánokkal konstitúciós izomerek** (vagyis ugyanazzal az összegképlettel rendelkeznek).

- Éghetőek. **Égésük folyamán az alkánokkal ellentétben kormozó, világító lángot tapasztalunk**. Ez annak tudható be, hogy az azonos szénatomszámú alkének kettővel kevesebb hidrogént tartalmaznak, vagyis a szén/hidrogén tömegaránya nagyobb értéket mutat. A nagyobb széntartalom miatt az égés tökéletlenebb, a kormozást a

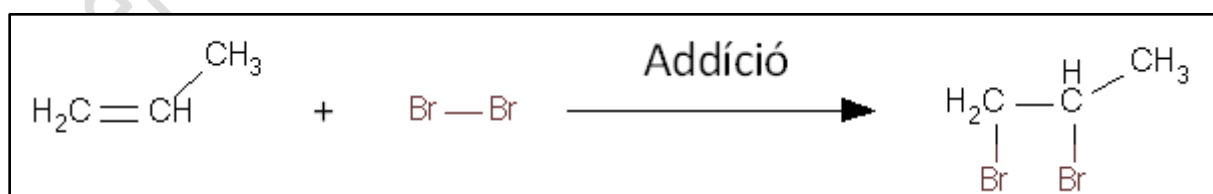
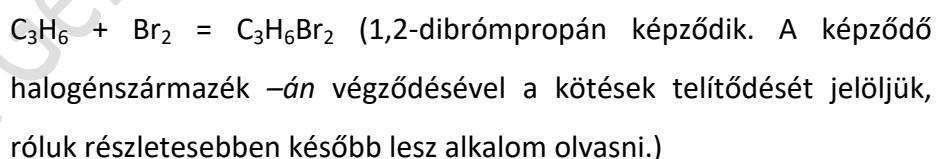
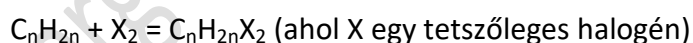
tökéletlen égésből származó szénatomok, a világítást pedig a szénatomok izzása okozza.



- Az olefinekre legjellemzőbb reakciótípus az **addíció**.
 - Az **addíció olyan kémiai reakció, amely során kettő vagy több molekula melléktermék képződése nélkül egyesül**. Ez lényegében azt jelenti, hogy két molekula összeadódik, innen is kapta a nevét (add=összeadni). Olefinek esetében a kettős kötést tartalmazó szénatomokra addíciónálódnak az egyes vegyületek, telítve ezzel a molekulát. **Az addíciós reakciók már szobahőmérsékleten végbemennek**.
 - **Hidrogénaddíció** során az olefinekre hidrogént addíciónálunk. Ily módon a kettős kötés hidrogénnel telítődik, vagyis **alkán képződik**. A hidrogénezést platina, nikkel vagy palládium katalizátor jelenlétében szokták végezni.

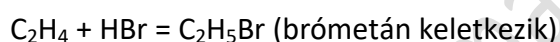
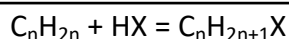
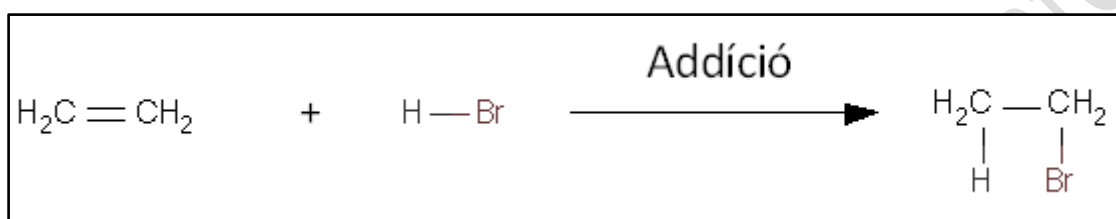


- **Halogénaddíció** során egy halogénmolekula addíciónálódik a kettős kötésre, ezáltal telítődik az alkén.

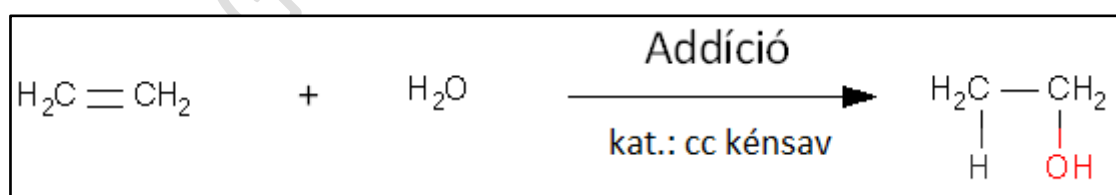
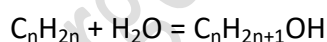


A fenti reakciók alapján megállapítható, hogy az **alkének képesek elszínteleníteni a brómos vizet**.

- **Savaddíció.** A kettős kötésre **savak is képesek addicionálódni**. Legnagyobb jelentősége a HX képlettel bíró hidrogén-halogenidek addíciójának van. Az etén kivételével az összes alkén esetében figyelembe kell venni a **Markovnyikov szabályt**, amelynek az ismertetéséről később lesz szó.

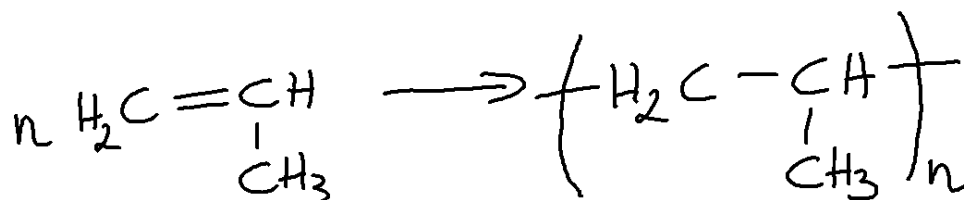


- **Vízaddíció.** A kettős kötésre a víz mindig úgy addicionálódik, hogy az egyik szénatomra egy hidrogénatom, a másikra pedig egy OH-csoport kerül. Ily módon heteroatomként egy oxigénatomot viszünk be a molekulába, és **alkohol képződik**. Vízaddíció esetén is figyelembe kell venni a **Markovnyikov szabályt**.



- Az olefinek másik jellemző reakciója a **polimerizáció**. **Polimerizáció során kicsi, egyszerű telítetlen molekulák** (szakmai nyelven őket monomereknek hívjuk) **összekapcsolódnak, és egy nagy óriásmolekulát (polimert) hoznak létre**.

Az olefinek esetében az **etilén és propilén polimerizációja a legjelentősebb** az ipar számára. A keletkezett óriásmolekulákat polietilénnek és polipropilénnek hívjuk.

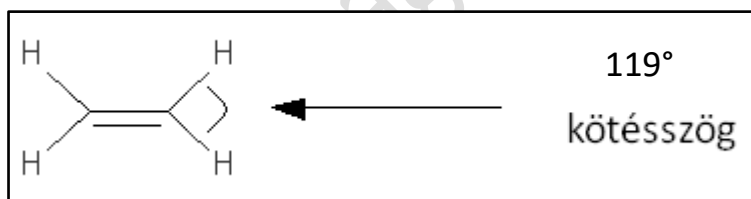


Etén (etilén, C₂H₄)

Az etén az olefinek legegyszerűbb képviselője.

Szintelen, édeskés szagú gáz.

Molekulaszerkezete sík alkatú,



melyben az egy szénatomon lévő hidrogének egymással szinte 120°-os szöget zárnak be.

Kémiai reakciók közül az előbb említett reakciók mindegyikére képes. Ha az általános képletbe (C_nH_{2n}) *n* helyére kettőt (*n*=2) írunk, akkor minden reakció egyenletét megkapjuk az eténre nézve. Például:

- C₂H₄ + HCl = C₂H₅Cl (klóretán keletkezik)
- C₂H₄ + H₂O = C₂H₅OH (etilén víz addíciója során etil-alkohol keletkezik)

Fontos szem előtt tartani, hogy a szerves kémiában elengedhetetlen érteni és használni az általános képleteket, mert segítségükkel nagyon sok munkától óvjuk meg magunkat. Értelmetlen és lehetetlen ugyanis minden egyes kémiailag ugyanúgy viselkedő molekulával felírni az egyenleteket.

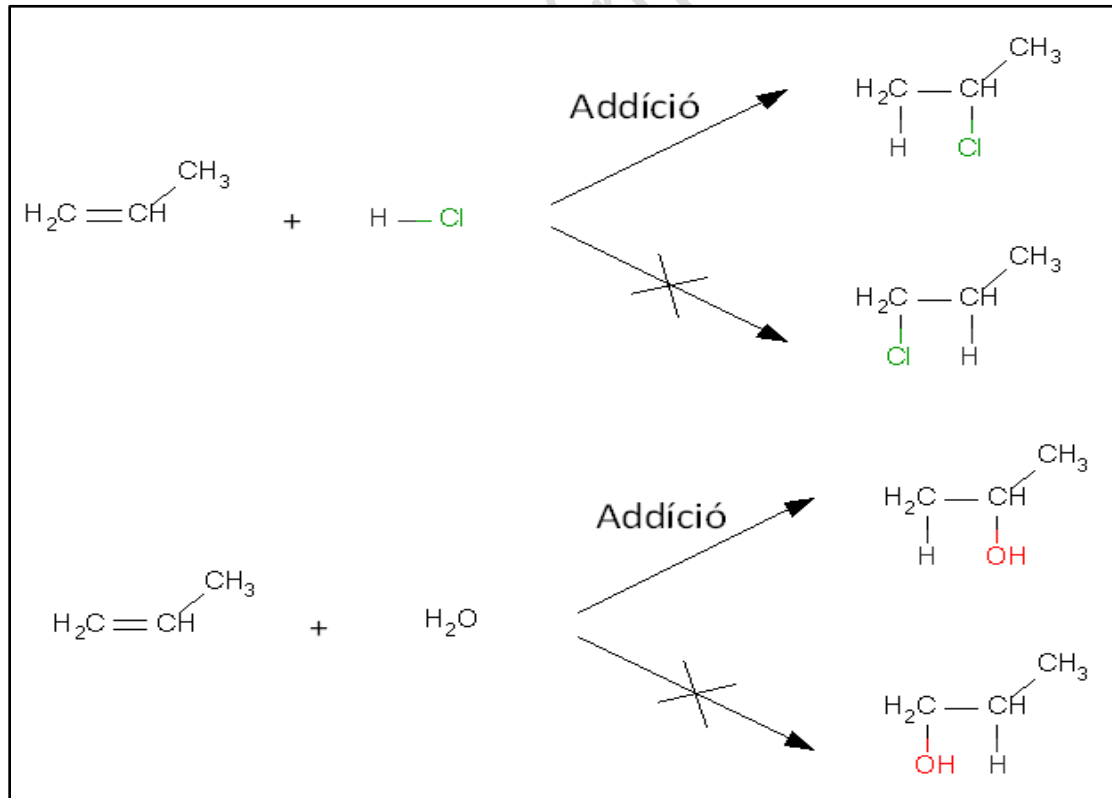
Az etén előállítása

Ipari mértékben kőolaj vagy földgáz krakkolásával állítható elő.

Laboratóriumban etil-alkohol és forró tömény kénsav eliminációs reakciója lévén. Erről a későbbiekben az alkoholok témakörnél lehet majd bővebben olvasni.

Markovnyikov szabály (NAGYON FONTOS TUDNI ÉS HASZNÁLNI!!!)

Egy orosz kémikus Alexander Markovnyikov felfedezte azt a jelenséget, hogy olyan addíciós reakciók esetén, ahol az egyik addicionálódó atom hidrogén, mindig meghatározott termékek keletkeznek. A Markovnyikov-szabályt a fent említett példák esetében hidrogén-halogenidek és víz addíciójának az esetében kell tudni alkalmazni. A szabály kimondja, hogy **addíció során a hidrogénatom a telítetlen kötésben részt vevő szénatomok közül mindig arra a szénatomra addicionálódik, amelyiken eleve is több hidrogén volt (vagyis az alacsonyabb rendű szénatomra)**. Konkrét példaként nézzük meg a propén esetét!



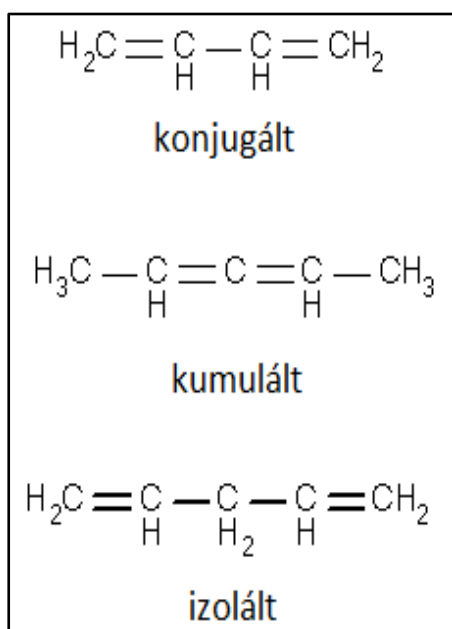
Több kettős kötést tartalmazó alkének

A több kettős kötést tartalmazó alkének két nagyobb csoportba oszthatók:

- a diének molekuláikban pontosan kettő darab kettőskötés található
- a poliének molekuláikban kettőnél több kettőskötés található

Diének

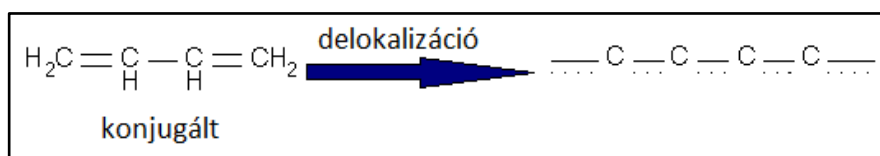
A diénekben lévő kettős kötések egymáshoz képest háromféleképpen tudnak elhelyezkedni.



- Kumulált diének esetében mind a két kettős kötés ugyanazon a szénatomon helyezkedik el. Ez az elrendezés nagyon kedvezőtlen, ezért az ilyen vegyületek nagyon reaktívak.
- Konjugált diének esetében a kettős kötések között elhelyezkedik egy egyszeres C-C kötés is. Róluk a későbbiekben még bővebben szó lesz.
- Izolált diének esetében a kettős kötések között egynél több egyszeres C-C kötés van. Ebben az esetben a kettős kötések nincsenek hatással egymásra, reakcióik az olefinekhez hasonlóak.
- Általános képletük $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

Konjugált diének

A konjugált diének molekulászerkezete érdekes.



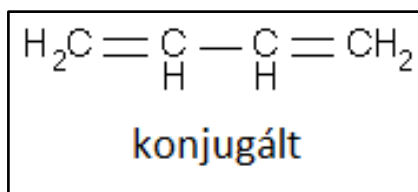
Molekuláikban az egyes és kettős kötések váltakoznak. Mivel a két kettős kötést csak egy darab egyes kötés választja el, ezért hatással vannak egymásra. Az egymásra hatás következtében a **pi-kötések delokalizálódnak.**

A delokalizáció a kettős kötések között lévő egyes kötésre is kihat, kisebb molekulák esetén az egész szénláncra. A delokalizáció következtében a szén–szén kötések távolsága az egyszeres és kétszeres kovalens kötések távolsága közé esik.

A diéneket ugyanúgy kell elnevezni, mint az olefineket, azonban minden kettős kötés helyzetét jelölni kell.

A konjugált diének legegyszerűbb képviselője a buta-1,3-dién. Ha beszámozzuk a szénatomokat úgy, hogy a kettős kötések minél kisebb sorszámot kapjanak, akkor már érthető az elnevezés. A kettős kötések helyzetét a szénlánc neve és az *-én* toldalék közé kell beilleszteni a megfelelő sorszámokkal (melyek vesszővel vannak elválasztva). A számok utáni *-di* toldalék jelzi azt, hogy két darab kettős kötés található a molekulában.

Buta-1,3-dién



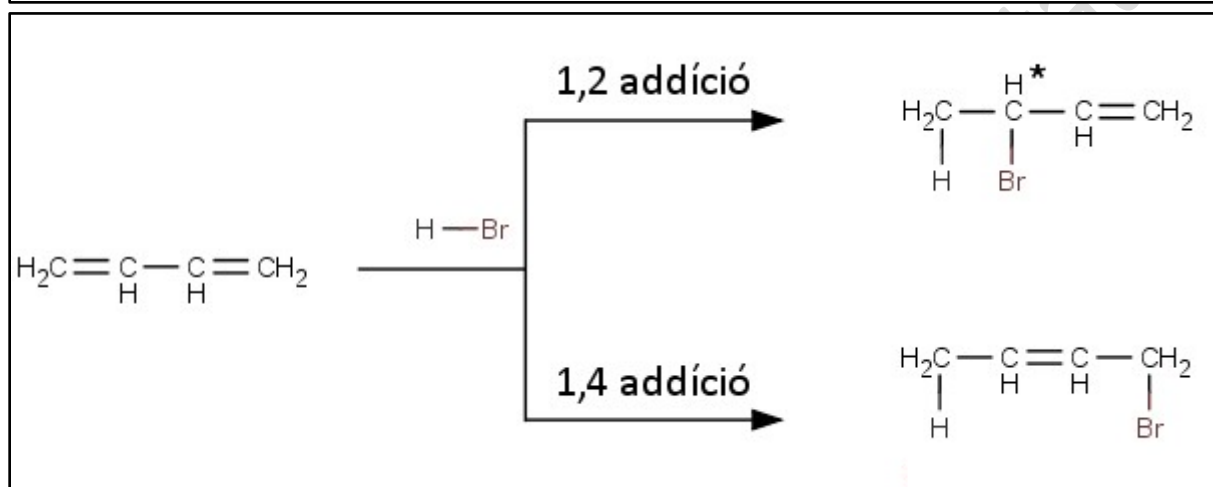
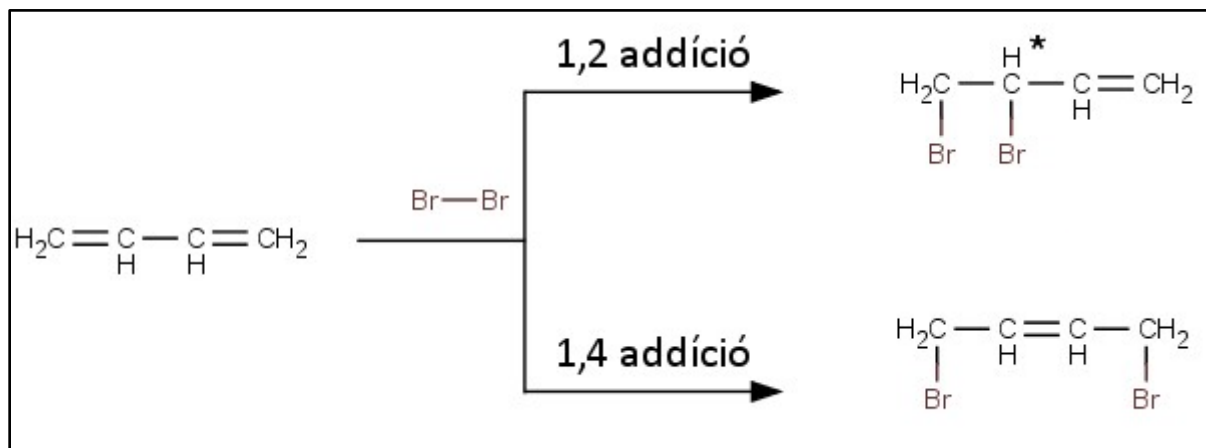
Színtelen, jellegzetes szagú gáz, amely a konjugált diének legegyszerűbb képviselője. Apoláris oldószerekben oldódik. Molekulaszerkezetében a kettős kötésben lévő π kötések az egész molekulára kihatóan

delokalizálódnak. A molekula sík alkatú, minden atomja egy síkban van.

Az olefinekre jellemző reakciók mindegyikét adja. A két kettős kötés lévén addíciós reakcióik tartogatnak meglepetést. Lehetőség van arra, hogy csak részlegesen vagy akár teljesen telítsék a vegyületet.

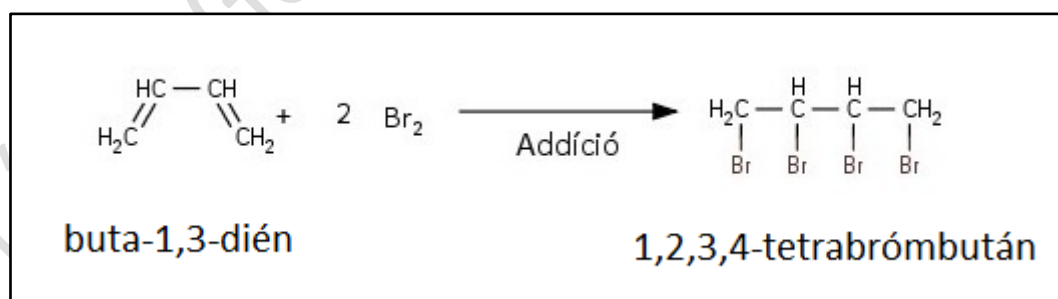
Részeleges addíció esetén – ha halogénnel vagy hidrogén-halogenidekkel léptetjük addíciós reakcióba a buta-1,3-diént – a körülményektől függően két főtermék keletkezhet. Kísérleti adatok azt bizonyítják, hogy alacsony ($-80\text{ }^\circ\text{C}$ körüli) hőmérsékleten az 1,2 addíció a preferált. Ez azt jelenti, hogy az addícióban az első és második szénatom között lévő kettős kötés játszik szerepet.

Magasabb hőmérsékleten ($40\text{ }^\circ\text{C}$ körül) az úgynevezett 1,4 addíció érvényesül. Ilyenkor az addíciónálódó molekula atomjai az első és negyedik szénatomra kapcsolódnak rá, miközben a kettős kötés a második és harmadik szénatom közé kerül. HX addíció esetén (1,2 és 1,4 addíciónál) ne feledjük el a Markovnyikov szabályt. addíciónál) ne feledjük el a Markovnyikov szabályt.



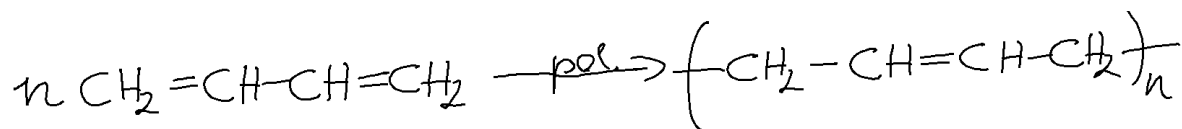
Az 1,2 addíciós reakciók során mind a két esetben **kiralitáscentrumok keletkeznek a második szénatomon.**

Ha a halogénaddíciót halogénfelesleggel végezzük, akkor mind a két kettős kötés telítődik. A keletkezett termék neve 1,2,3,4-tetrabrombután.

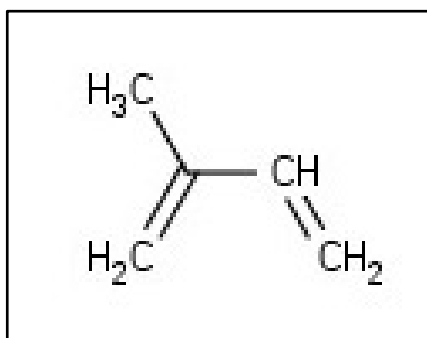


A buta-1,3-dién másik jellegzetes reakciója a **polimerizációja**. A reakció során a monomerek az első és negyedik szénatomjaik által kapcsolódnak össze. **A keletkezett termék a polibutadién, amely a mógumi, illetve műkaucsuk alapanyaga.**

A polimerizáció során *cisz*, illetve *transz* polibutadién-láncok is keletkezhetnek. Az ipar számára a *cisz* termék a fontos.



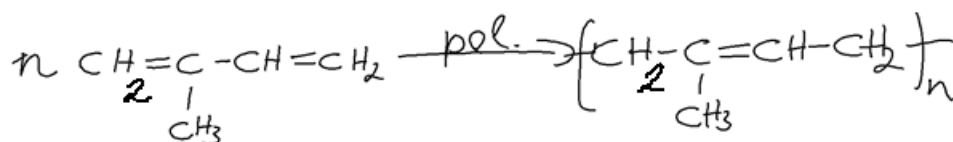
Izoprén (2-metilbuta-1,3-dién)



Szintelen, alacsony olvadáspontú, kis sűrűségű, nagy illékonyaságú folyadék. Apoláris oldószerekben oldódik. A buta-1,3-dién metilszármazéka. Kémiai tulajdonságai nagyon hasonlóak a buta-1,3-diénhez.

Polimerizációja során az ő esetében is két polimer keletkezhet, a gumirugalmas *cisz*-poliizoprén, más néven kaucsuk, és a rideg, törékeny *transz*-poliizoprén, más

néven guttapercha.



Izoprént kaucsuk hevítésével lehet előállítani, mert a polimer hevítés hatására monomerjeire esik szét.

A kaucsuk és a gumi

A természetes kaucsuk a *cisz*-poliizoprén, nyúlékony, könnyen elszakadó, nem rugalmas, tejszerű anyag. A Brazíliában őshonos *hevea braziliensis* nevű kaucsukfa kérgének bemetszésekor fehér, tejszerű, 35-40% természetes kaucsukot tartalmazó latex folyik ki.

A latexből a kaucsukot savanyítással (sav hozzáadásával) lehet kinyerni. A kaucsuk képlete $(\text{C}_5\text{H}_8)_n$, ahol $n=8000-30000$.

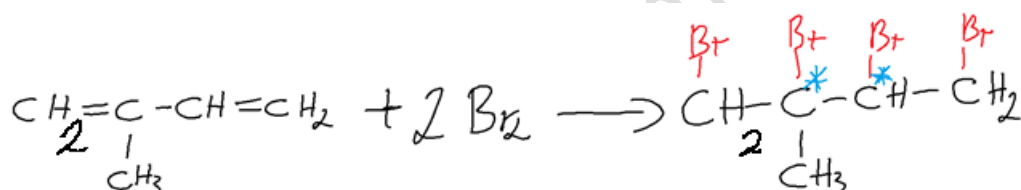
A gumit kaucsukból állítják elő vulkanizálással. Vulkanizálásnak az a lényege, hogy kénhidakkal összekapcsolják az egyes kaucsukláncokat. Ennek érdekében a kaucsukot kénporral melegítik, melynek hatására a kénatomok beépülnek a láncok közé, és

kénhidakat létrehozva összekötik őket. A kénhidak kovalens kötéssel kötik össze az egyes óriásmolekulákat.

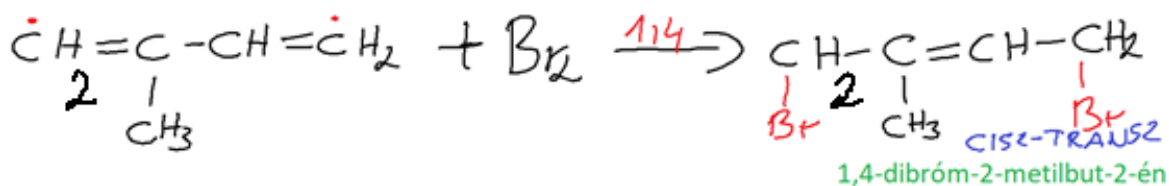
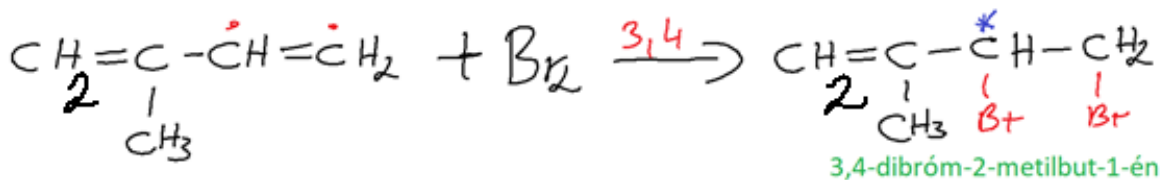
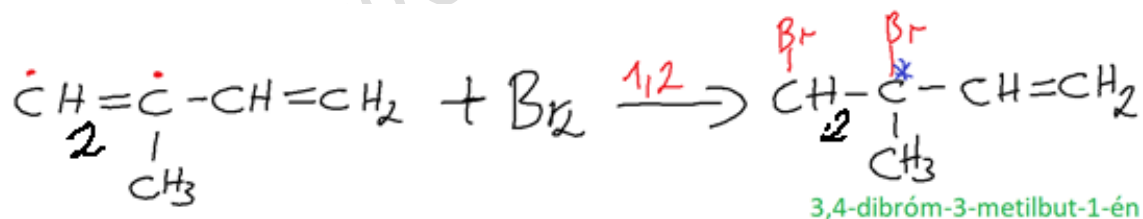
A vulkanizálásnak köszönhetően a kaucsuk gumi rugalmasságúvá válik. Vulkanizálás előtt különböző töltőanyagokat is szoktak adagolni a kaucsukhoz a kész gumi különböző tulajdonságainak javítása érdekében (például kopásállóság). Ha túl sok ként adagolnak a kaucsukhoz, akkor a sok keletkező kénhid miatt merev térszerkezetű, nem nyújtható keménygumi, ebonit keletkezik. Az ebonit 30%-nál nagyobb kéntartalmú gumi.

A poliizoprén másik izomerje, a transz-poliizoprén, triviális nevén guttapercha, szerkezetének köszönhetően gumigyártásra nem alkalmas, mert rideg és törékeny.

Az izoprén brómaddíciója a buta-1,3-diénhez hasonlóan lehet részleges vagy teljes. Teljes brómaddíció esetén egy tetrabróm származék keletkezik az **1,2,3,4-tetrabróm-2-metilbután**. A keletkezett vegyület királis.



Részleges brómaddíciója lévén 3 féle termék is keletkezhet, melyekben a sztereoizoméria jelenség megfigyelhető:

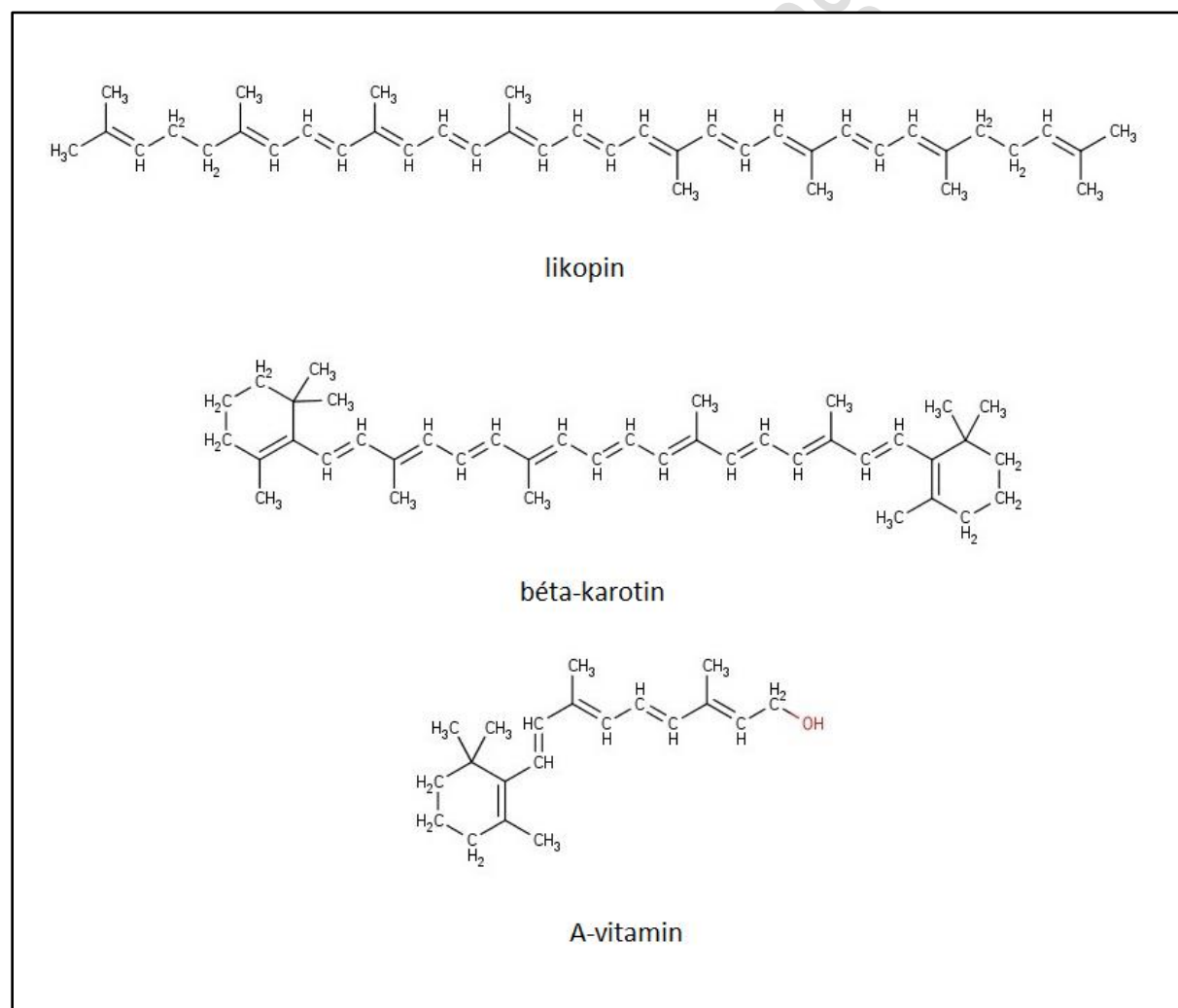


Poliének

Karotinoidok

A karotinoidok izoprénvázas természetes pigmentvegyületek. Megtalálhatóak az emberi és állati szervezetben, illetve a növényekben is. Közülük legrégebben a sárgarépa pigmentje, a karotin ismert. Innen ered a csoport elnevezése. **Pigmentvegyületek lévén szó, színesek.**

Színüket annak köszönhetik, hogy molekuláikban konjugált kötésrendszer található. A konjugált kötésrendszerben lévő pi-elektronok könnyen gerjeszthetőek akár már a látható fényvel is, ezért mi színesnek látjuk őket. Ide tartozik még a karotinton kívül a paradicsom piros színét adó likopin, amely kiemelkedő biológiai jelentőséggel bír, ugyanis szervezetünk belőle állítja elő az A-vitamint.



Terpenoidok

Az izoprénvázas vegyületek másik nagy csoportját a terpének, illetve származékaik a terpenoidok képezik. Ide tartozik a polizoprén is. A karotinoidokkal ellentétben az ő molekuláikban nincsen könnyen gerjeszthető konjugált kötésrendszer, ezért nem színesek.

Lénárt Gergely kémia magánoktató