

## 4. Előadás

Kémiai reakciók leírása.

Kémiai reakciók feltételei.

Termokémia.

A szerves kémiai reakciómechanizmusok felosztása és terminológiája.

Sav-bázis reakció.

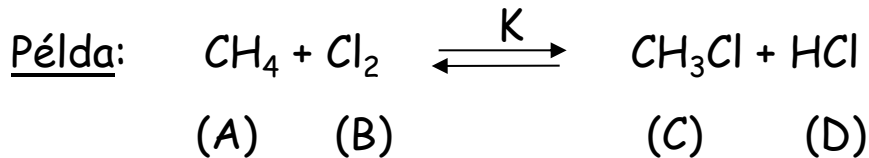
Szubsztitúció.

Addíció és elimináció.

# 10. Kémiai reakcióképesség

EGY KÉMIAI ÁTALAKULÁS **MILYEN MÉRTÉKBEN** ÉS **MILYEN SEBESSÉGGEL** MEGY VÉGBE

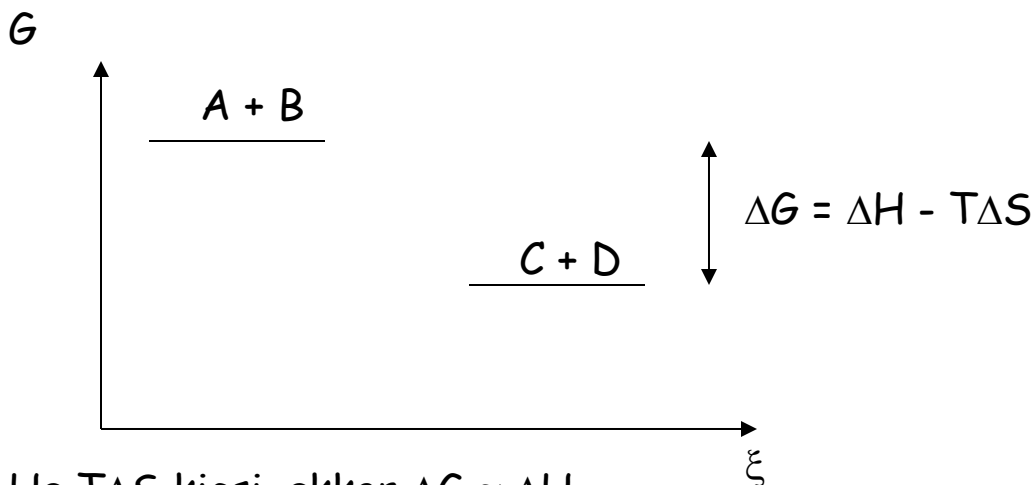
## A REAKCIÓK TERMODINAMIKAI LEÍRÁSA



$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{Cl}][\text{HCl}]}{[\text{CH}_4][\text{Cl}_2]}$$

(a)  $\Delta G = G_{\text{vég}} - G_{\text{kezdeti}} = -2,303 \times RT \times \log K$

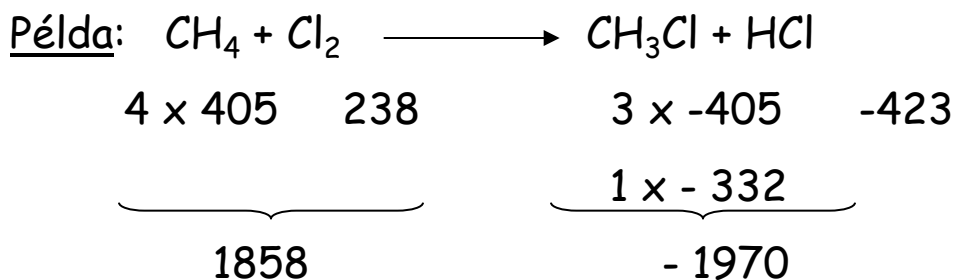
(b)  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ , ahol H - **entalpia**, G - **szabadentalpia**,  
S - **entrópia**



Ha  $T\Delta S$  kicsi, akkor  $\Delta G \cong \Delta H$

Mivel  $\Delta H = \Delta E_{\text{kötési}} + \Delta E_{\text{feszültségi}}$ ,

$\Delta E_{\text{kötési}}$  alapján becsülhető  $\Delta G$ .



$$\Delta H = -1970 + 1858 = -112 \text{ kJ/mol} \quad \Rightarrow \quad K = 10^{18}$$

Exoterm reakció: hőfelszabadulás

Endoterm reakció: hőbefektetés

Tapasztalat: a) nincs reakció - RT

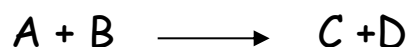
b) van reakció - fény v. hő (500°C)

## NÉHÁNY FOGALOM

1. ÁTMENETI ÁLLAPOT

ÁTMENETI TERMÉK

2. REAKTÁNSOK - TERMÉKEK



- SZUBSZTRÁTUM

- REAGENS

## A REAKCIÓK KINETIKAI LEÍRÁSA



ÁTMENETI ÁLLAPOT

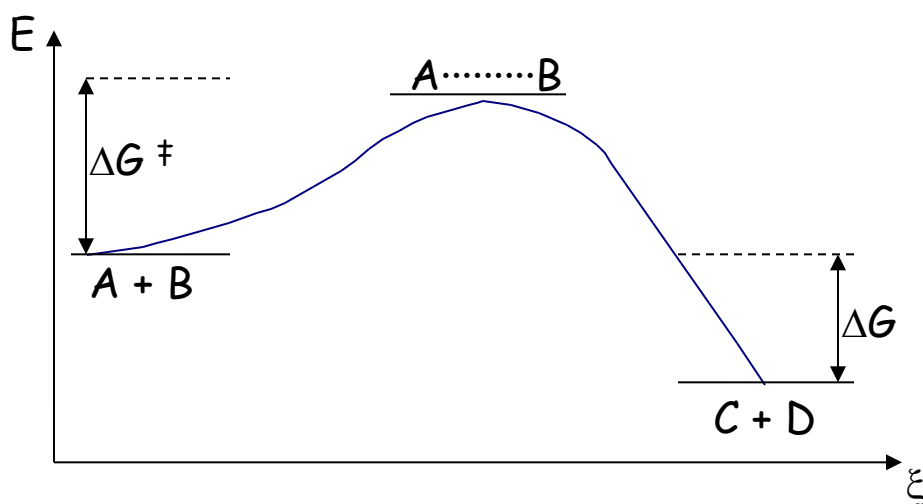
$$(a) \quad v = - \frac{d[A]}{dt} = k[A][B]$$

$$(b) \quad k = \frac{RT}{h} e^{-\Delta H^\ddagger/RT} \cdot e^{\Delta S^\ddagger/R}$$

Ahol  $\Delta H^\ddagger$  aktiválási entalpia,  $\Delta S^\ddagger$  aktiválási entrópia

$$(c) \quad \Delta G^\ddagger = \Delta H^\ddagger - T\Delta S^\ddagger \quad \text{„aktiválási energia”}$$

$$(d) \quad \Delta G^\ddagger = -2,303 \times RT \times \log k + c \quad (\text{konstans})$$

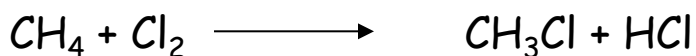
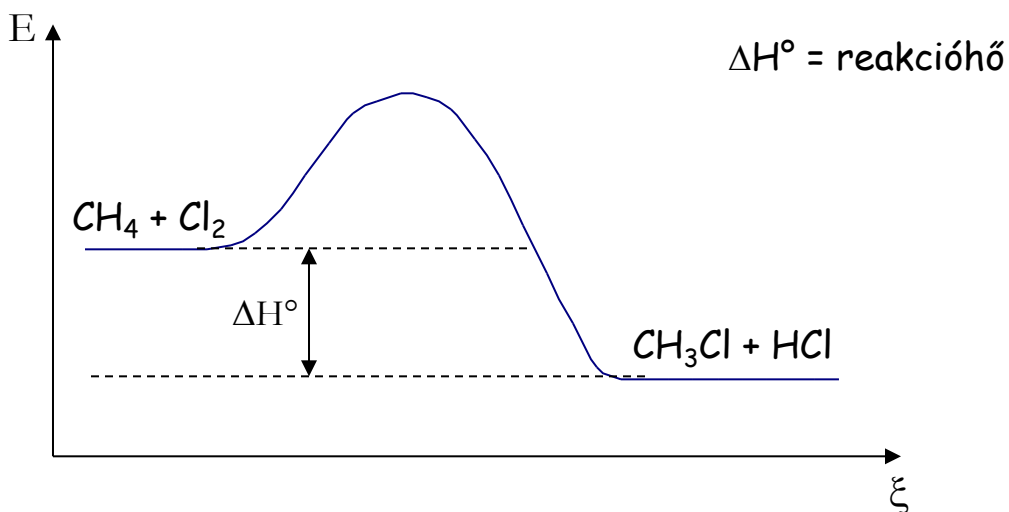


HA  $\Delta G^\ddagger$  kicsi, akkor a reakció gyors

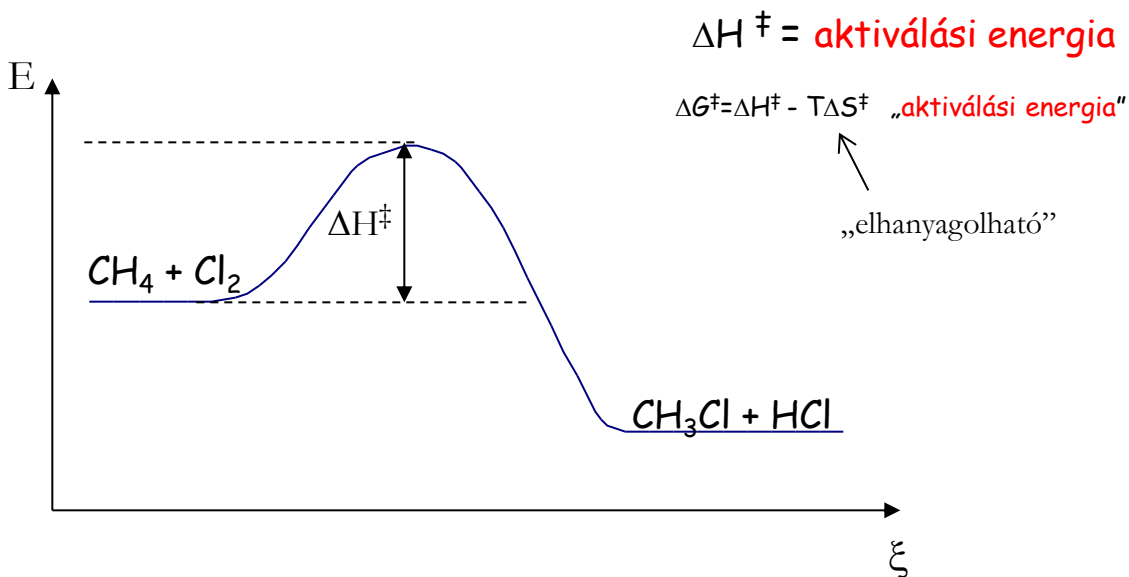
$\Delta G^\ddagger$  nagy, akkor a reakció lassú

# A KÉMIAI REAKCIÓ LEJÁTSZÓDÁSÁNAK FELTÉTELEI

## 1. TERMODINAMIKAI FELTÉTEL



## 2. KINETIKAI FELTÉTEL



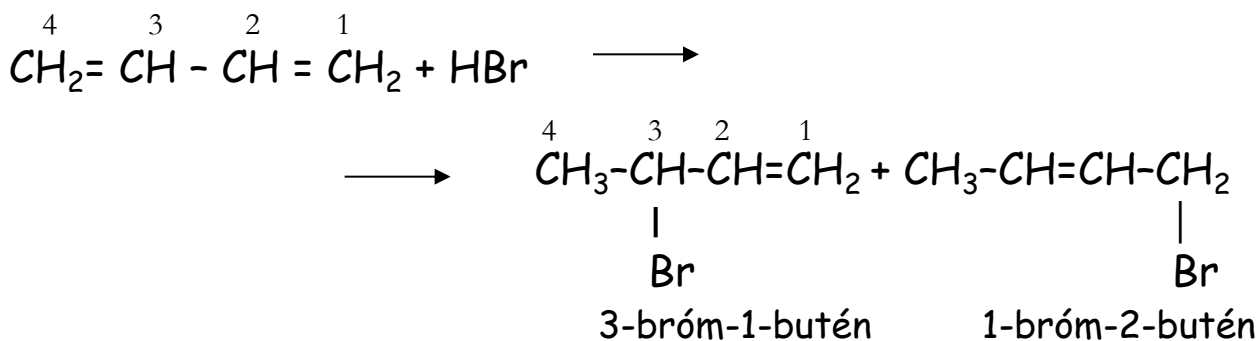
TERMODINAMIKA /EGYENSÚLY/ ÁLTAL ELLENŐRZÖTT REAKCIÓ (A):

A **legstabilabb** termék a főtermék.

KINETIKA /REAKCIÓSEBESSÉG/ ÁLTAL ELLENŐRZÖTT REAKCIÓ (B):

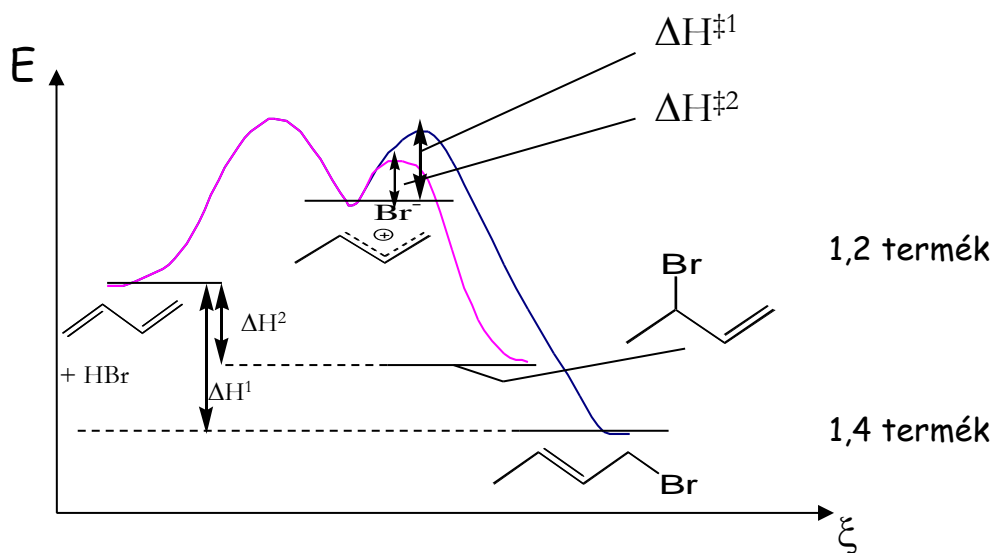
A **leggyorsabban** képződő termék a főtermék.

Példa: 1,3-butadién addíciós reakciója HBr-dal



0°C-on 1,2 termék,

20°C-on 1,4 termék



Ha az 1,4 termék a domináns: (A)  $\Delta H^1 > \Delta H^2$

Ha az 1,2 termék a domináns: (B)  $\Delta H^{\ddagger 2} < \Delta H^{\ddagger 1}$

# 11. Termokémia (A. L. Lavoisier)

A kémiai reakció során bekövetkező hőváltozás tanulmányozása

a) számítással (kötési energiából)

b) méréssel (kalorimetria)

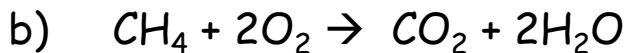
Alkalmazás - reakciók értelmezése

- izomerek stabilitása

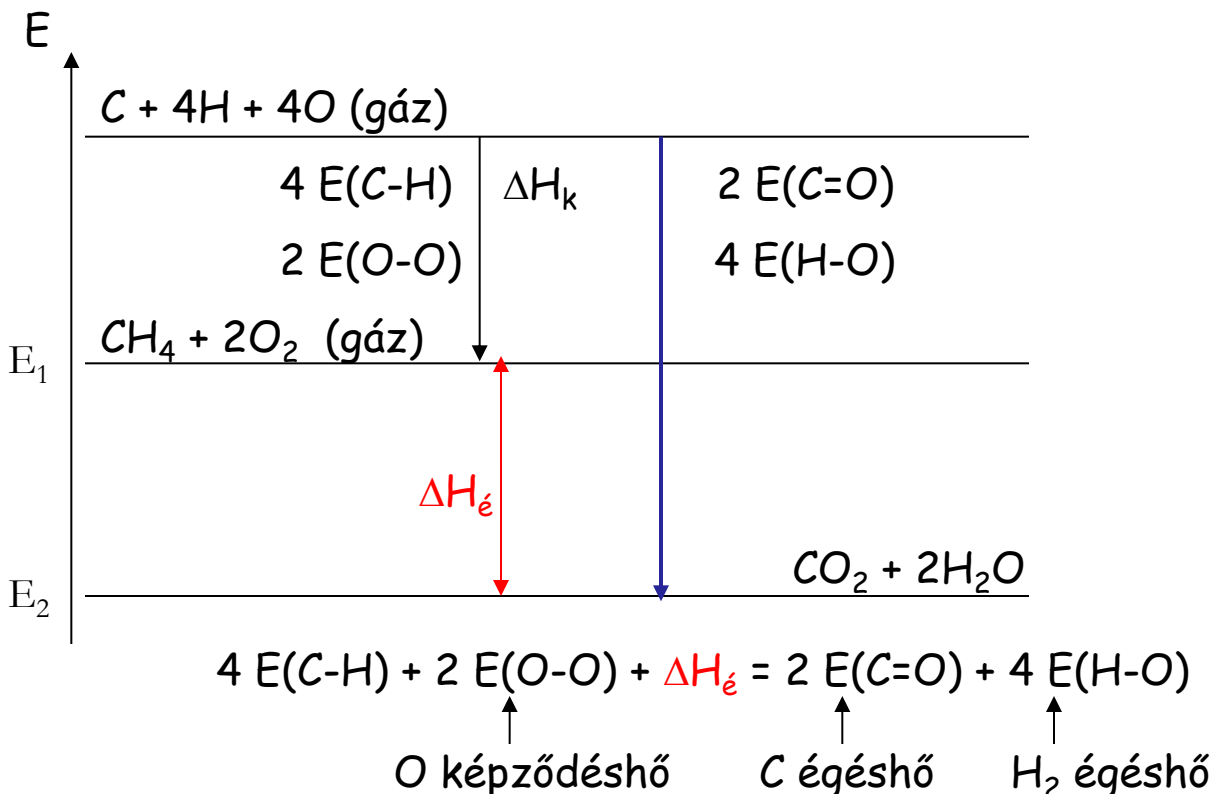
- energiatárolás

- energiaátalakítás

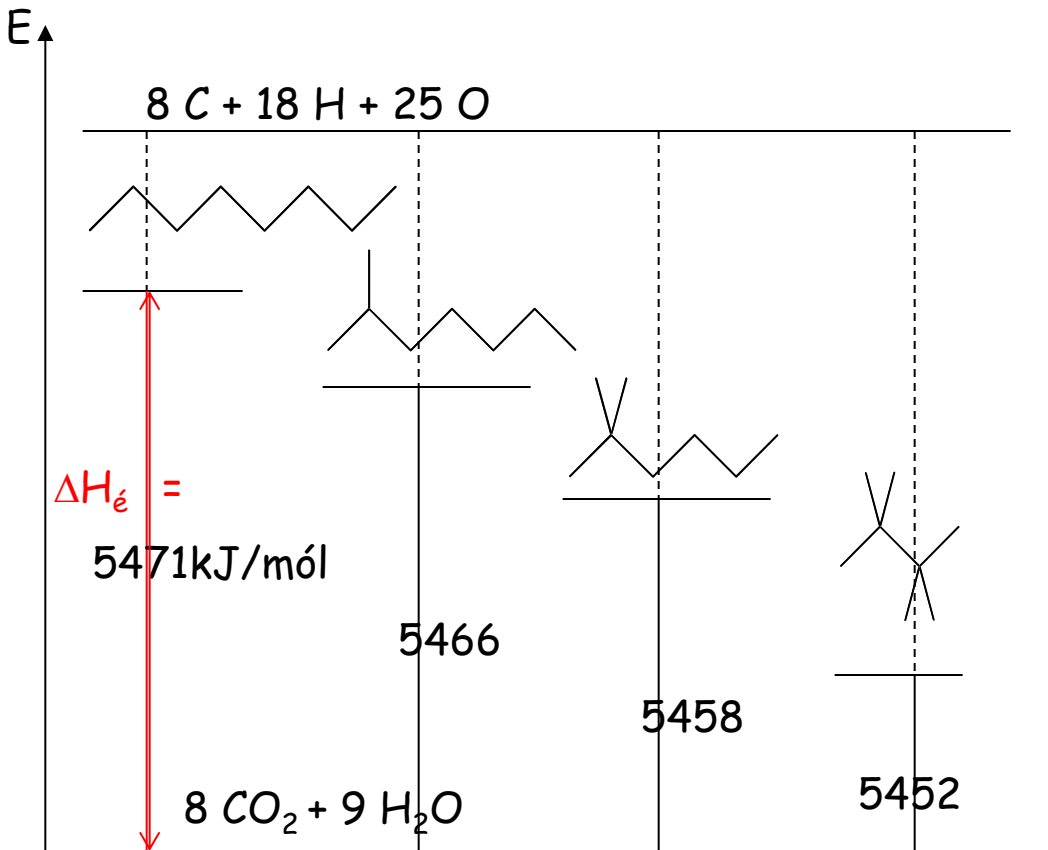
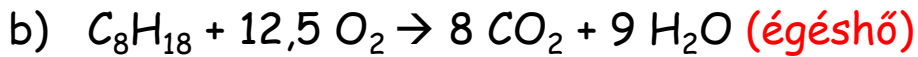
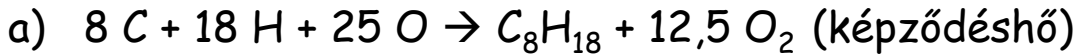
1. példa: C-H energia metán égéshőjéből



$\Delta H_k$  = képződési       $\Delta H_\epsilon$  = égési



## 2. példa: Oktán izomerek stabilitása



**Számítások** szerint  $\rightarrow$  azonos égéshő = azonos stabilitás

**Mérések** szerint  $\rightarrow$  eltérő égéshő = eltérő stabilitás

a) kisebb égéshő - nagyobb stabilitás

b) nagyobb égéshő - kisebb stabilitás



## 12. Reakciók felosztása

### a) REAGÁLÓ KOMPONENSEK FÁZISA SZERINT

HOMOGÉN (pl. mindkét komponens oldatban)

HETEROGÉN (pl. szilárd és oldott reagensek)

### b) ELEMI FOLYAMATOK SZÁMA SZERINT

EGYSZERŰ - MONOMOLEKULÁS

- BIMOLEKULÁS

- TRIMOLEKULÁS

ÖSSZETETT - LÁNCREAKCIÓ (POLIMERIZÁCIÓ)

- PÁRHUZAMOS REAKCIÓK

(főreakció és mellékreakció)

### c) AZ ENERGIA FORRÁSA SZERINT

TERMIKUS ( $\Delta$ , pl. karbonsavak dekarboxilezése)

FOTOKÉMIAI ( $h\nu$ , pl.  $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2$ )

RADIOKÉMIAI (pl. melanin, D-vitamin képződés)

AKUSZTOKÉMIAI (KI + keményítő + 20 kHz)

### d) A REAKTÁNSOK „ATOMI” ÁLLAPOTA SZERINT

KOVALENS KÖTÉSBŐL: gyök, kation, anion

homolitikus bomlás  $\text{R-H} \rightarrow \text{R}\cdot \cdot\text{H}$

heterolitikus bomlás  $\text{R-H} \rightarrow \text{R}^+ + \text{H}^-$


IONOS KÖTÉSBŐL: kation, anion

gyökös reakciók vs. ionos reakciók

## PÉLDA: C-H KÖTÉS FELBONTÁSA

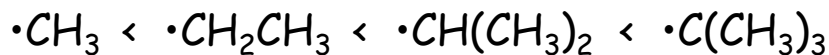
Összefüggés a disszociációs energia és a C-atom rendősége között

	HOMOLITIKUS $C-H \rightarrow C \cdot + H \cdot$ kJ/mól	HETEROLITIKUS $C-H \rightarrow C^+ + H^-$ kJ/mól
$H_3C-H$	142	1088
$H_3C-H_2C-H$	107,2	916
$\begin{array}{c} H_3C \\ \diagdown \\ HC-H \end{array}$	74,5	799
$\begin{array}{c} H_3C \\ / \\ H_3C \end{array}$		
$\begin{array}{c} H_3C \\ \diagdown \\ H_3C-C-H \end{array}$	31,4	699
$\begin{array}{c} H_3C \\ / \\ H_3C \end{array}$		

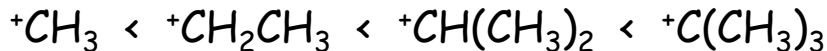


## STABILITÁS

Alkil-gyök:

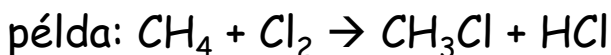


„Alkil” kation (karbéniumion, karbokation):



## REAKCIÓ „TÍPUSOK”

1. Oxidáció elektronleadás, ,O'-felvétel; ,H'-leadás
2. Redukció elektronfelvétel, ,O'-leadás; ,H'-felvétel
3. Sav-bázis reakciók
4. Szubsztitúció [S]

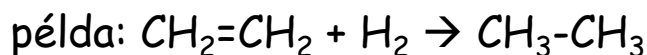


típusai: nukleofil  $\text{S}_{\text{N}}$  [ $\text{X}^-$ ,  $\text{Y}$ :]

elektrofil  $\text{S}_{\text{E}}$  [ $\text{Z}^+$ ,  $\text{Z-Q}$ ]

gyökös  $\text{S}_{\text{R}}$  [ $\text{R}\cdot$ ]

5. Addíció [Ad]

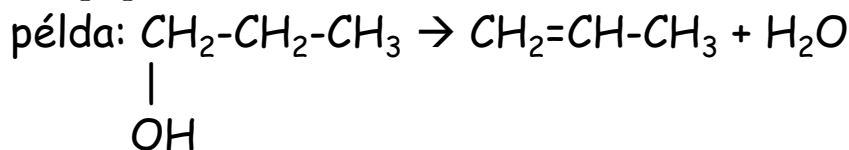


típusai: nukleofil  $\text{Ad}_{\text{N}}$

elektrofil  $\text{Ad}_{\text{E}}$

gyökös  $\text{Ad}_{\text{R}}$

6. Elimináció [E]



típusai:  $\alpha-\beta$  ;  $\alpha-\gamma$  ;  $\alpha-\alpha$

7. Átrendeződés

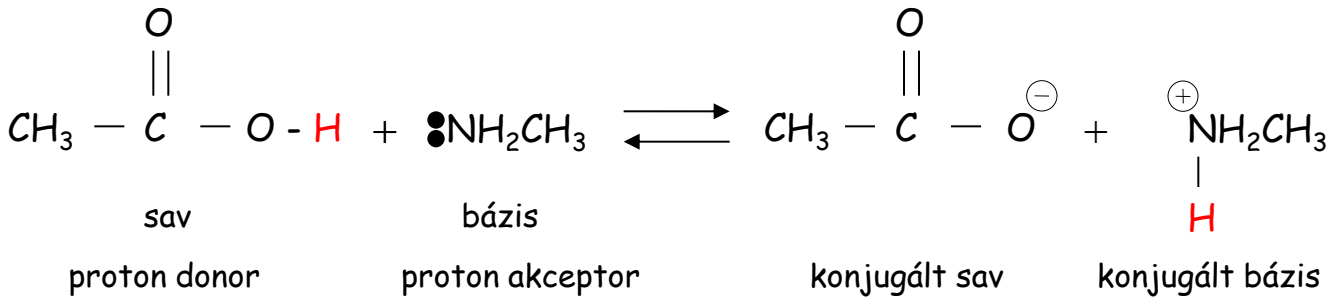
8. Polimerizáció

# 13. Sav-bázis elméletek

## 1. Brønsted-Lowry elmélet (protolitikus elmélet, 1923)

Sav: az a vegyület, amely képes **proton** leadására

Bázis: az a vegyület, amely képes **proton** befogadására

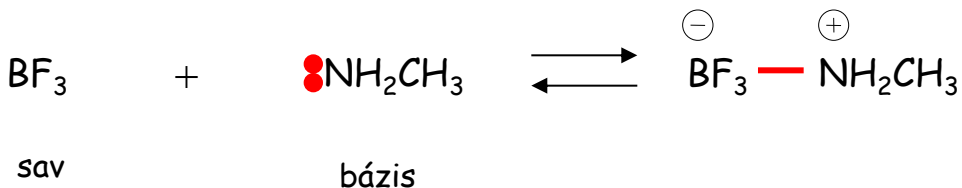


$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3^+\text{NCH}_3]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{NCH}_3]}$$

## 2. G.N. Lewis elmélet (elektronelmélet)

Sav: minden olyan vegyület, amelyben van olyan atom, amelynek **két elektron**ja hiányzik a vegyértékhéján

Bázis: minden olyan vegyület, amely tartalmaz két, kötésben nem lévő **elektront**



elektron akceptor

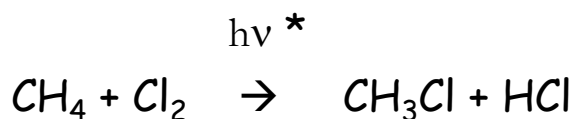
elektron donor

Például:  $\text{BF}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  
 $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$

## 14. Szubsztitúció

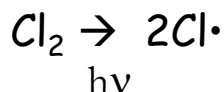
**Definíció:** A C-atomról egy atom (csoport) eltávozik és helyébe más atom (csoport) lép, miközben a C-atom **koordinációs száma nem változik** meg.

### 1. Gyökös



RT

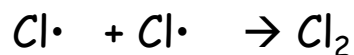
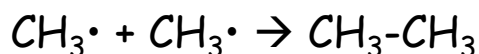
Láncindítás, homolízis



Láncvívó elemi lépés\*\*



Lánc letörés, rekombináció



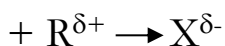
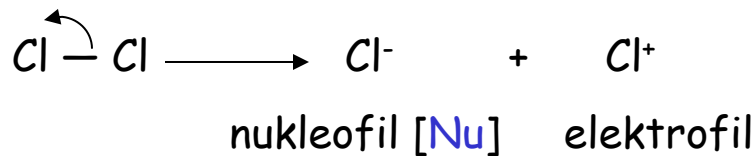
---

\*  $h\nu$  helyett  $300^\circ\text{C}$ -on, katalizátor jelenlétében is végbemegy

\*\* Láncvívó lépés lehet:  $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}\cdot \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}\cdot + \text{HCl}$  etc.

## 2. „Ionos” szubsztitúció

1. Reagens heterolízise:

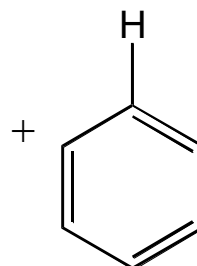


2. Nukleofil szubsztitúció

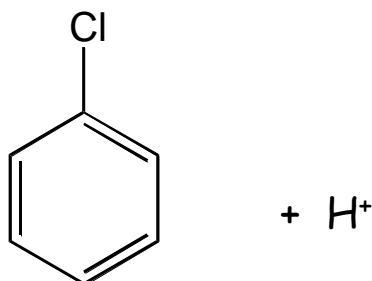


Példa: Alkil-halogenid

Alkoholok

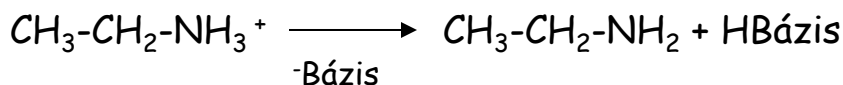
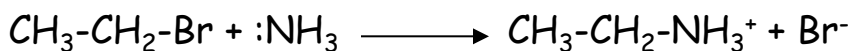
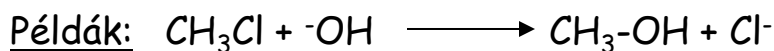
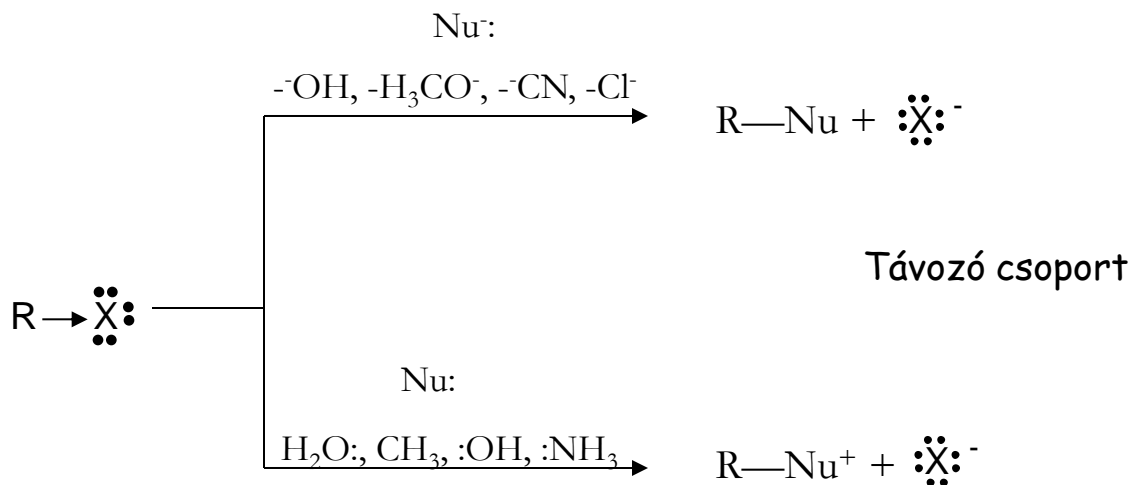


3. Elektrofil szubsztitúció



példa: Aromások

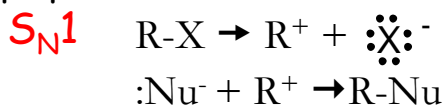
## 2. Nukleofil szubsztitúció [S<sub>N</sub>]



### Mechanizmus:

Az R-X heterolízis és a Nu: támadás egyidejű történés vagy nem.

Alaptípusok:



első lépés/heterolízis  
második lépés

Bizonyítás: Kinetikai vizsgálatok

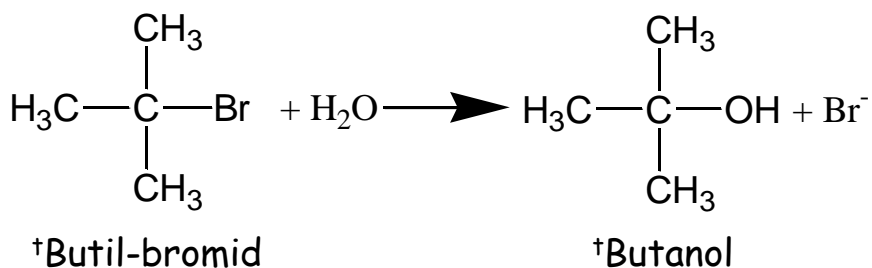
$$v = k[\text{R-X}]$$

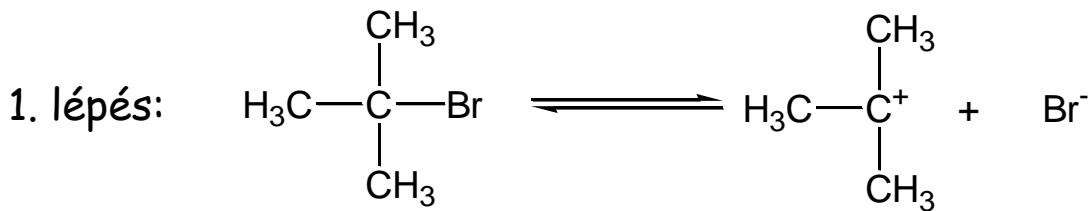
Elsőrendű sebességi egyenlet

„Monomolekulás”

Két lépés

Példa:

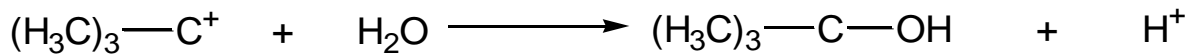




Lassú, sebességmeghatározó

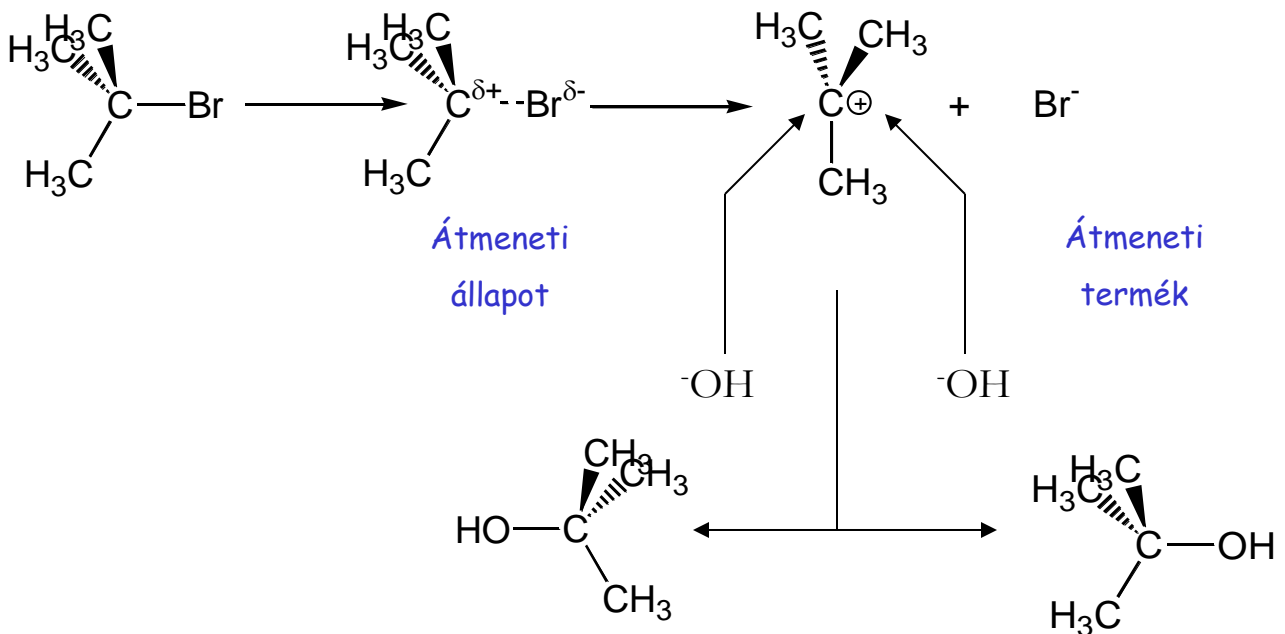
KARBOKATION  
(KARBÉNIUM ION)  
Átmeneti termék

2. lépés:



Gyors

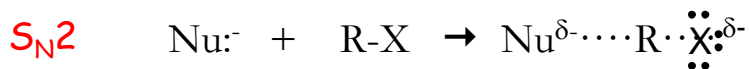
### Sztereomechanizmus



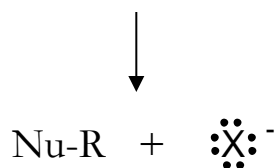
Ha a C-atom királis, a termék nem mutat optikai aktivitást:  
szubsztitúció racemizációval.



Alaptípusok:



Sir C. Ingold (1930)  
London



Bizonyítás: Kinetikai vizsgálatok

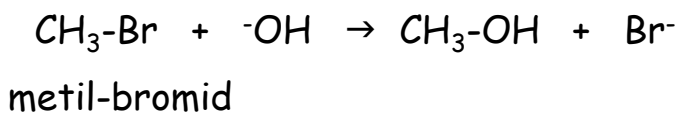
Másodrendű sebességi egyenlet

$$v = k[\text{R-X}][\text{Nu}^-]$$

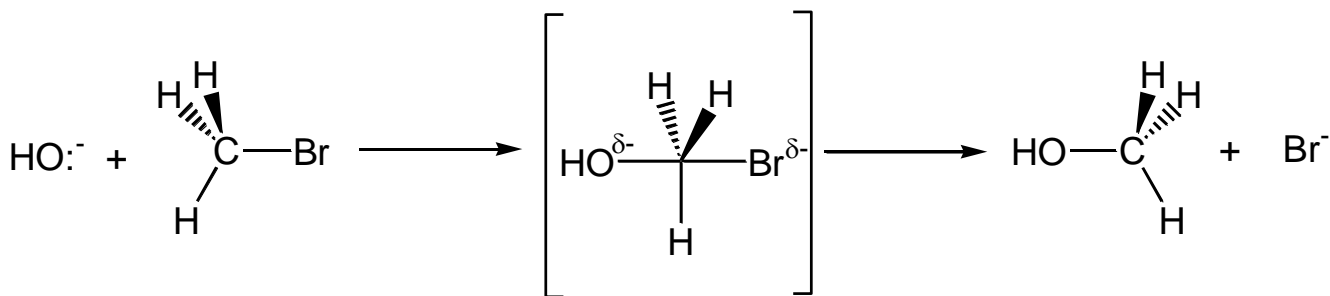
„Bimolekulás”

Egy lépés

Példa:

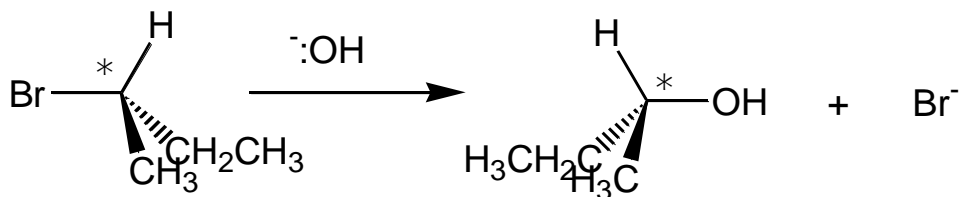


Sztereomechanizmus



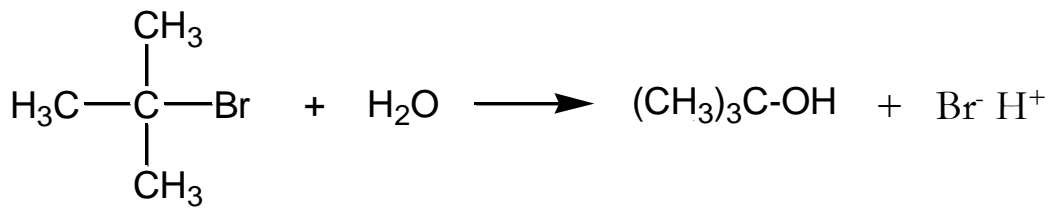
Átmeneti állapot

Ha a C-atom királis, a termék is optikailag aktív:  
szubsztitúció inverzióval (Walden-inverzió)

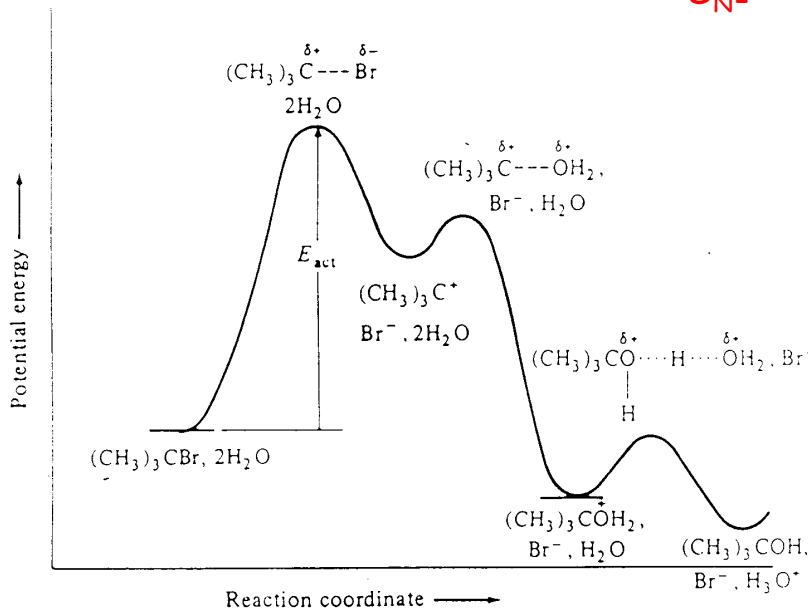


(S)-2-Br-bután

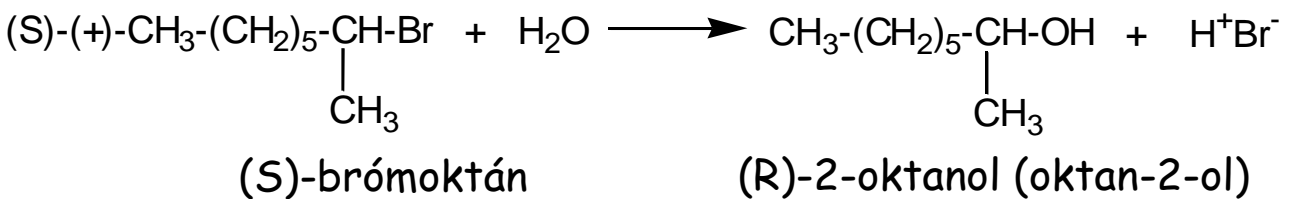
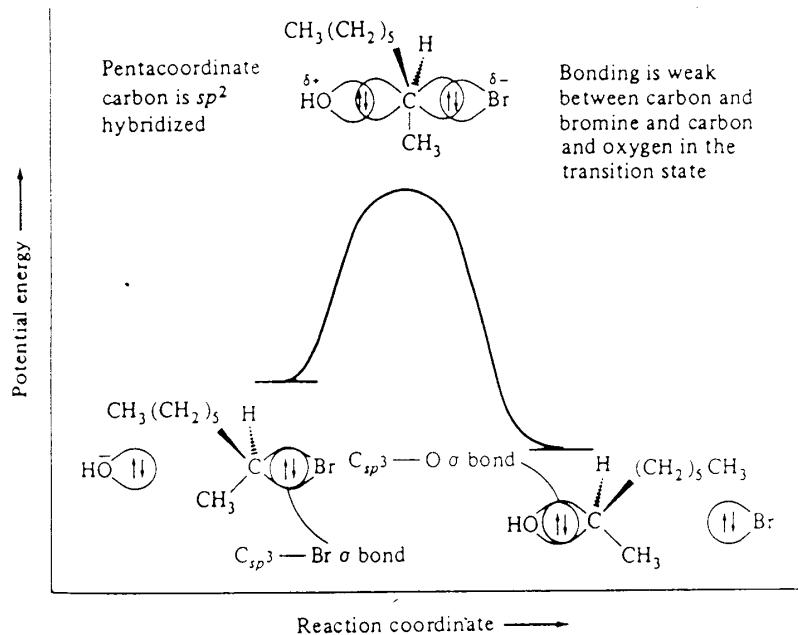
(R)-2-Br-bután



$S_N1$

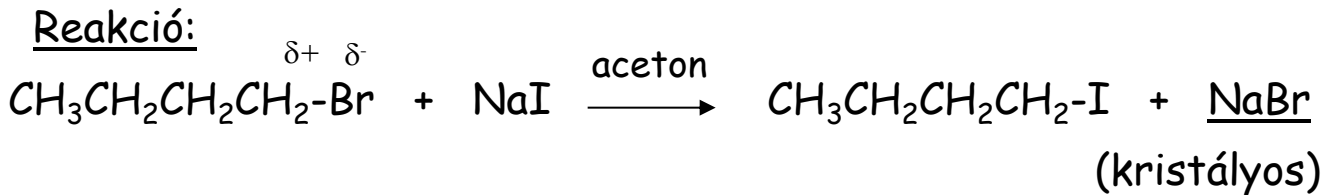


$S_N2$



## Nukleofilek felosztása a nukleofil atom szerint

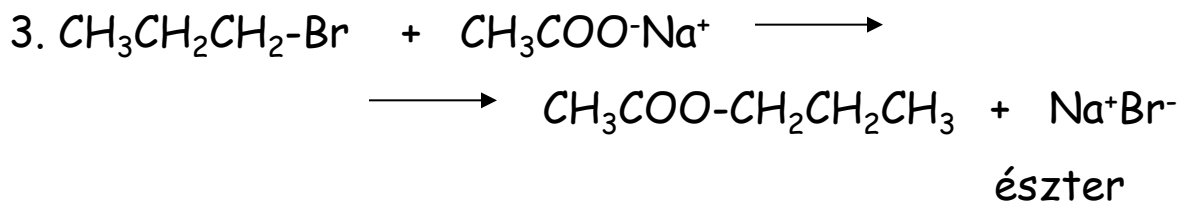
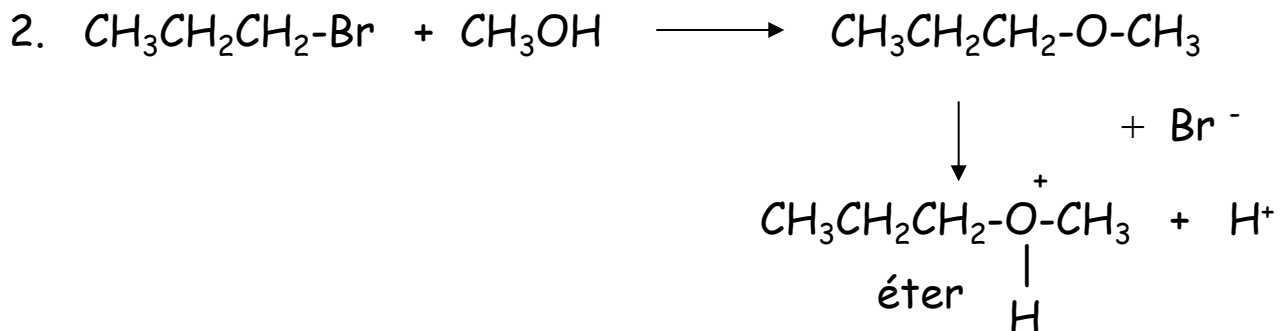
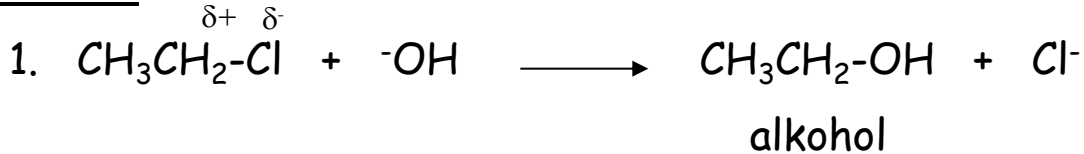
a) Halogén nukleofilek (C-X kötés kiépítése) pl. NaI



b) Oxigén nukleofilek (C-O kötés kiépítése)

Pl. H<sub>2</sub>O, -OH, R-OH, R-COO<sup>-</sup>

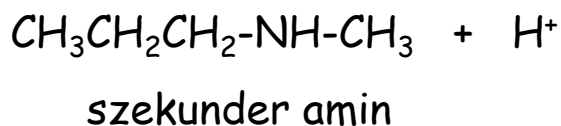
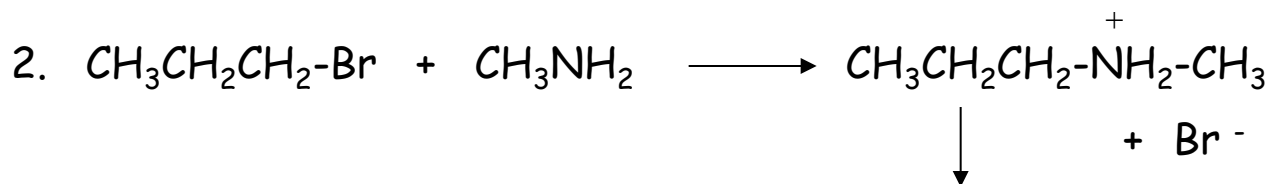
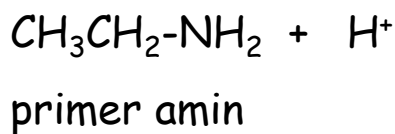
Reakció:



c) Nitrogén nukleofilek ( C-N kötés kiépítése)

pl.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{R-NH}_2$

Reakció:



## A szubsztitúció sebességét befolyásoló tényezők

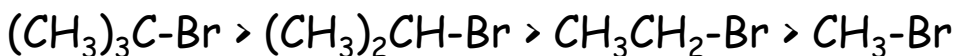
1. A szubsztrát szerkezete
2. A nukleofil reaktivitása (csak  $S_N2$ )
3. Az oldószer polaritása
4. A távozó csoport szerkezete

### 1. A szubsztrát szerkezete (pl.: alkil halogenid)

#### Térbeli hozzáférhetőség

<u><math>S_N2</math> reakciók</u>	relatív sebesség	alkil szerkezet
$CH_3-Br$	30	metil
$CH_3CH_2-Br$	1	primer szénatom
$(CH_3)_2CH-Br$	0,02	szekunder szénatom
$(CH_3)_3C-Br$	$\sim 0$	tercier szénatom

#### $S_N1$ reakciók



#### Az átmeneti termék stabilitása.

### 2. A nukleofil reaktivitása „jó” / „rossz” nukleofilek:

- a) A negatív töltéssel bíró nukleofilek mindig jobbak, mint konjugált savszármazékuk (pl.  $^-OH$  jobb, mint  $H_2O$ )
- b) Azonos nukleofil atomot tartalmazó nukleofilek között a „jó” nukleofilitás a bázicitással párhuzamosan változik.

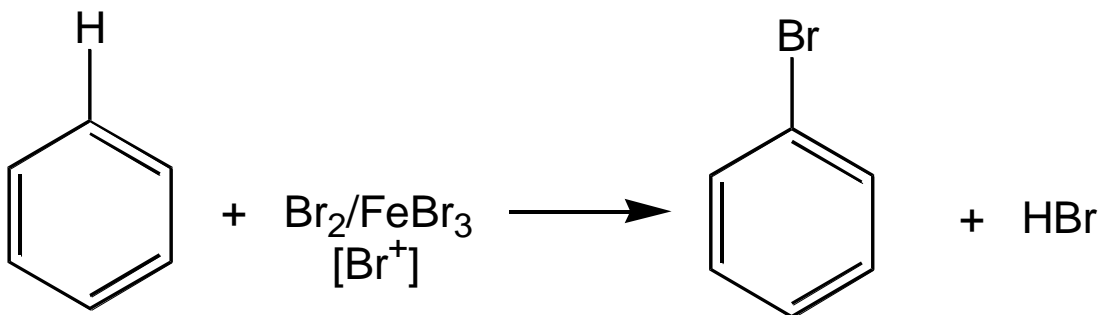


- c) Nem azonos atomoknál: 1) jó polarizálhatóság

2) könnyű deszolválhatóság

### 3. ELEKTROFIL SZUBSZTITÚCIÓ [S<sub>E</sub>]

Példa:



„Támadó” reagens: Elektrofil [ $X^+$ ,  $X^{\delta+}-Y^{\delta-}$ ]

Szubsztrát: elektron-gazdag molekularészlet

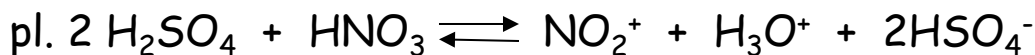
[aromás  $\pi$ -rendszer, elektron-donor]

#### Elemi lépések

##### 1. Elektrofil reagens képződése

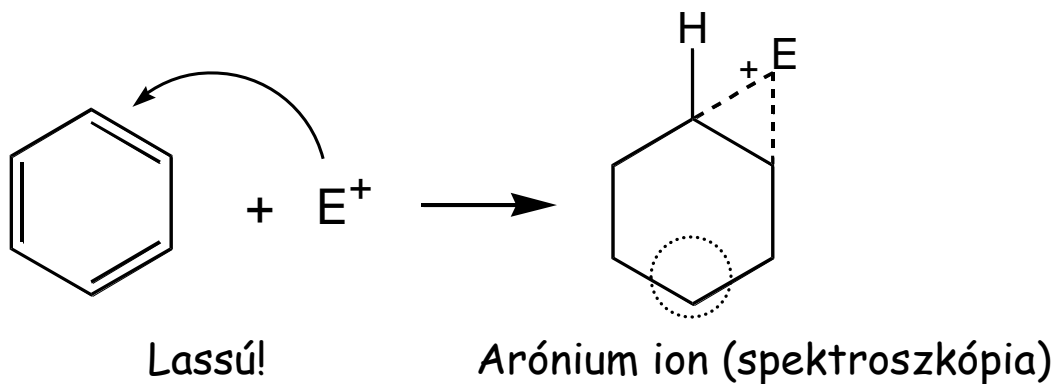
- közvetlenül, pl.  $BF_4^-NO_2^+$

- reakcióban,

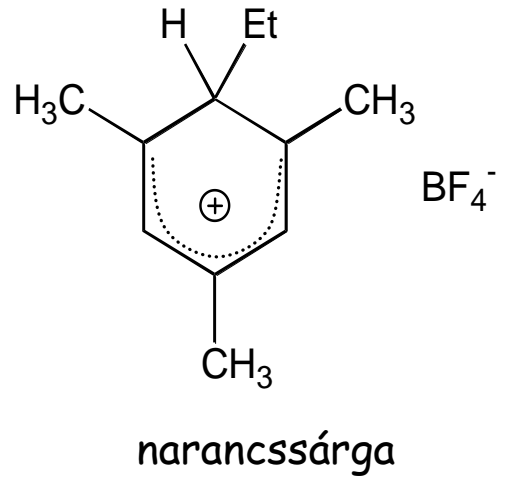
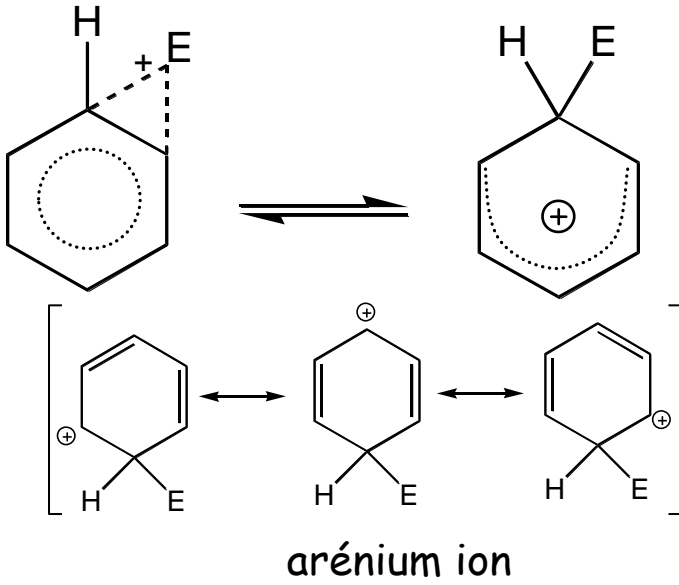


- katalizátor, pl.  $FeBr_3 + Br_2 \longrightarrow FeBr_4^-Br^+$

##### 2. $\pi$ -komplex képződése

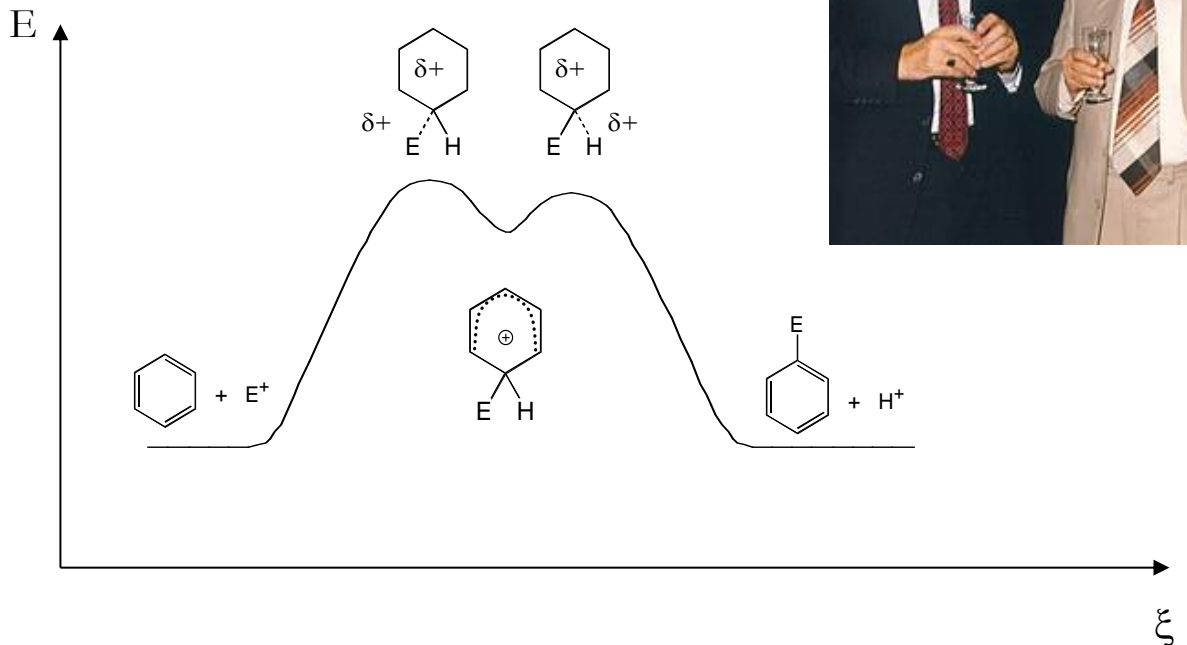
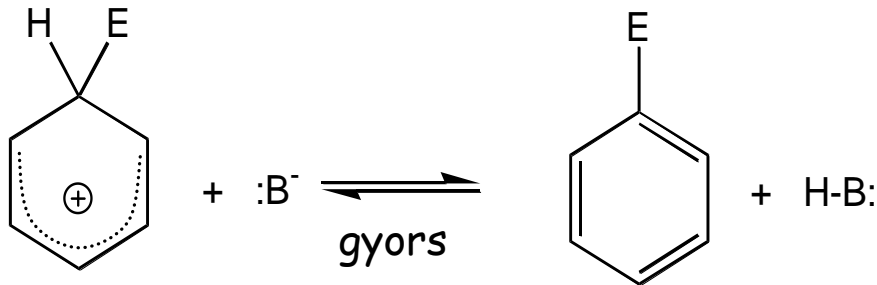


### 3. $\sigma$ -komplex képződése

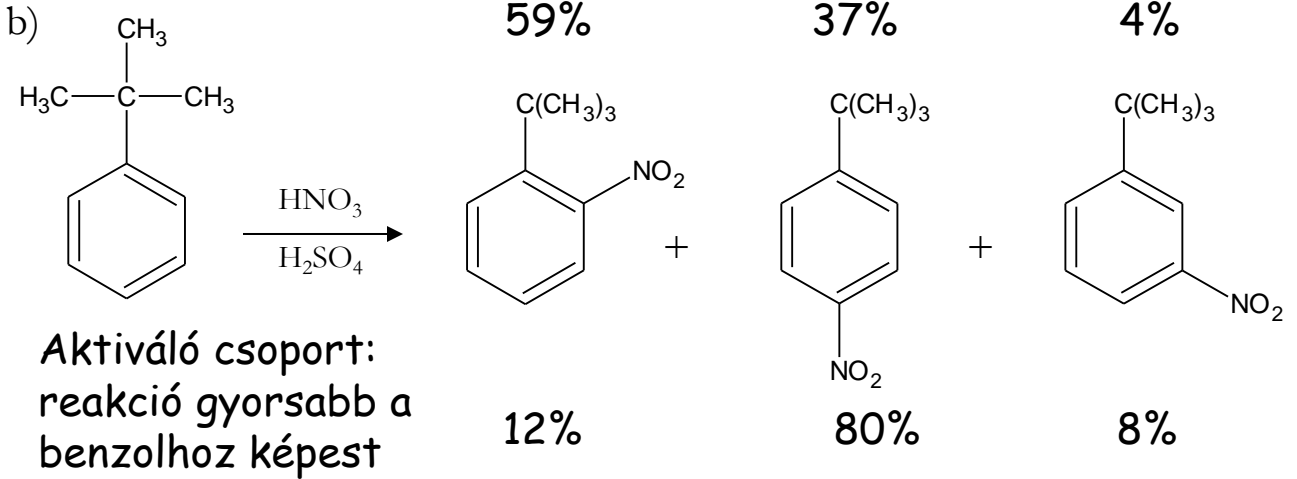
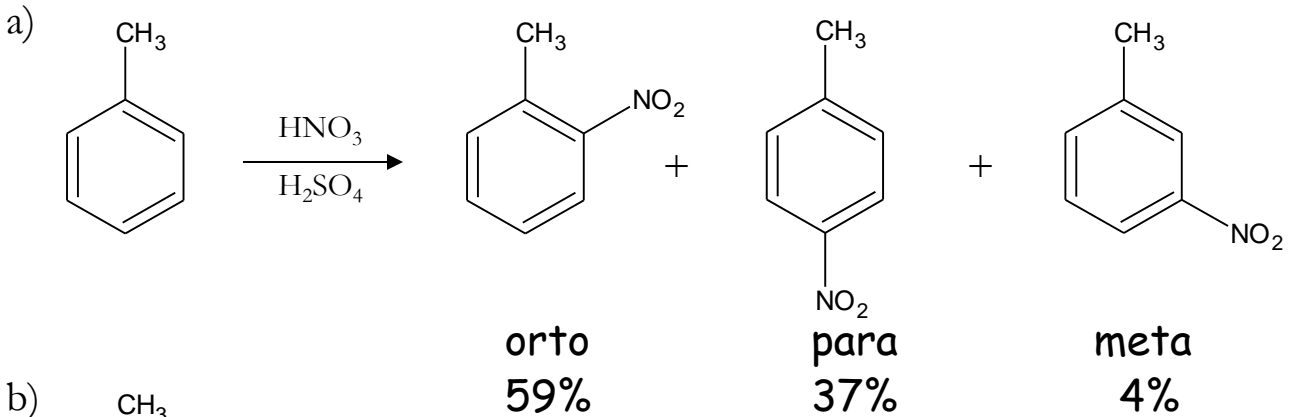


(Bizonyítás: Oláh György,  
Nobel díj, 1994)

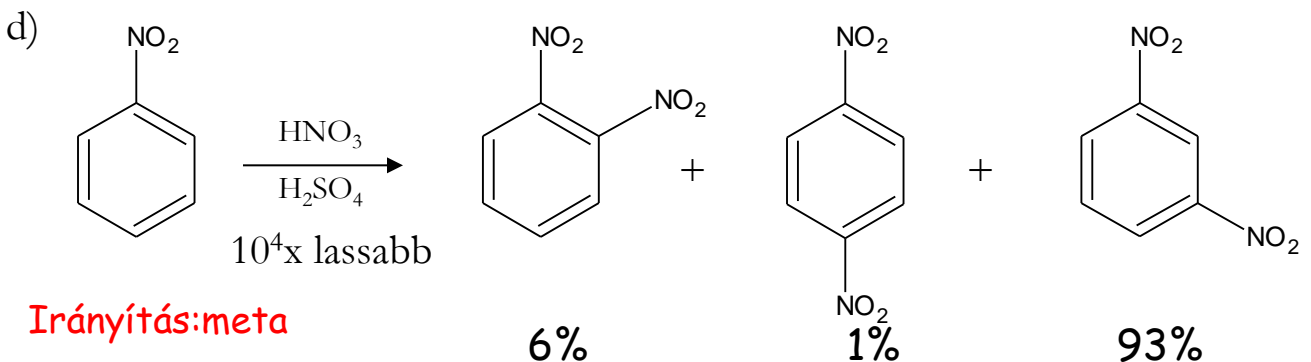
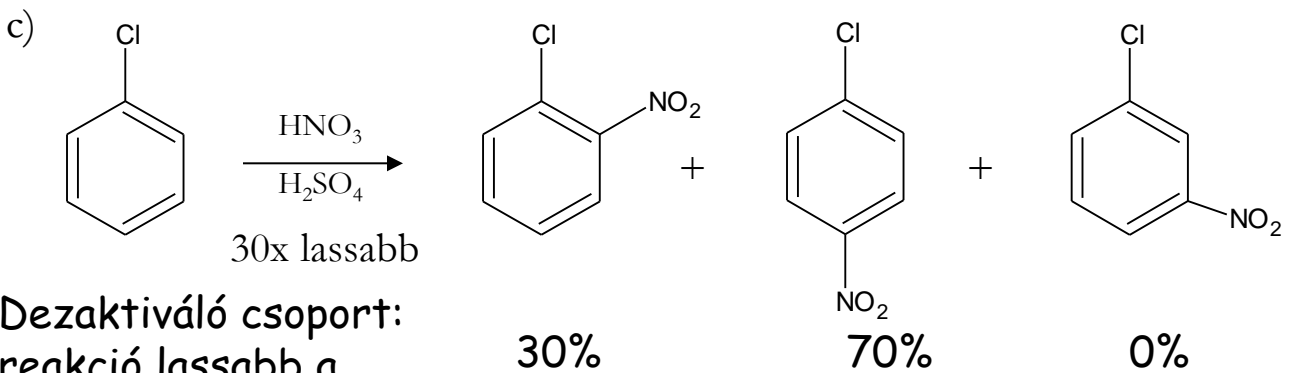
### 4. Rearomatizálódás (protonvesztés)



## A szubsztituens hatása



**Irányítás: orto, para**





# 1. A szubsztrát természetete

## a) Elektronküldő szubsztituensek

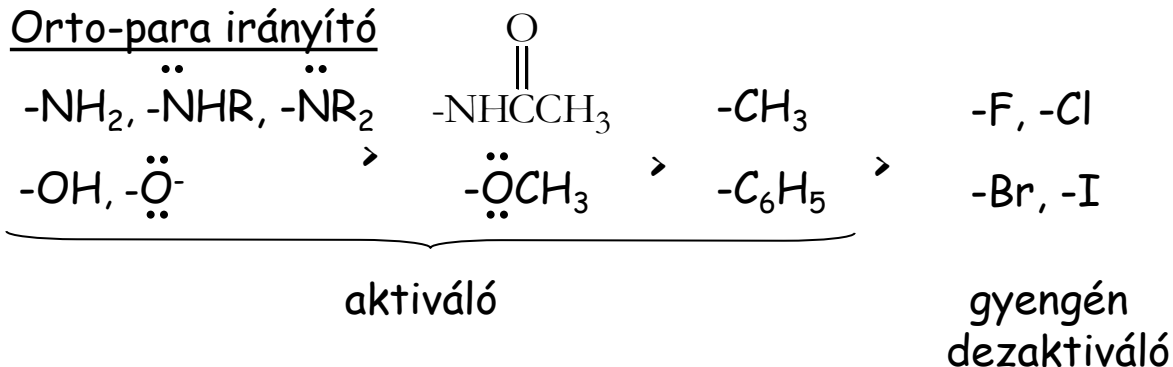
- :NH<sub>2</sub> } Kapcsolódó atom nemkötő elektrópárral
- : $\ddot{\text{O}}$ H }
- CH=CH<sub>2</sub>     $\pi$ -kötés a kapcsolódó oldalláncban
- CH<sub>3</sub>            + I effektus

## b) Elektronszívó szubsztituensek

- NO<sub>2</sub> } Kapcsolódó atomnak ténylegesen vagy
- $\overset{\oplus}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$  } „formálisan” pozitív töltése van
- COOH }  $\pi$ -kötés a kapcsolódó
- CN } oldalláncban
- CCl<sub>3</sub>            - I effektus

## c) Csoportosítás

### Orto-para irányító

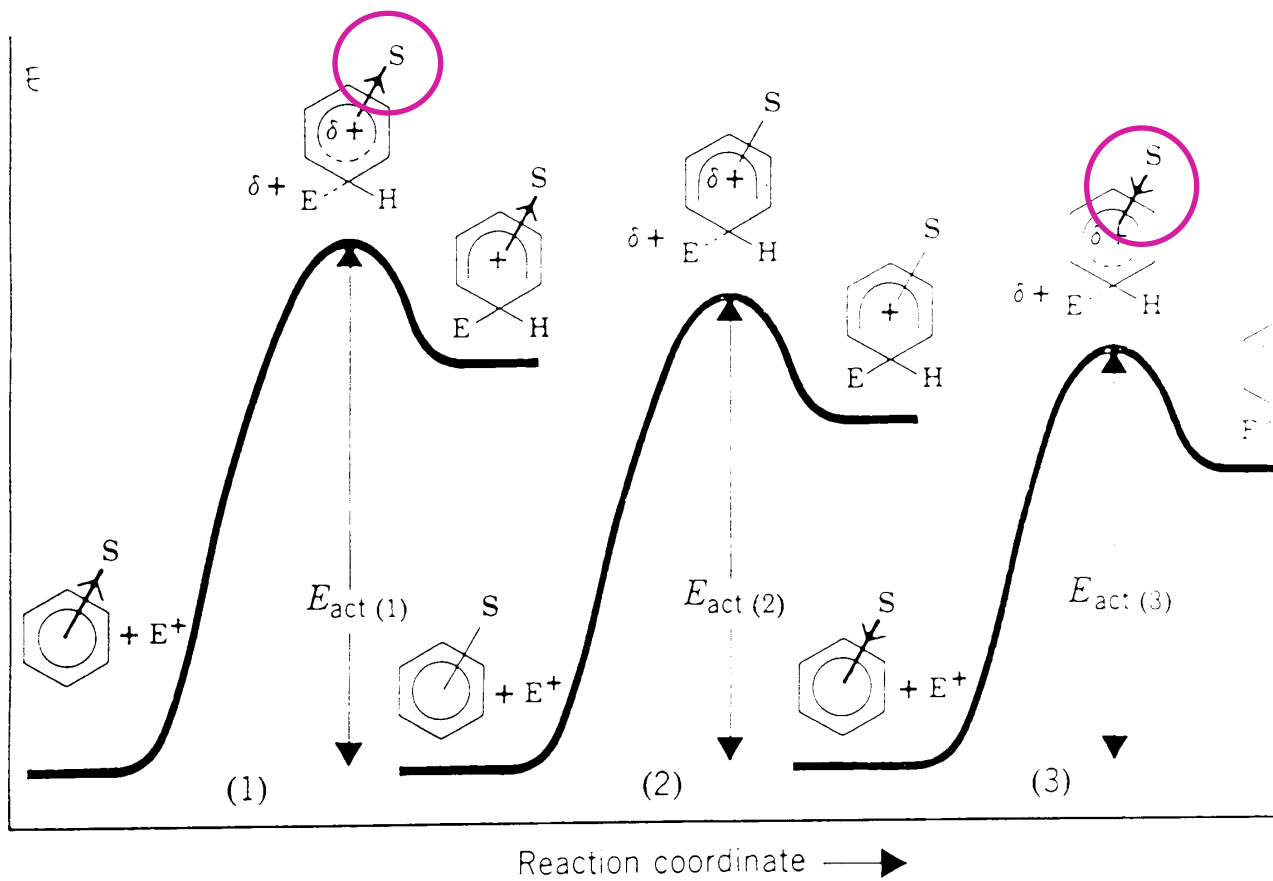


### Meta irányító



## d) Értelmezés

53



$S$  = elektron  
vonzó/szívó  
csoport

$S = H$   
benzol

$S =$  elektron  
küldő  
csoport

$$\underline{E_{act(1)} > E_{act(2)} > E_{act(3)}}$$

2. Elektrofil reagens

3. Sztérikus hatás

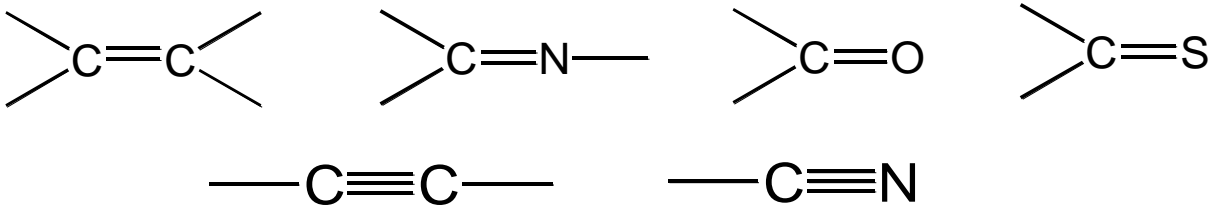
# 17. Addíció

Definíció: **Telítetlen kötés(ek)e)t** tartalmazó vegyületek reakciója során két reaktánsból egy termék keletkezik.

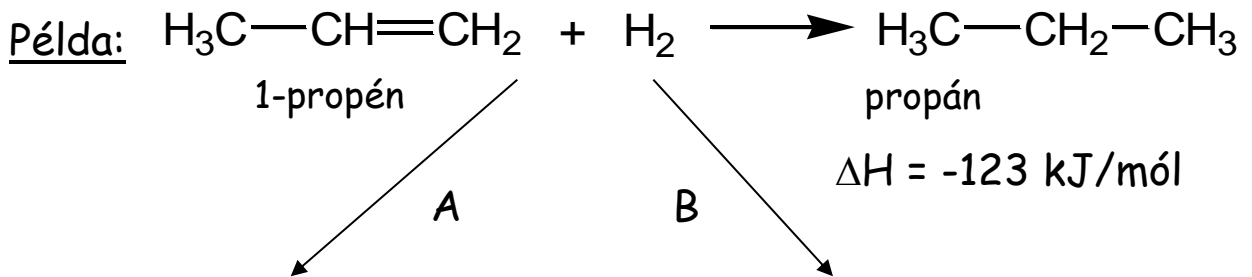
Típusai: 1. Reagens természetete szerint



2. A telítetlen kötés természetete szerint



1. Gyökös addíció



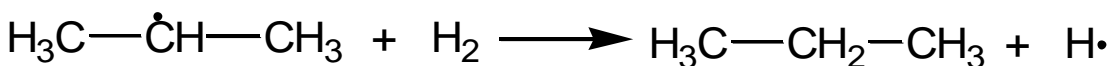
katalizátor nélkül

katalizátor jelenlétében

**A. Láncindítás, homolízis**



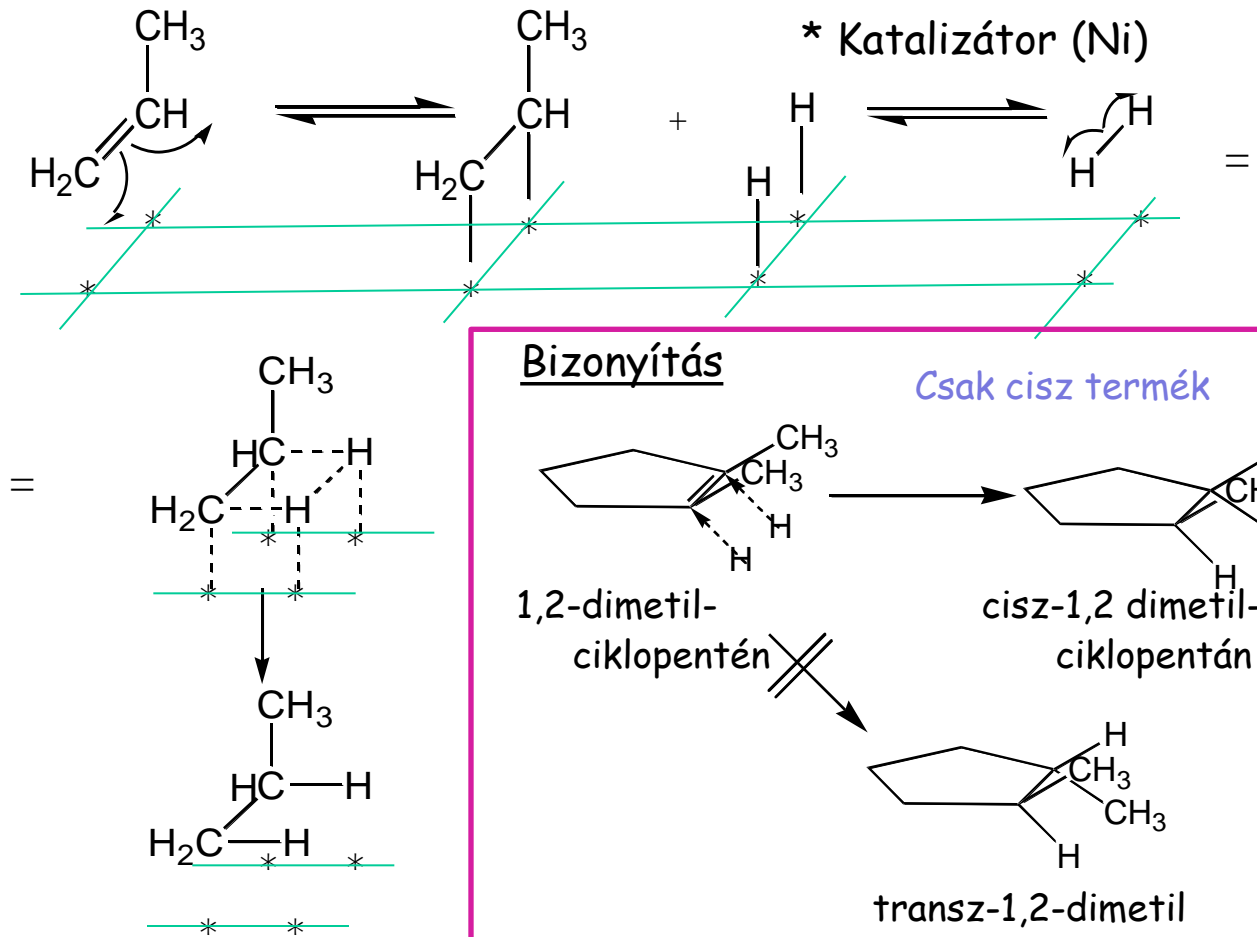
Láncvivő lépés



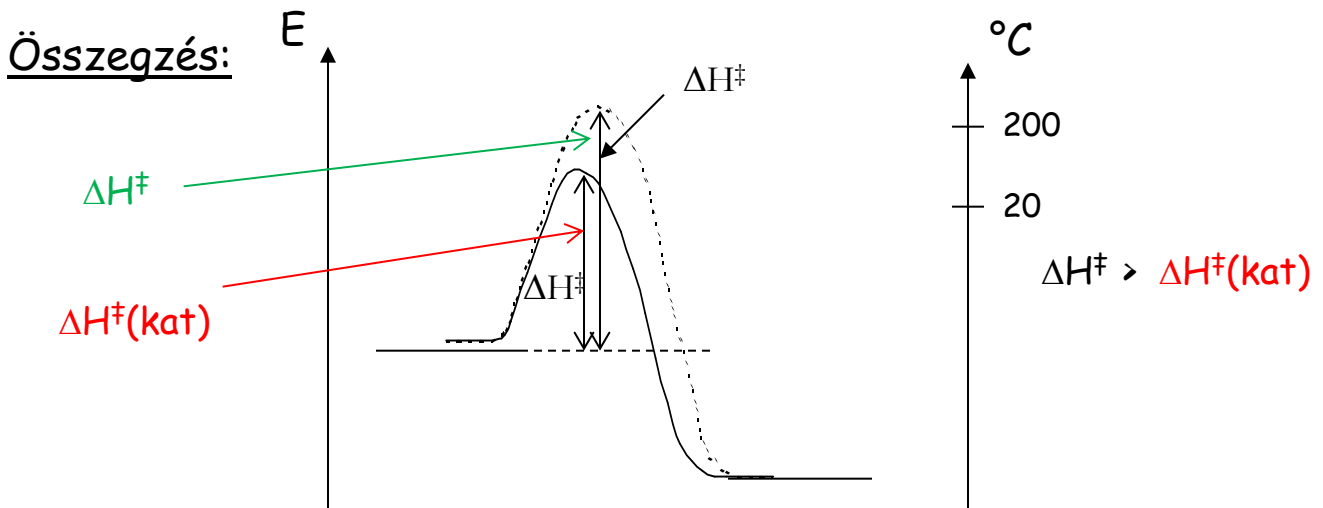
Láncletörés



## B katalizátor jelenlétében

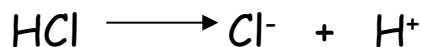


## Sztereomechanizmus Cisz-addíció, sztereospecifikus



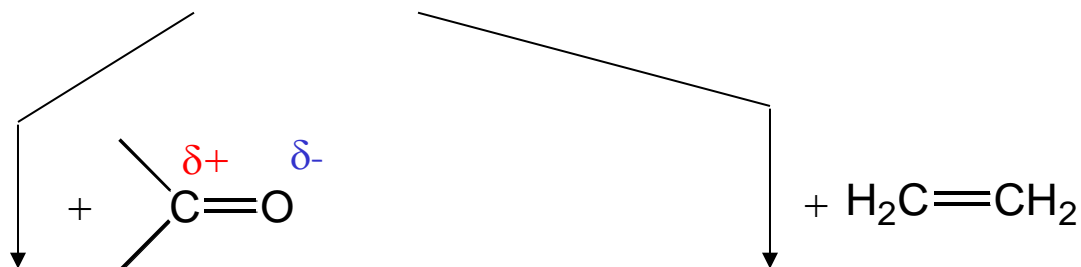
## 2. Ionos addíció

Reagens heterolízise

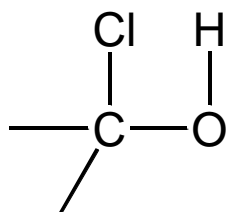


nukleofil

elektrofil



### 2.2. Nukleofil addíció



$\alpha$ -Cl-hidrin

Támadási pont:

**Elektronzegény,**  
elektronhiányos centrum

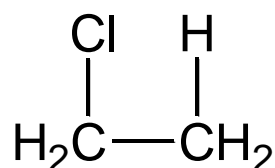
[pl. kation, részleges  
töltéshiány]

Példa: oxovegyületek

karbonsavak

aromás (hetero is)

### 2.1 Elektrofil addíció



etil-klorid

Támadási pont:

**Elektrongazdag** centrum

[pl. nemkötő elektronpár,  
 $\pi$ -kötésrendszer]

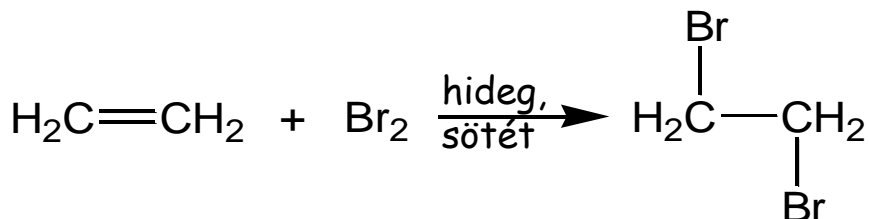
Példa: olefinek

acetilének

## 2.1. Elektrophil addíció Ad<sub>E</sub>

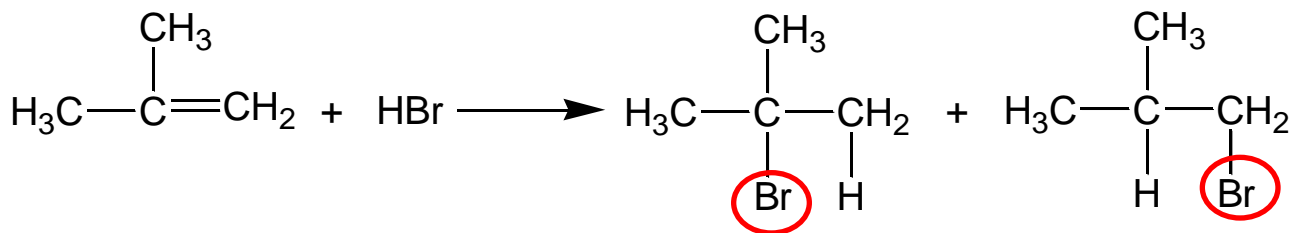
Példa:

(a)



1,2-dibróm-etán

(b)



2-metil-propén

2-bróm,2-metil propán

1-bróm,2-metil  
propán

(99%)

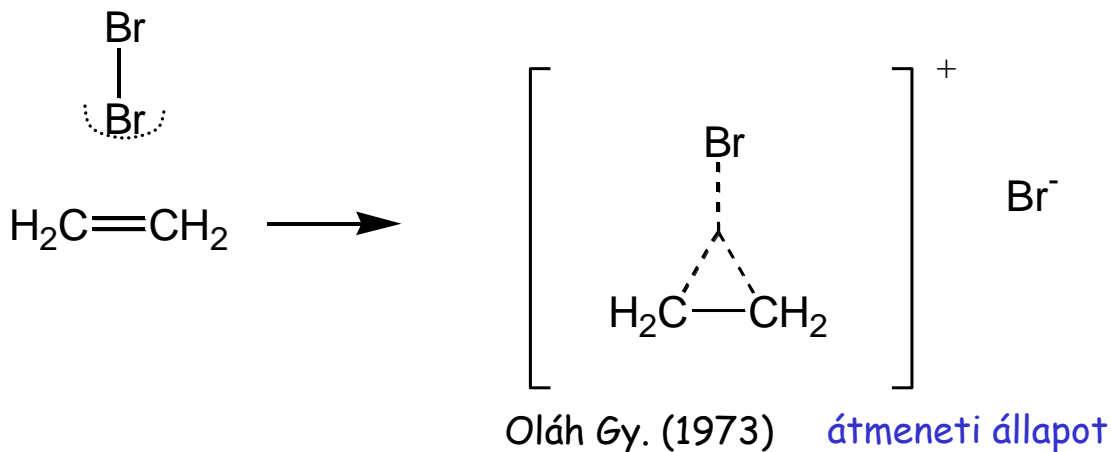
(1%)

### Markovnyikov-szabály (1869)

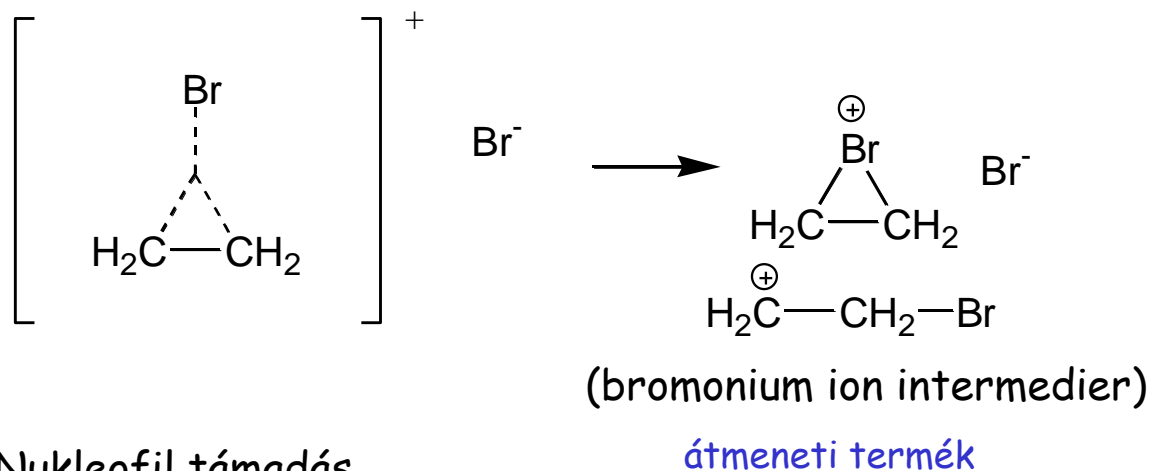
Ha egy C-C telítetlen kötésre **HX sav** adicionálódik, a proton (H<sup>+</sup>) ahhoz a C-atomhoz kapcsolódik, amelyhez már eredetileg is több H-atom tartozott.

① Elemi lépések 1,2 elektrofil; 3 nukleofil

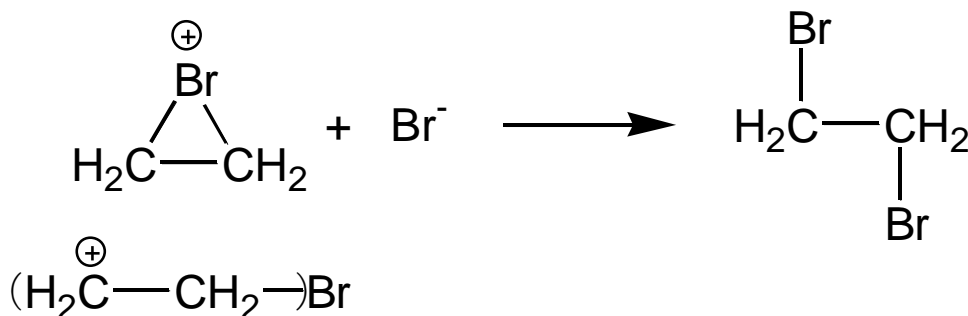
1.  $\pi$ -komplex képződése



2.  $\sigma$ -komplex képződése



3. Nukleofil támadás

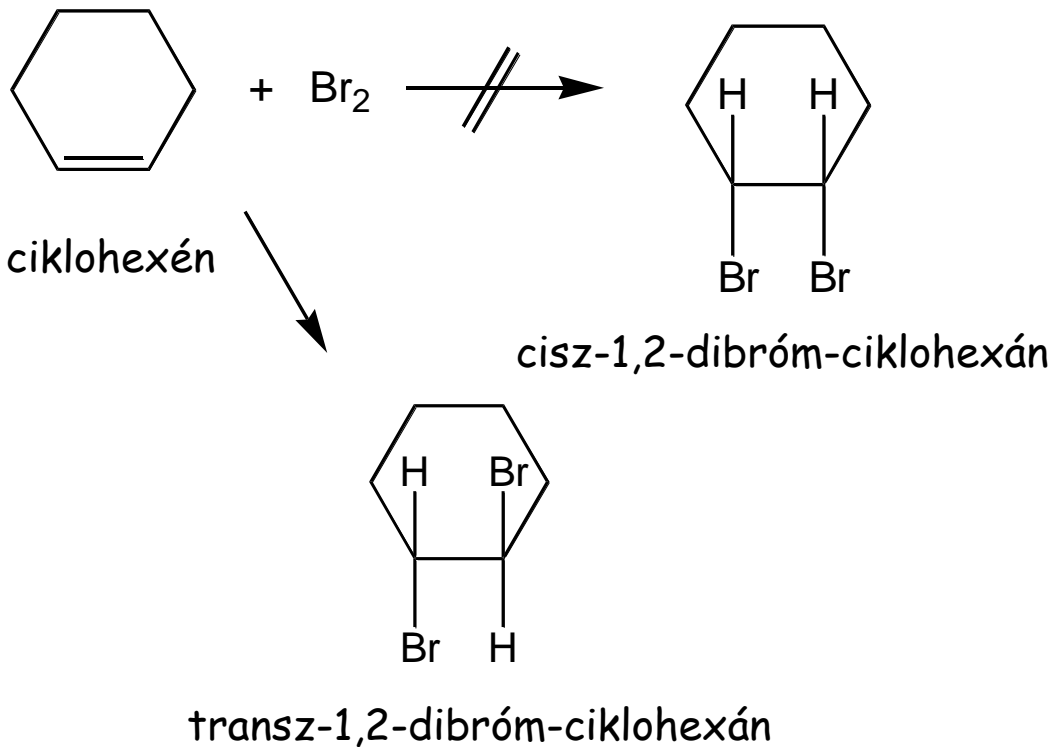


Sztereomechanizmus  $\text{transz addíció}$ , sztereospecifikus,  
Bizonyítás: ciklohexén +  $\text{Br}_2$

# Sztereomechanizmus

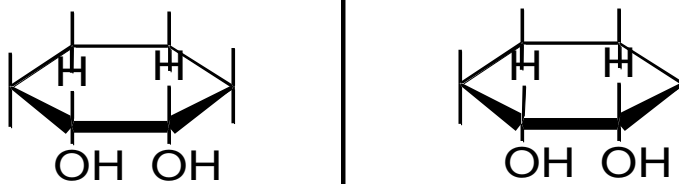
# Transz

Példa:

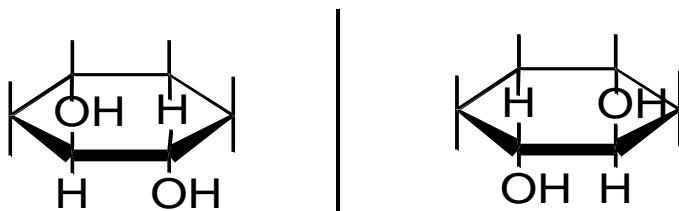


## Megjegyzés

cisz



transz

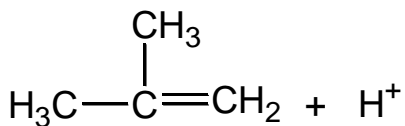


tükörképi pár

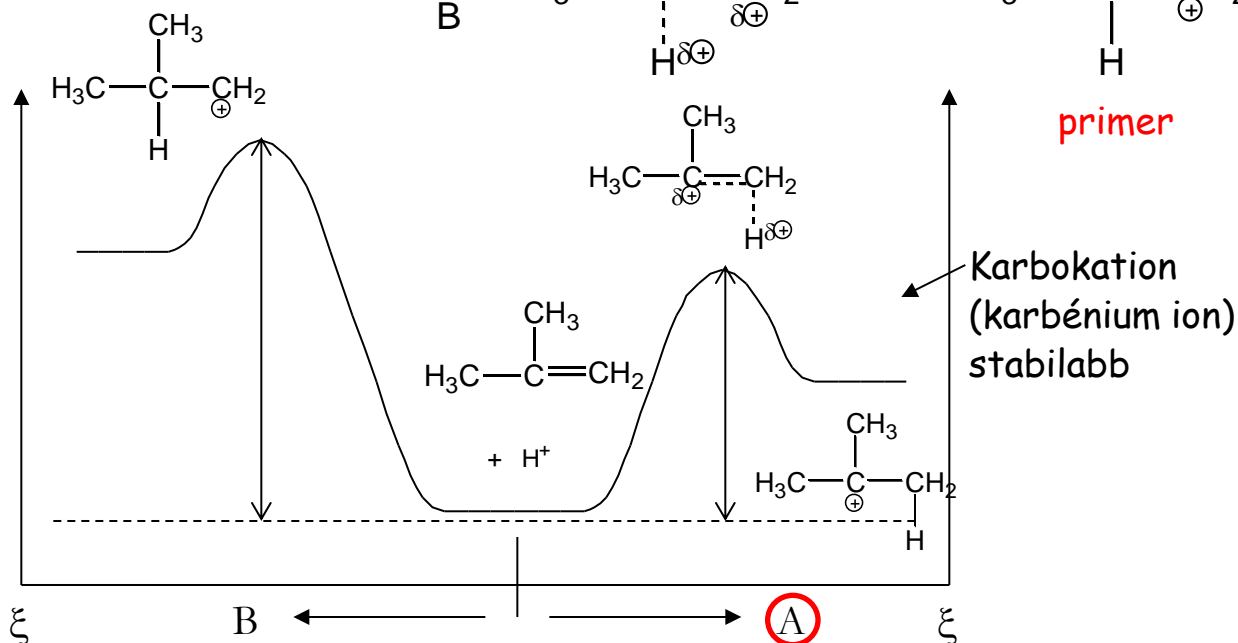
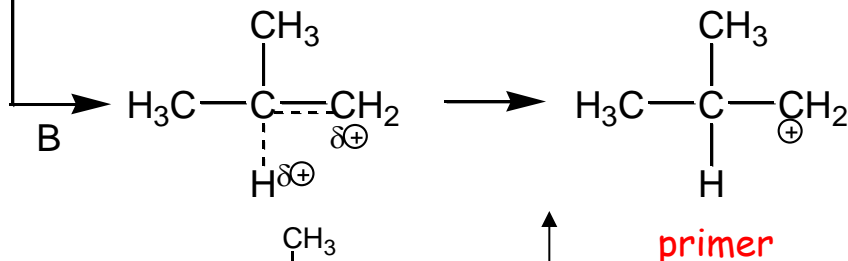
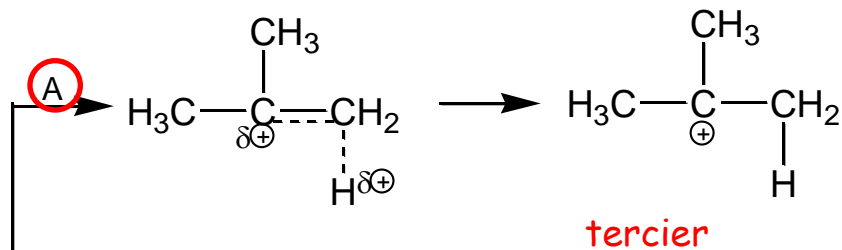


## ② Elemi lépések

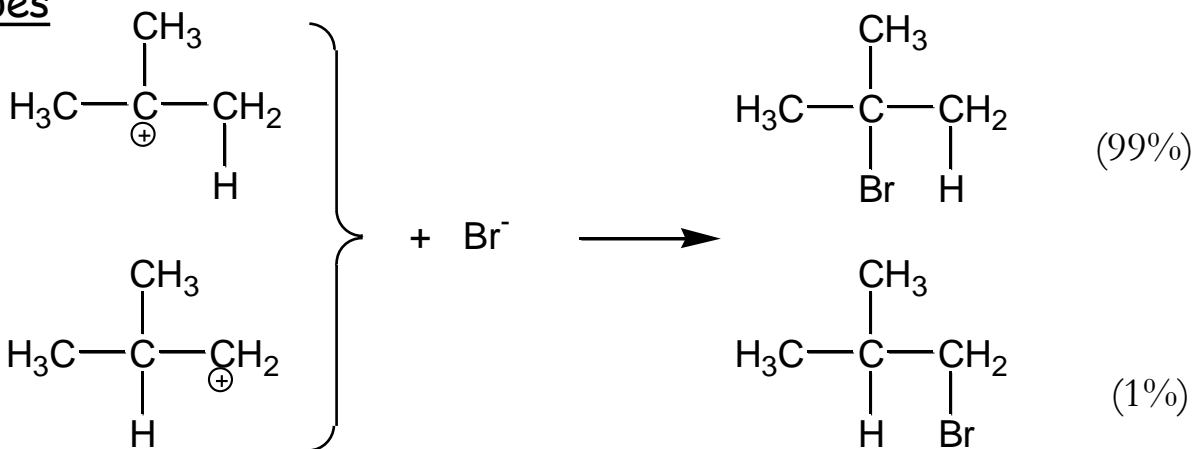
### 1. lépés



2-metil-propén



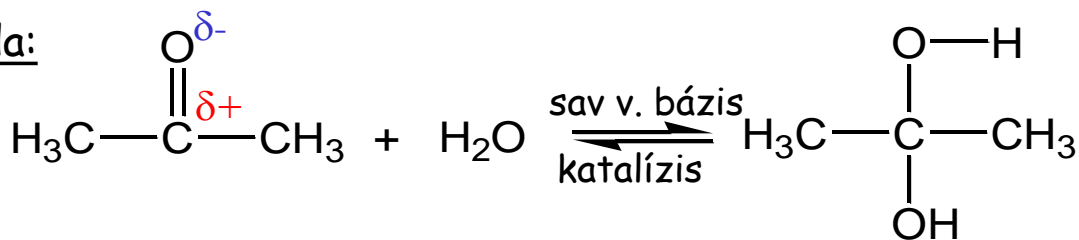
### 2. lépés



A proton az alacsonyabb rendű C-atomhoz kapcsolódik, mert így a stabilisabb (magasabb rendű) karbokation jön létre.

## 2.2. Nukleofil addíció Ad<sub>N</sub>

Példa:



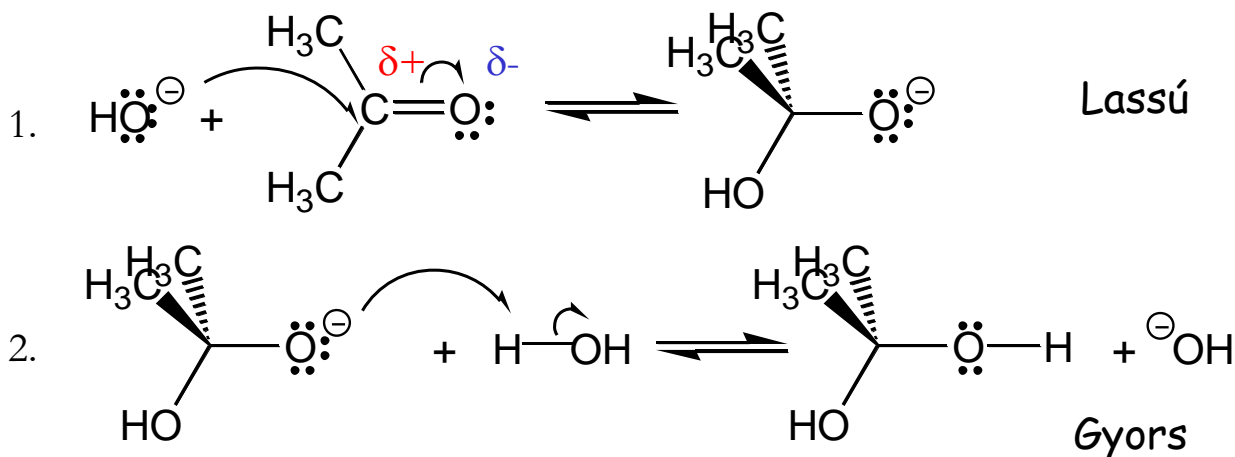
propanon  
(aceton)

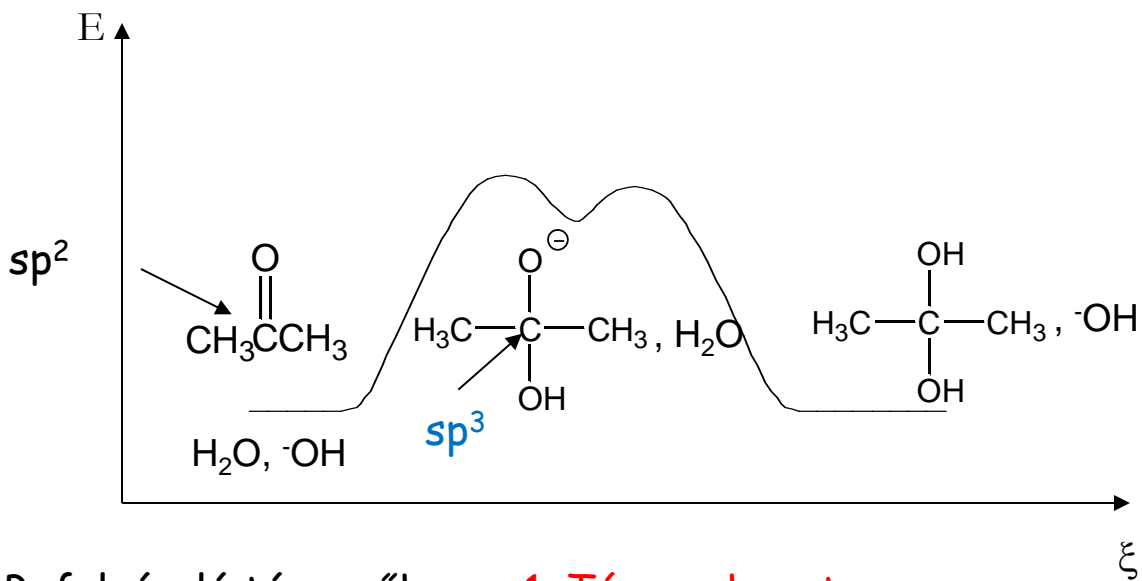
propán-2,2-diol  
(aceton-hidrát)

$$K = \frac{[\text{hidrát}]}{[\text{aceton}][\text{víz}]}$$

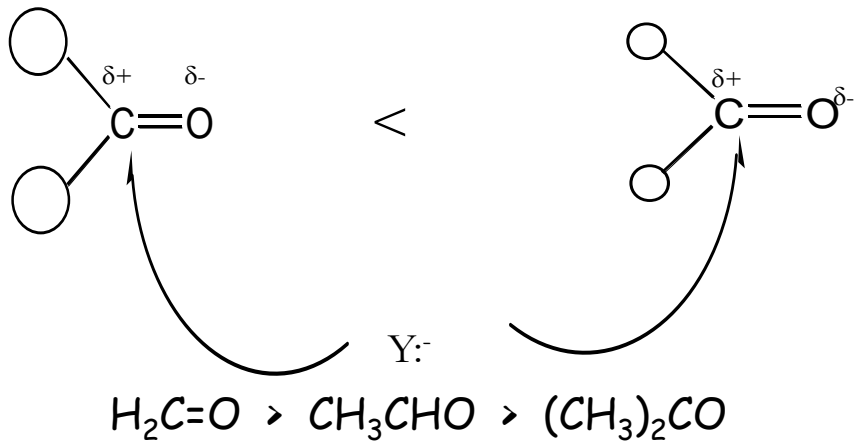
Oxovegyület	hidrát	K	konverzió [%]
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HCH} \end{array}$	$\text{CH}_2(\text{OH})_2$	41	99,96
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CH} \end{array}$	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})_2$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	50
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3\text{CCH}_3 \end{array}$	$(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})_2$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,14

### Elemi lépések (bázis katalízis)

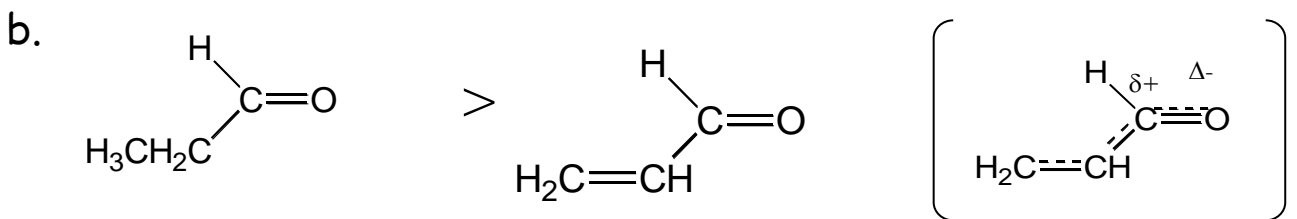
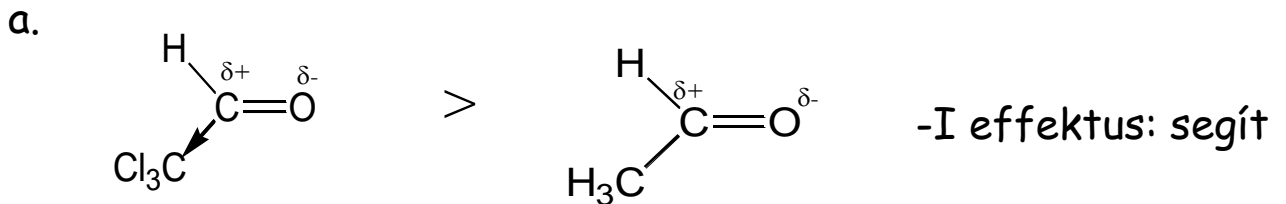




Befolyásoló tényezők: **1. Térszerkezet**



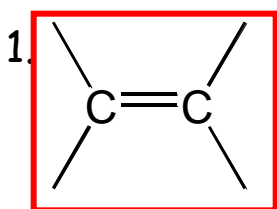
**2. Elektronszerkezet**



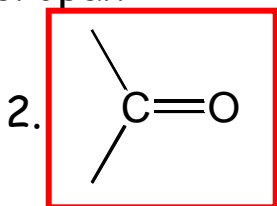
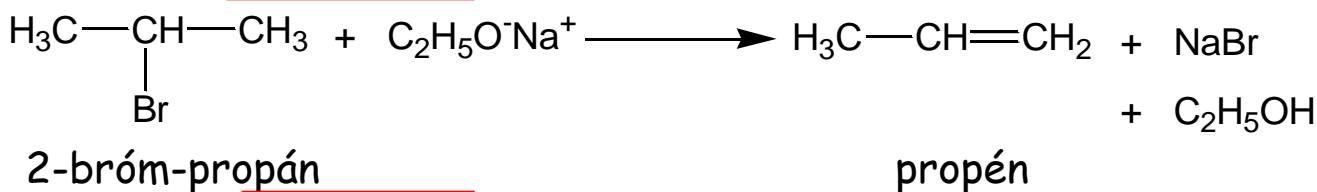
## 18. Elimináció (E)

**Definíció:** A reakcióban résztvevő molekulából egy vagy több atom(csoport) lép ki kisebb molekulát képezve, a visszamaradó rész kisebbé válik.

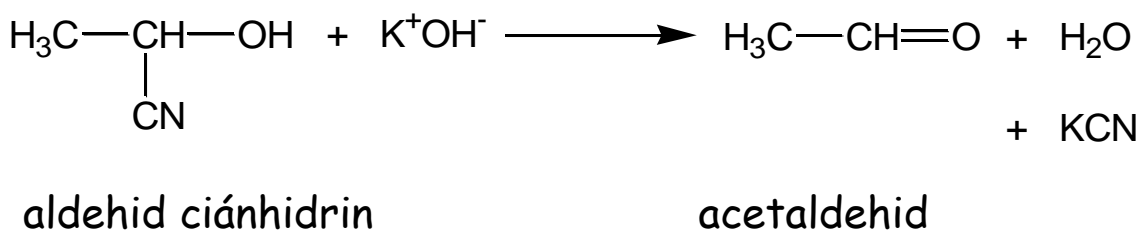
### 1. Felosztás: A. Termék szerint



olefinképződéshez vezető



karbonilképződéshez vezető

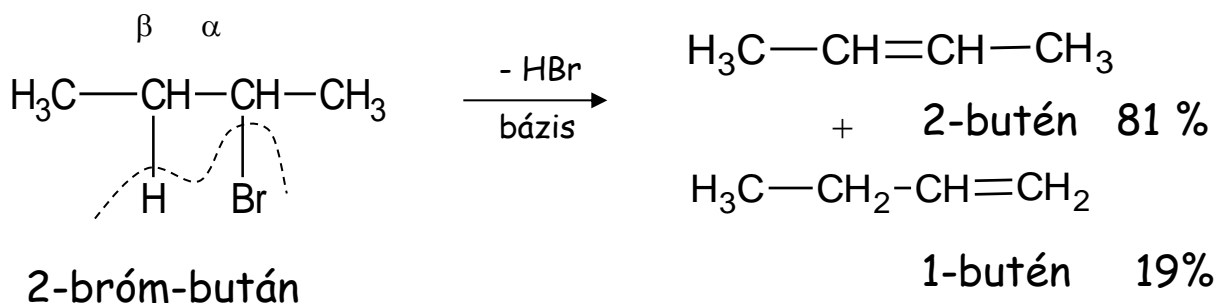


### B. Reakciócentrum szerint

1.  $\beta$ -elimináció [1,2 elimináció] - egymás melletti atomokról
2.  $\alpha$ -elimináció [1,1 elimináció] - azonos atomról
3.  $\gamma$ -elimináció [1,3 elimináció]

## 2. $\beta$ - vagy 1,2 elimináció

Példa: [alkil-halogenid]

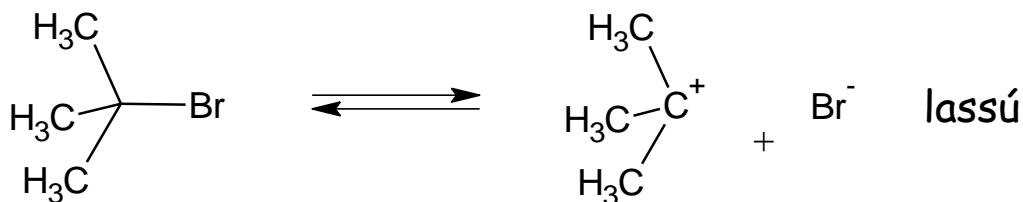


[Zajcev-szabály, 1875]

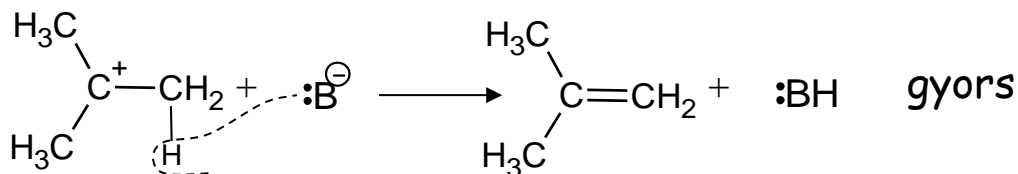
.....amelyiken kevesebb van

Alaptípusok

E1 heterolízis



*tert*-butil-bromid



Két lépéses, monomolekulás

Átmeneti termék

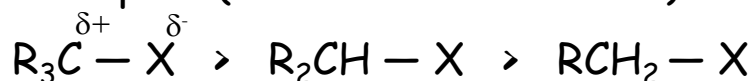
Konkurrens reakció:  $S_N1$

$v = k[\text{szubsztrát}]$

# Az E1 sebességet befolyásoló tényezők

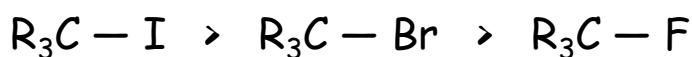
## 1. A szubsztrát szerkezete

### 1.1. Az alkil csoport (karbokation stabilitás)



### 1.2. A halogén atom (távozó csoport)

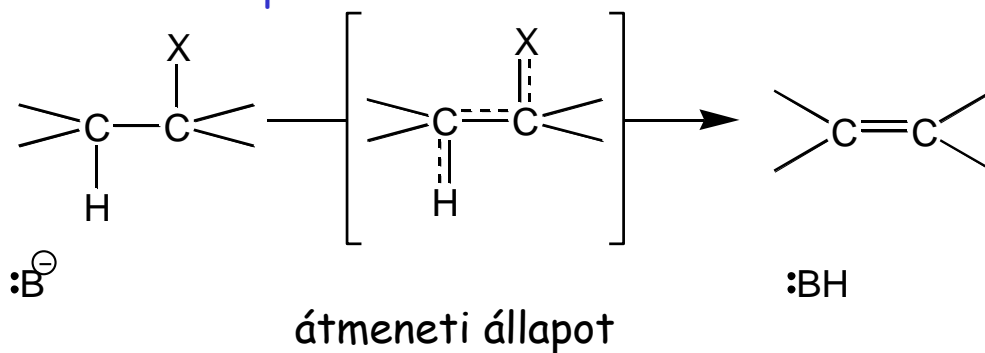
(C-X kötéserősség - fordított)



## 2. Az oldószer

### Alaptípusok

### E2 átmeneti állapot



Egylépéses, bimolekulás

Átmeneti állapot

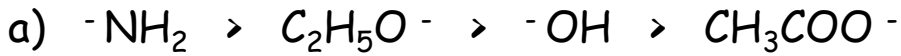
$v = k[\text{bázis}][\text{szubsztrátum}]$

Konkurrens reakció:  $S_N2$

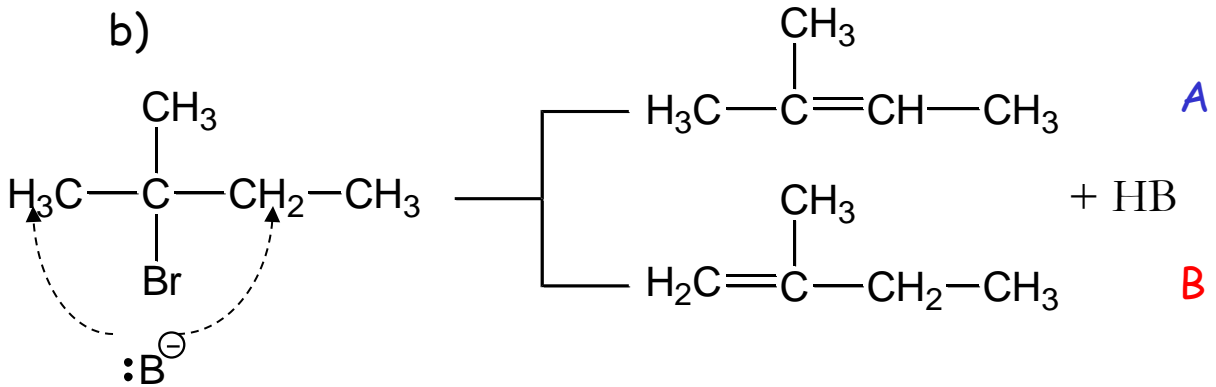
## Az E2 sebességet befolyásoló tényezők

### 1. A szubsztrát szerkezete [ld. E1]

### 2. A reaktáns bázicitása, térigénye



b)



2-bróm,2-metil bután  
BÁZIS (B)

2-metil-2-butén

2-metil-1-butén

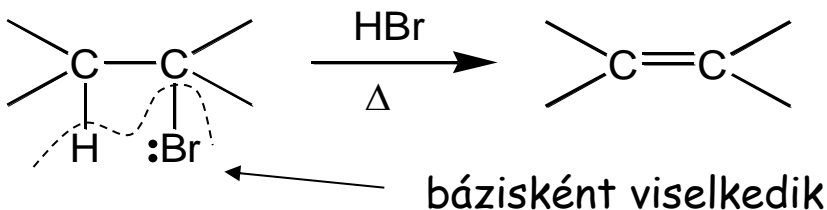
A

[%]

B

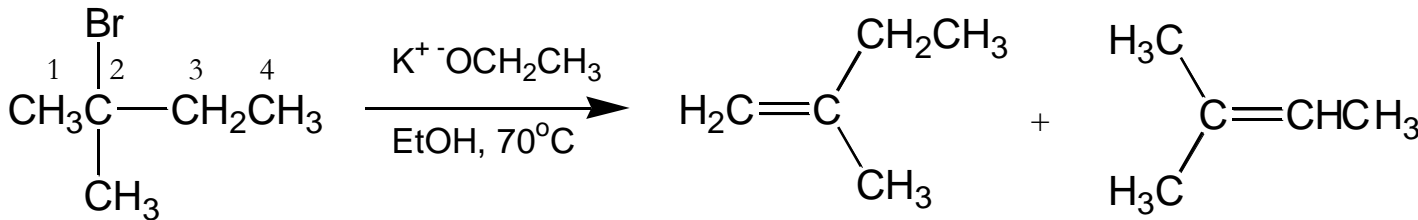
BÁZIS (B)	A	[%]	B
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{O}^\ominus$	70		30
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{O}^\ominus \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	22,5		77,5
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_3\text{C}-\text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{O}^\ominus \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	11,5		88,5

### Termikus elimináció



## Sztereomechanizmus

1.



2-bróm,2-metil-bután

29%

2-metil-1-butén

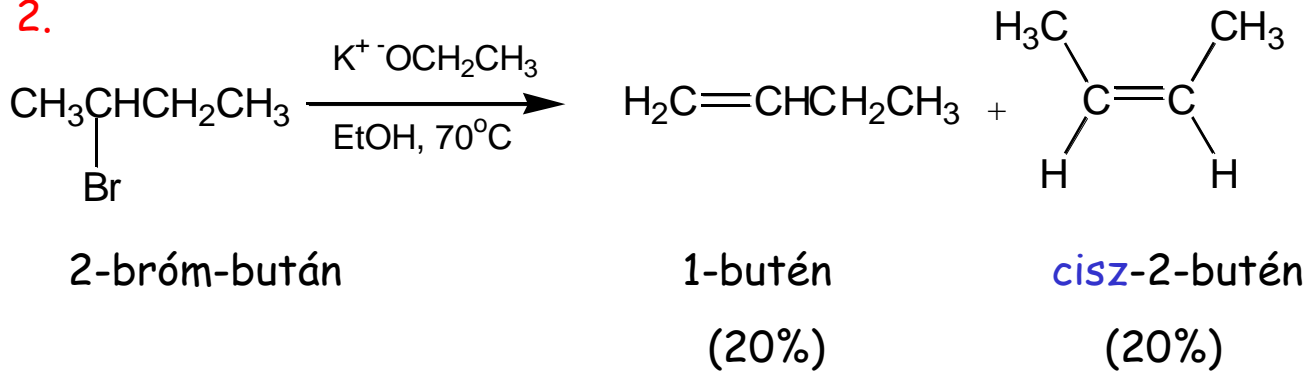
71%

2-metil-2-butén

Regioszelektivitás: 2,3 C-C > 1,2 C-C

Zajcev-szabály (1875): A proton arról a C-atomról hasad le, amelyen eleve kevesebb volt.

2.



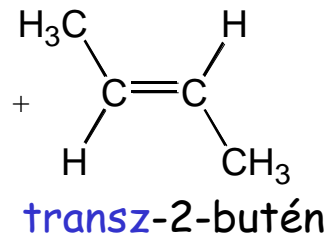
2-bróm-bután

1-butén

(20%)

cisz-2-butén

(20%)



transz-2-butén

(60%)

Sztereoszelektivitás:

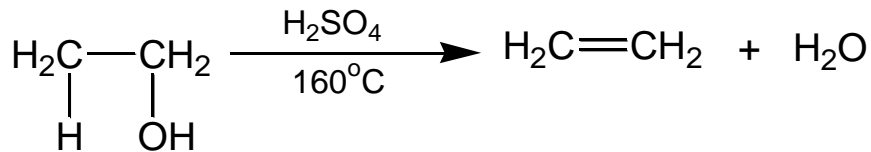
A stabilabb transz termék lesz a fő komponens.

[Egyik sztereoizomer képződése preferált.]



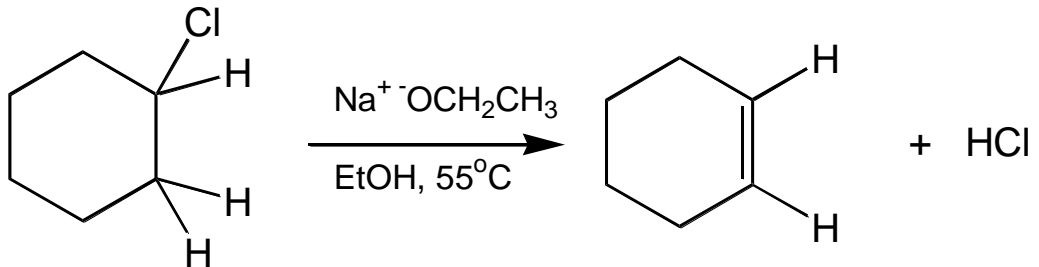
## Alkohol dehidratálása

SAV katalizis!



## Alkil-halogenidek dehidrohalogénezése

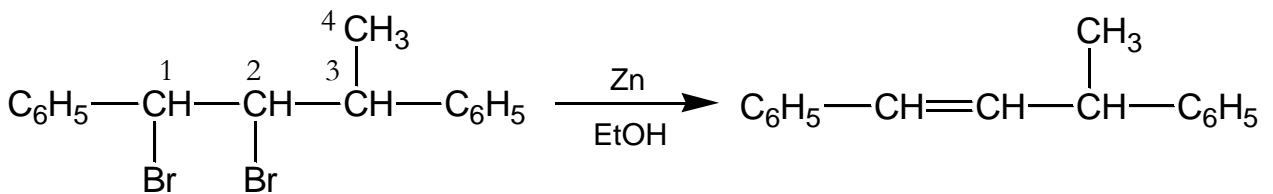
BÁZIS katalizis!



ciklohexil-klorid

ciklohexén

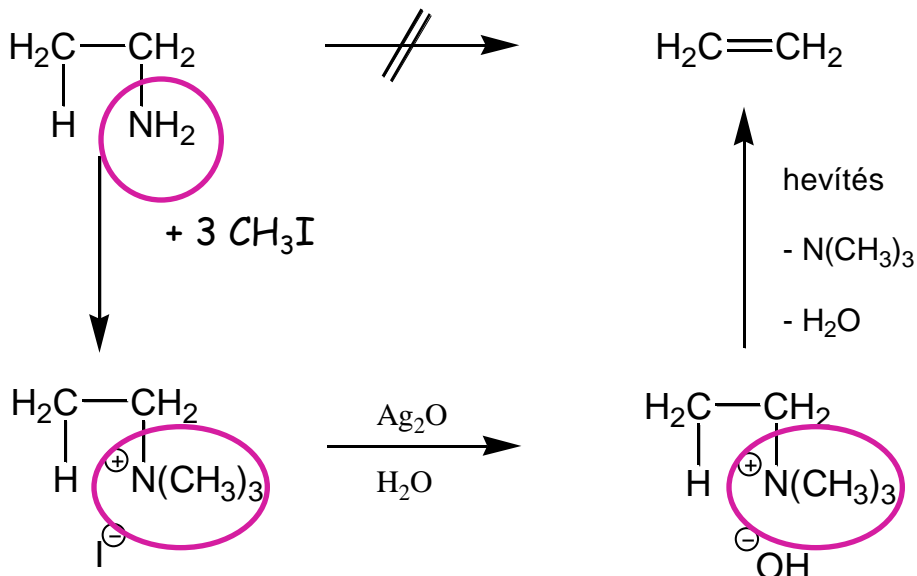
## Vicinális dihalogenidek



1,2-dibróm-1,3-difenil-bután

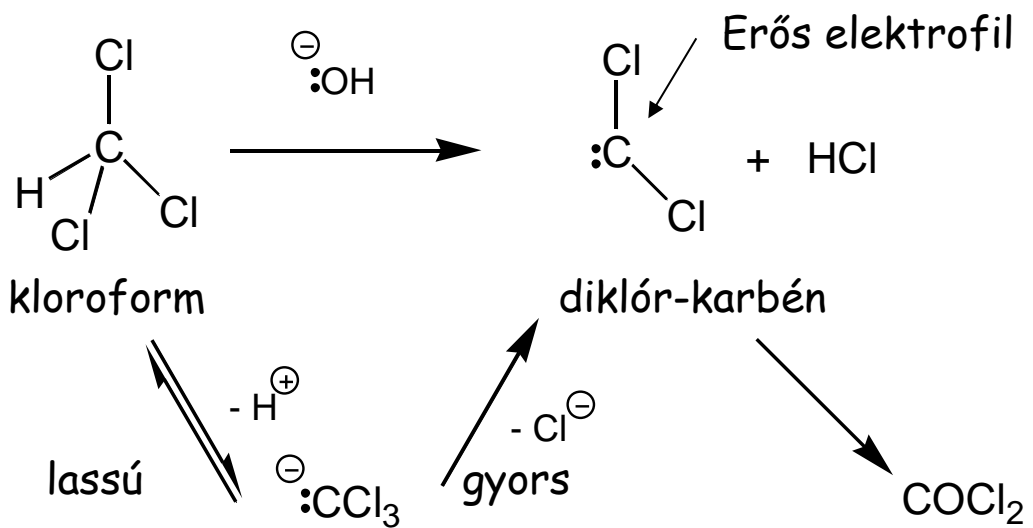
1,3-difenil-1-butén

## Hofmann-elimináció (~1850)



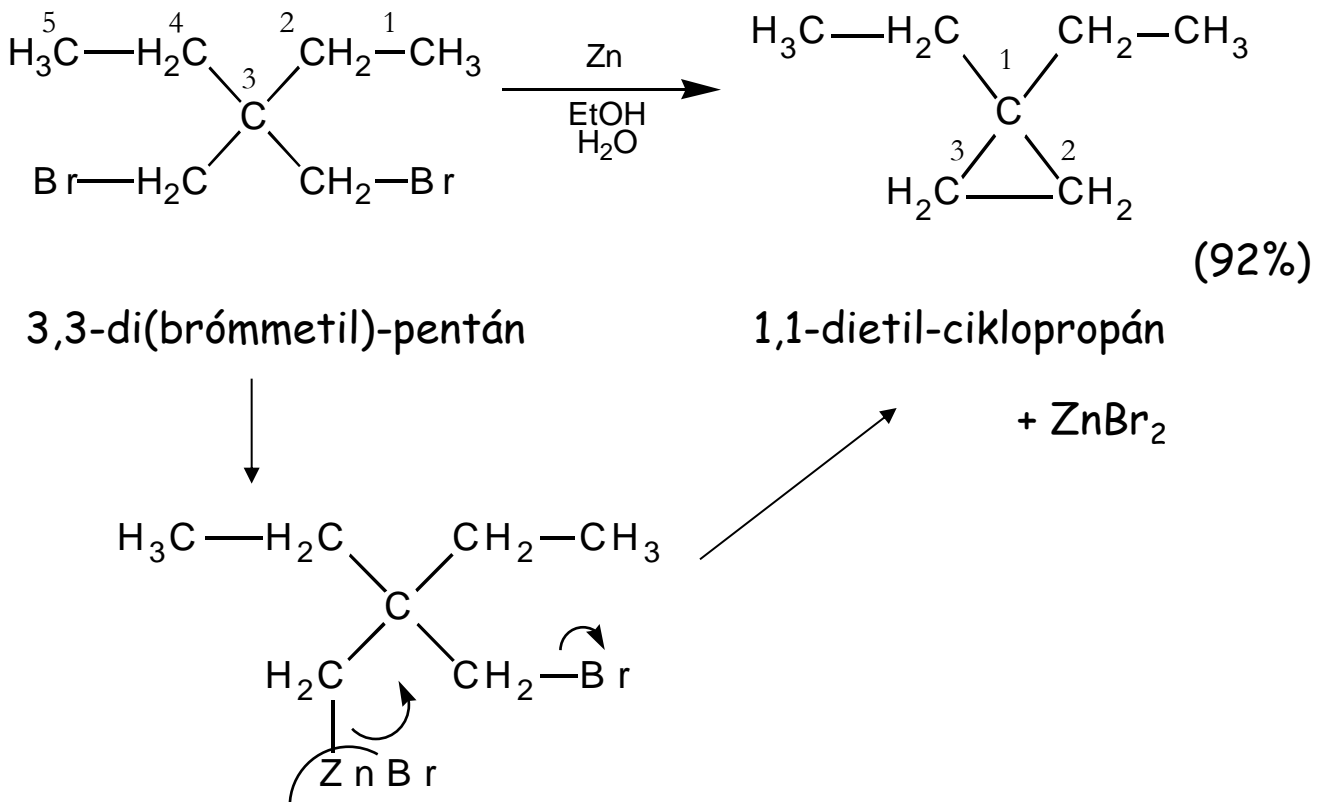
### 3. $\alpha$ - vagy 1,1 - elimináció

Példa: [polihalogének]



### 4. $\gamma$ - vagy 1,3 - elimináció

Példa: [polihalogének]





Dimitrov I. Mengyelejev (1834-1907, Pétervár)

Vlagyimir V. Markovnyikov (1838-1904, Pétervár)

Alexander P. Borogyin (1833-1887, Pétervár)

Friedrich Beilstein (1838-1906, Pétervár), Mengyelejev utóda