

# A SZÁMÍTÓGÉPES CHIPEK GYÁRTÁSÁNAK ALAPJAI

SZILICIUM

+

FOTOREZISZT POLIMEREK

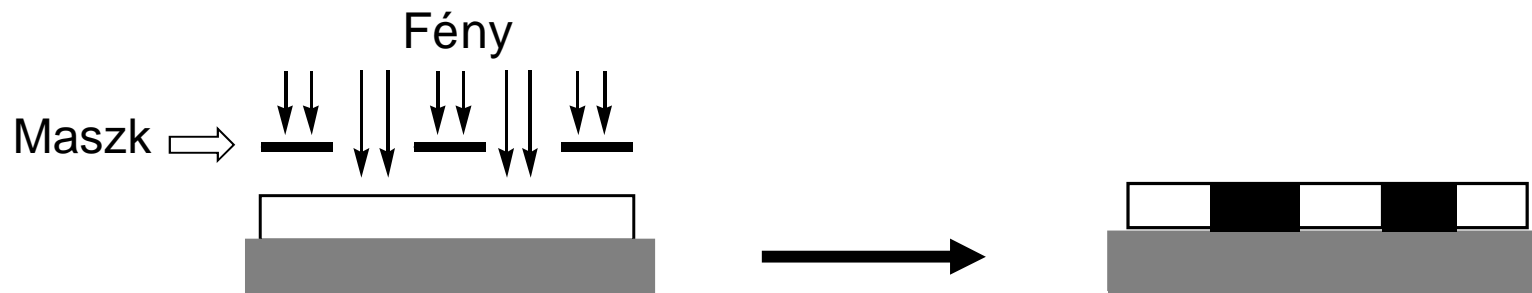
# A FOTOLITOGRÁFIA ALAPJAI (1)

## JELENTŐSÉGE: ERRE AZ ELJÁRÁSRA ÉPÜL A SZÁMÍTÓGÉP CHIPEK GYÁRTÁSA

1. Szubsztrát (pl. szilícium lapocska) bevonása sugárzásra (UV-, röntgen-, gamma-, elektron-, ion-sugarakra) érzékeny polimerrel

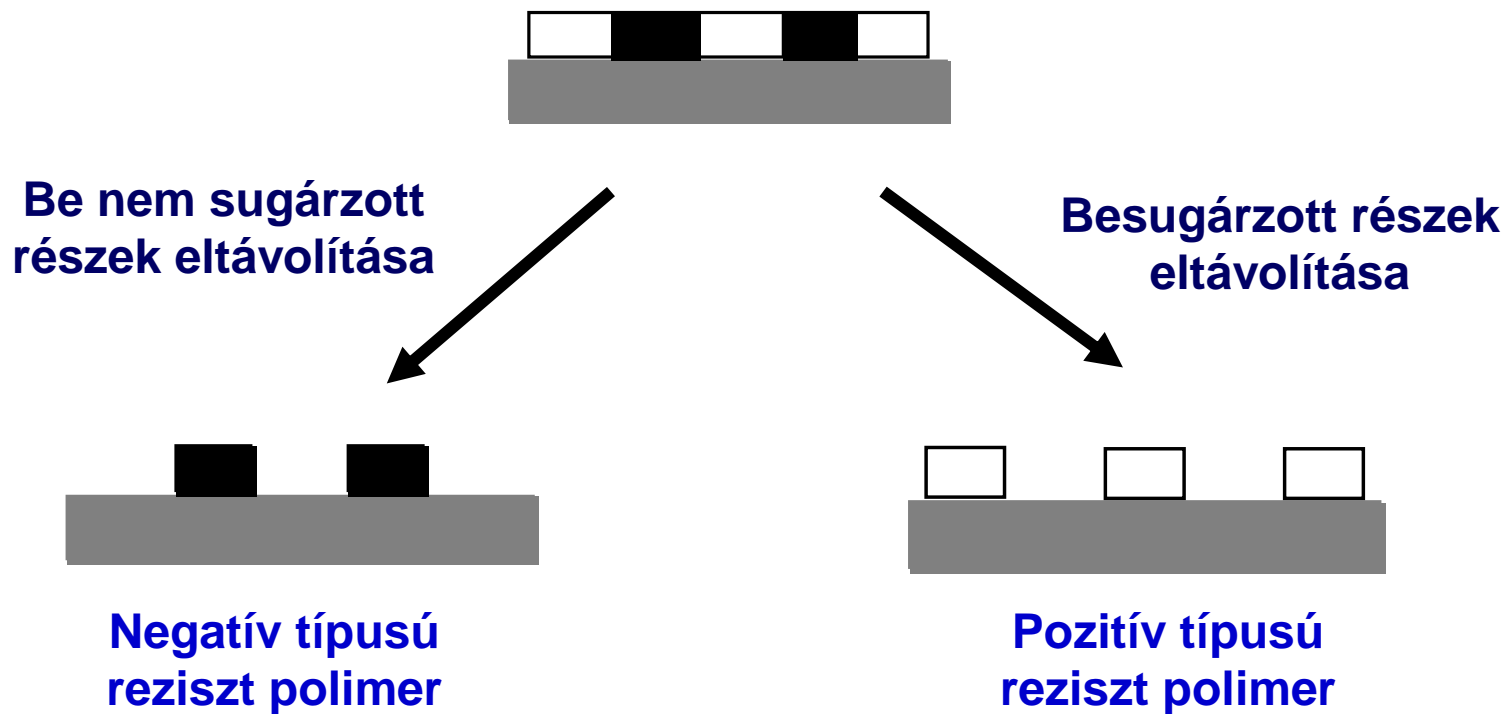


2. A polimer réteg besugárzása egy mintázott maszkon keresztül → kémiai reakció (térhálósodás, bomlás, átrendeződés stb.)



# A FOTOLITOGRÁFIA ALAPJAI (2)

## 3. A besugárzott vagy a be nem sugárzott részek eltávolítása szelektív oldószerrel



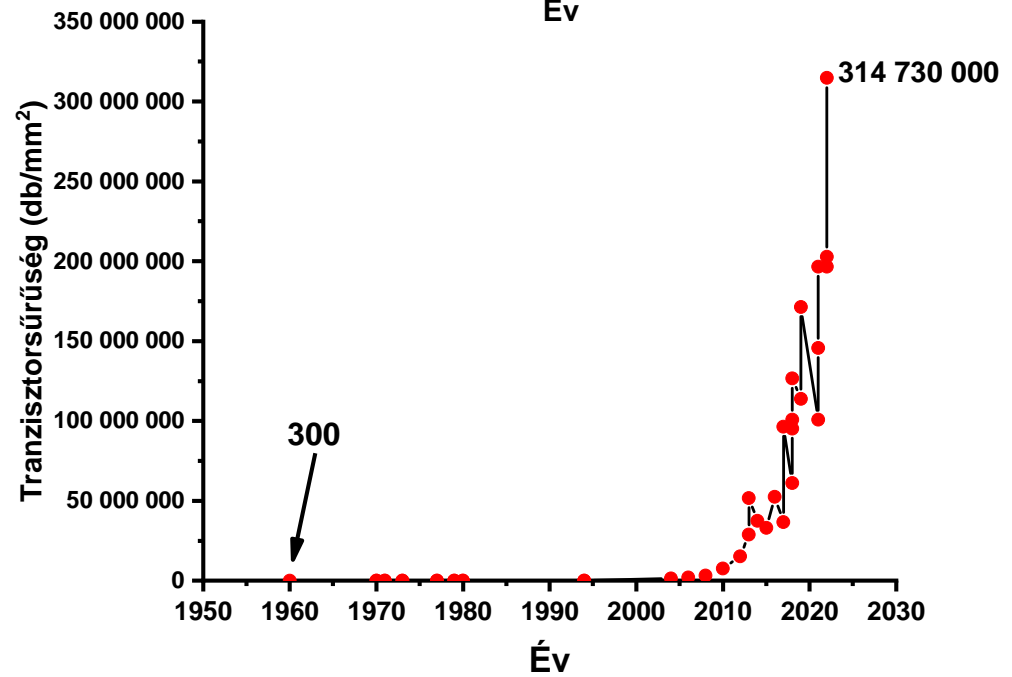
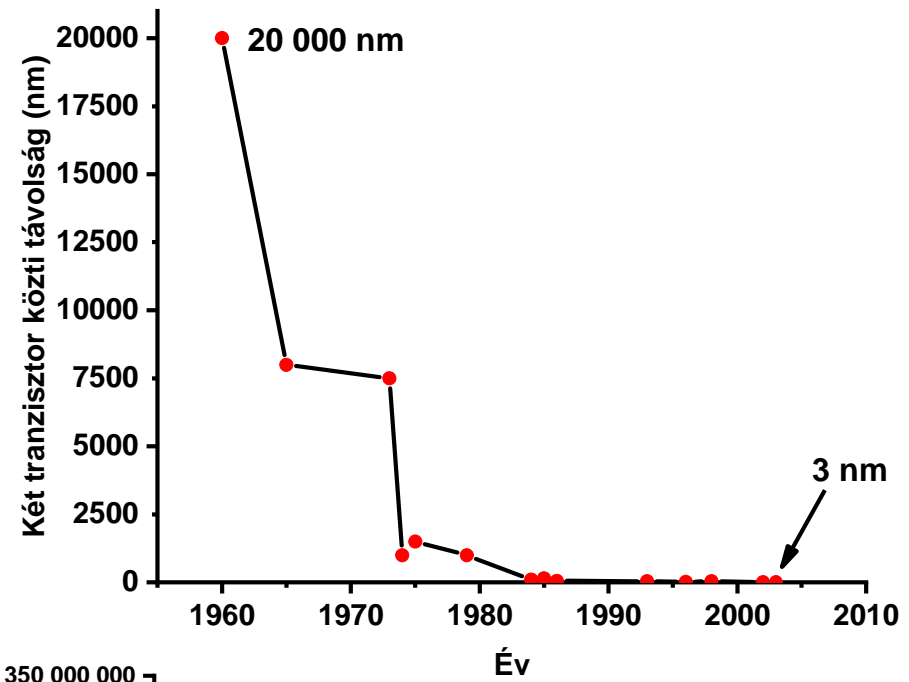
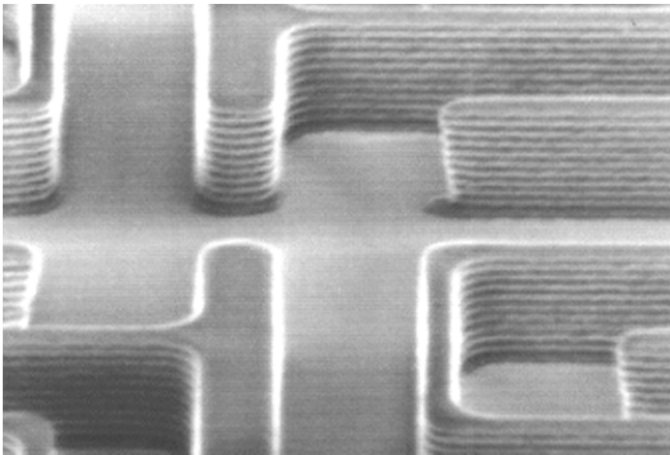
# A MINTÁZOTT RÉTEGGEL BEVONT SZUBSZTRÁT TOVÁBBALKÍTÁSA

## 4a. Doppolás: szennyező anyag bevitele

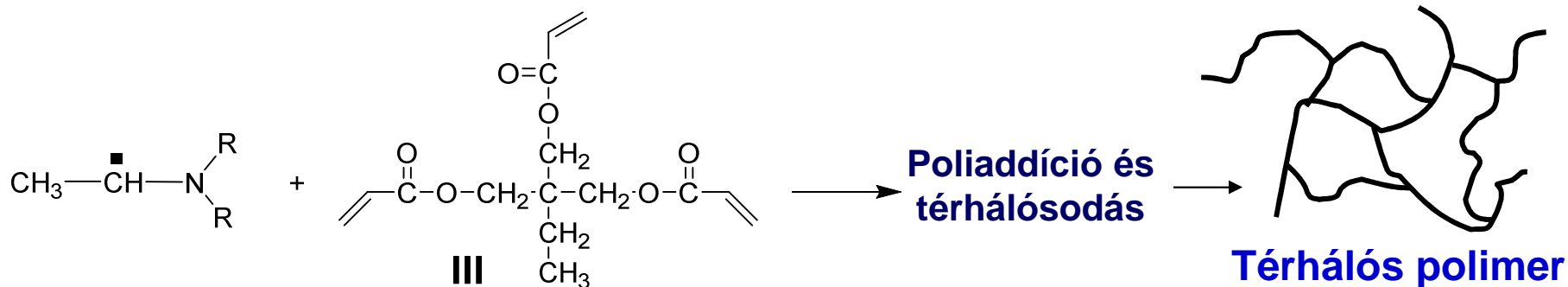
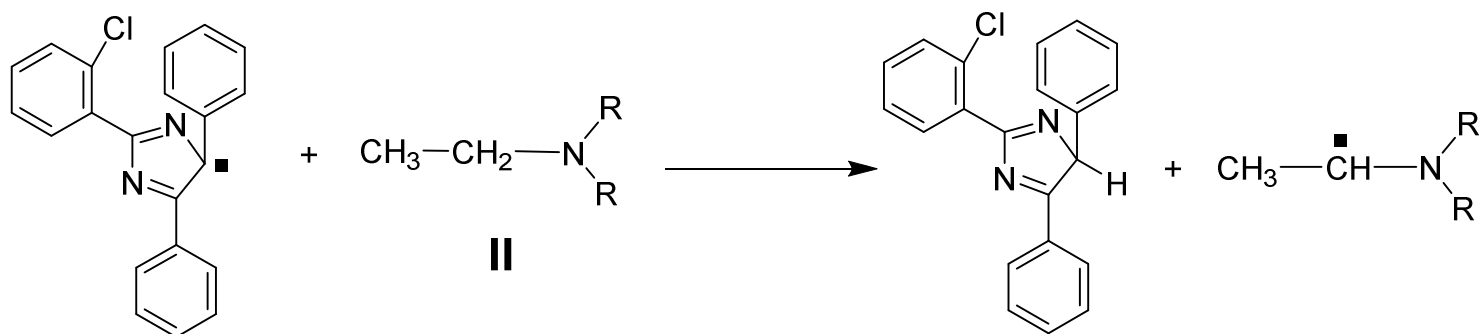
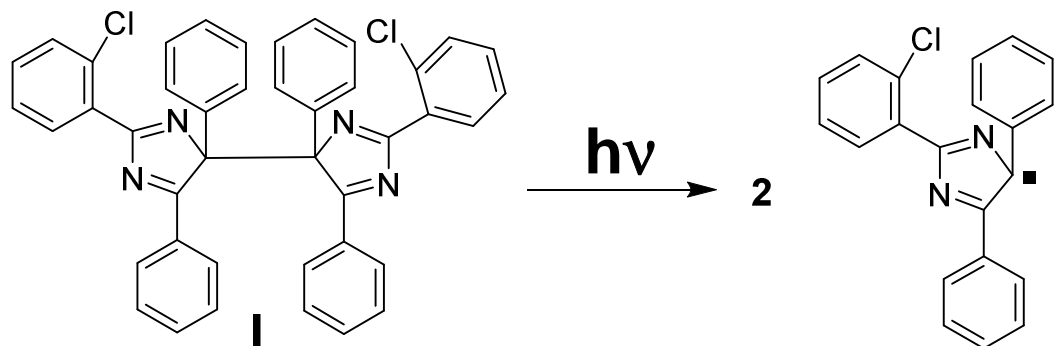


## 4b. Maratás

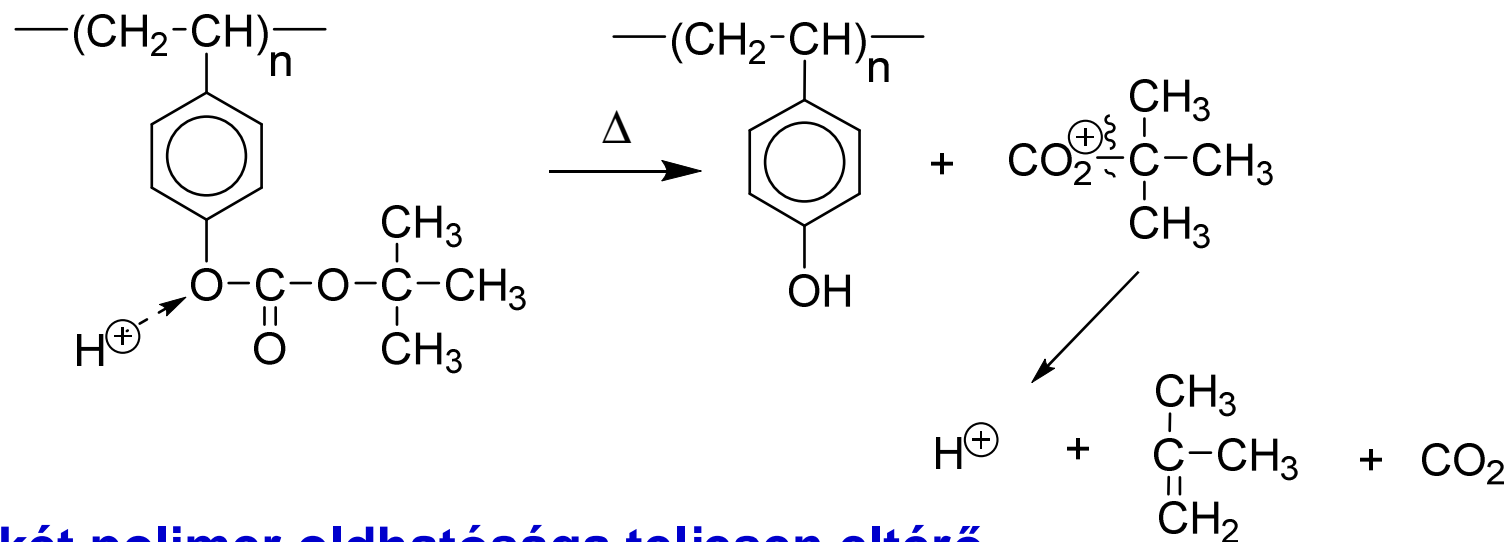
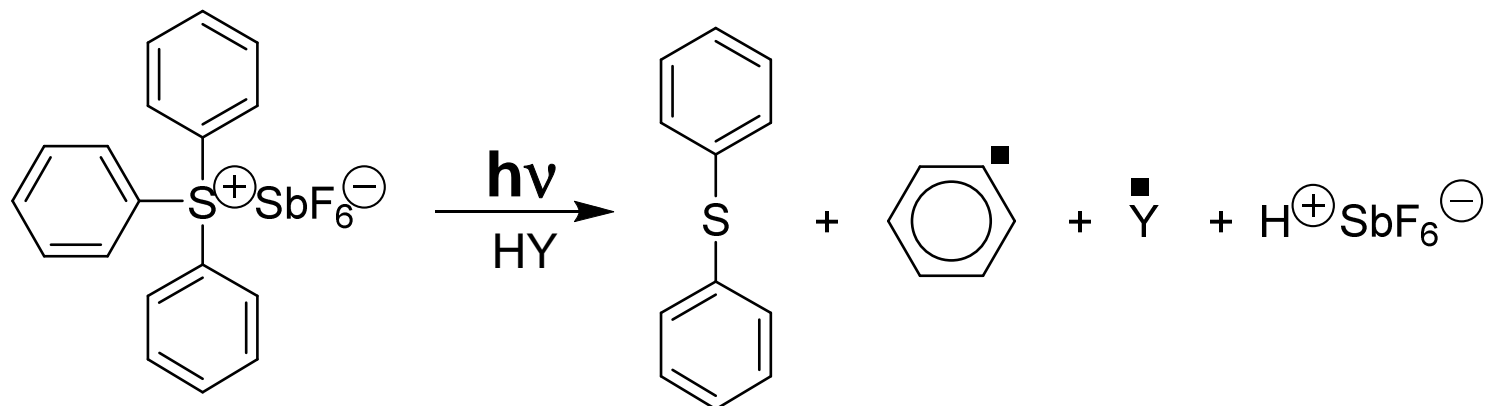




# PÉLDA FOTOÉRZÉKENY ANYAGRA (1)



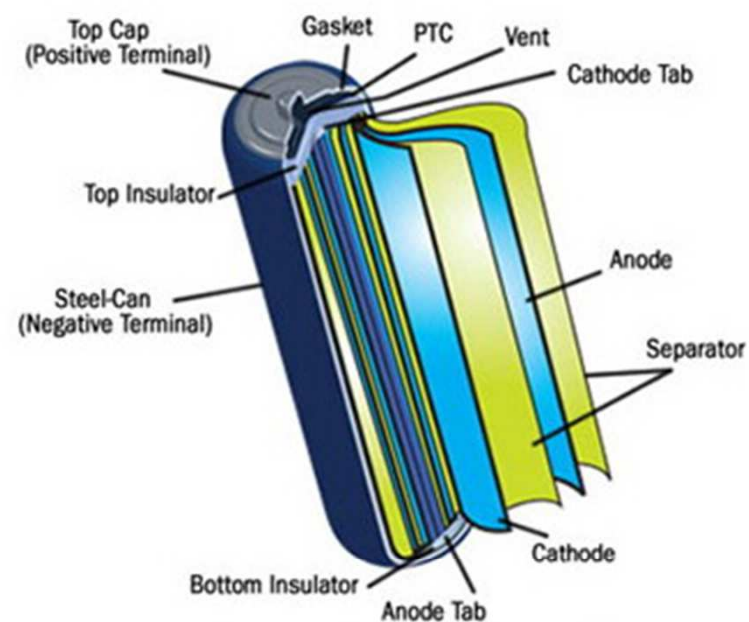
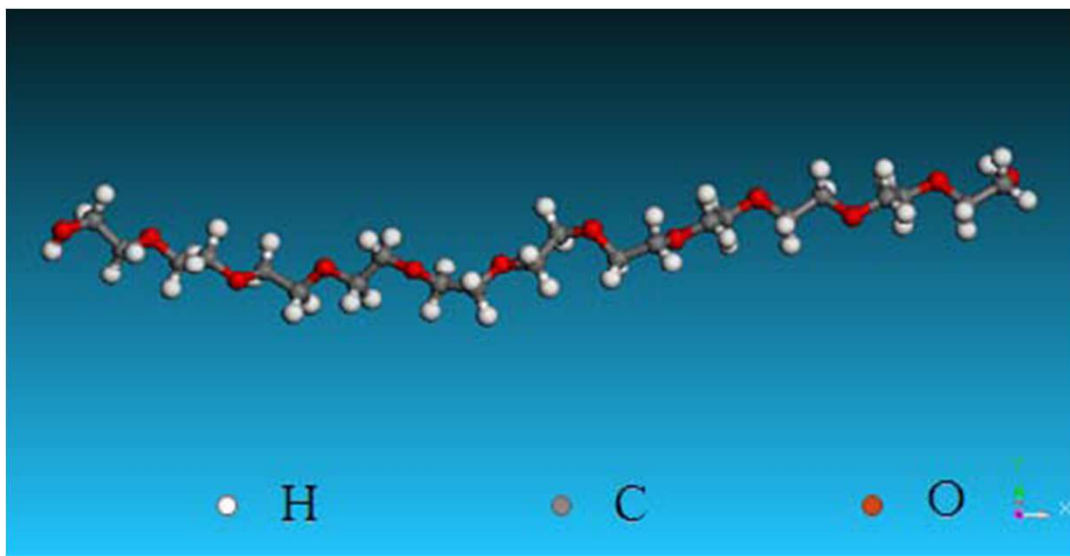
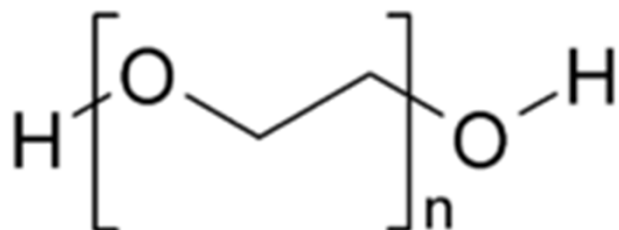
## PÉLDA FOTOÉRZÉKENY ANYAGRA (2)



## A két polimer oldhatósága teljesen eltérő.

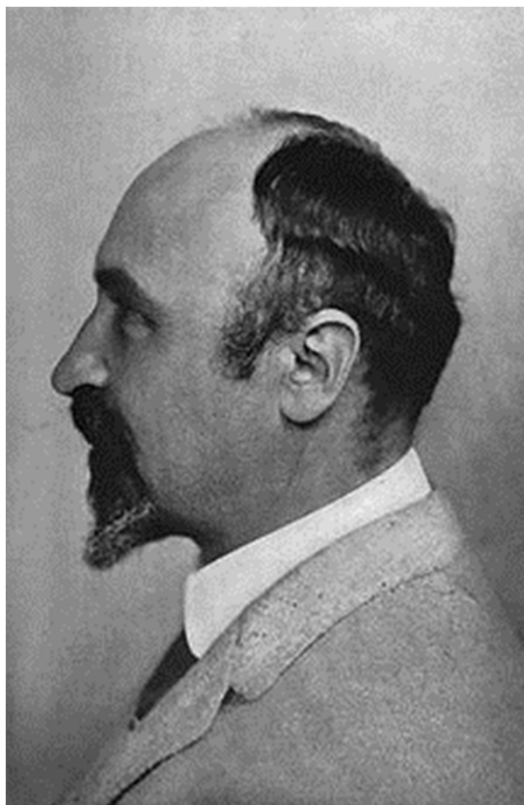
# POLI(ETILÉN-OKSID)

## A LÍTIUM-IONOKAT VEZETŐ POLIMER



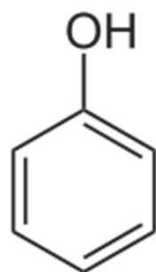


# BAKELIT (1907-1909) AZ ELSŐ NAGY MENNYISÉGBEN GYÁRTOTT ÉS ALKALMAZOTT SZINTETIKUS POLIMER



LEO H. BAEKELAND  
1863-1944

FENOL + FORMALDEHID = BAKELIT



+ HCHO → BAKELIT



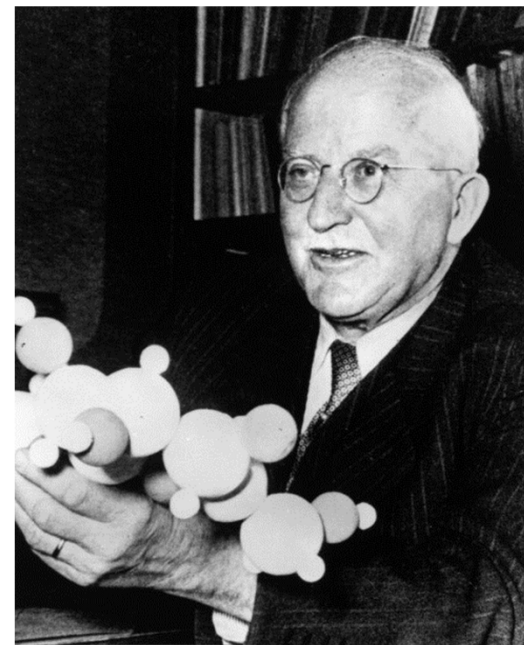
# POLIMEREK

**Kis molekulák (monomerek)  
összekapcsolódásával  
létrejövő makromolekulák.**

**Monomerek:** ● ● ● ●

## Polimerek:

**HERMANN  
STAUDINGER  
1881-1965**



## NOBEL-DÍJ 1953

## Homopolimer



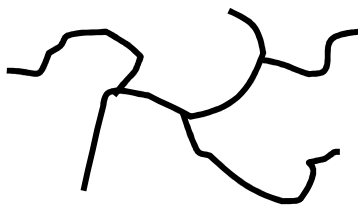
## Random kopolimer



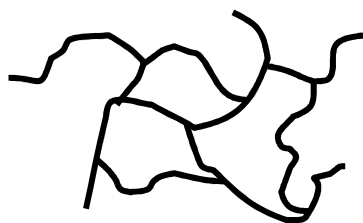
## Alternáló kopolimer



## Blokk-kopolimer



## Elágazó polimer



## Térhálós polimer

SOKFÉLE SZERKEZETI  
KOMBINÁCIÓ,  
SOKFÉLE FUNKCIÓS  
CSOPORT LEHETŐSÉGE

# **POLIMER - MŰANYAG (DEFINICIÓK)**

## **POLIMEREK:**

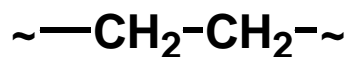
**ISMÉTLŐDŐ MOLEKULÁRIS EGYSÉGEKBŐL,  
MONOMER EGYSÉGEKBŐL  
FELÉPÜLŐ MAKROMOLEKULÁK**

## **MŰANYAGOK:**

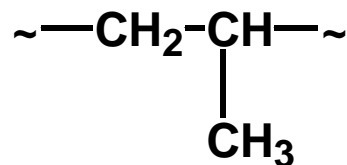
**POLIMEREK FELDOLGOZÁSÁVAL  
NYERT TERMÉKEK**

**("Kunststoff" fordítása terjedt el a magyar nyelvben)**

# ALAPVETŐ POLIMER SZERKEZETEK (1)



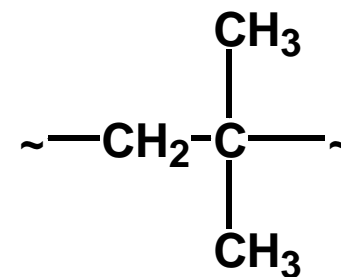
POLIETILÉN



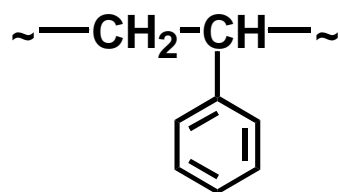
POLIPROPILÉN



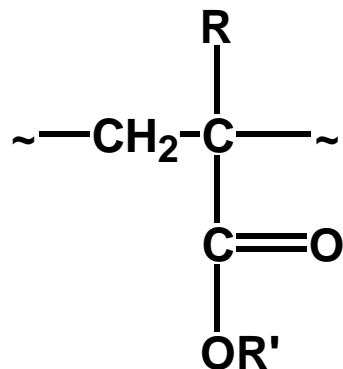
POLIBUTADIÉN



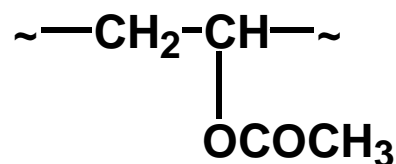
POLIIZOBUTILÉN



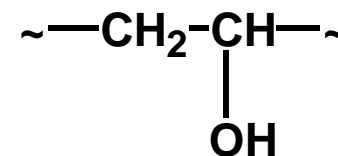
POLISZTIROL



POLI(MET)AKRILÁTOK

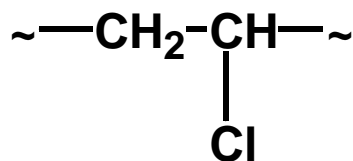


POLI(VINIL-ACETÁT)

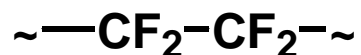


POLI(VINIL-ALKOHOL)

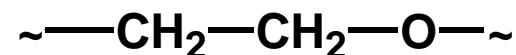
## ALAPVETŐ POLIMER SZERKEZETEK (2)



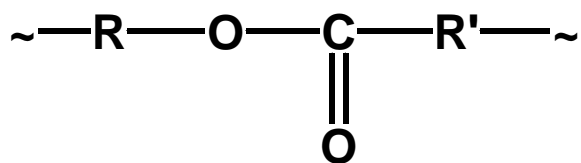
POLI(VINIL-KLORID)



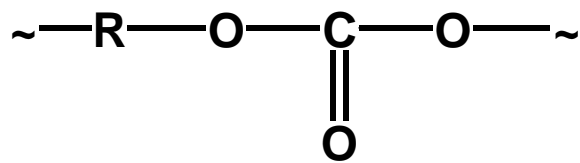
POLI(TETRAFLUOR-ETILÉN)



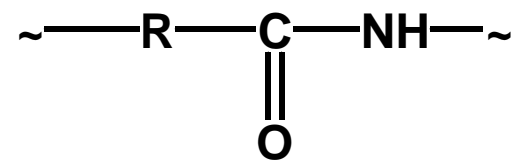
POLI(ETILÉN-OXID)



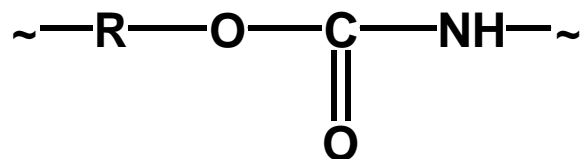
POLIÉSZTEREK



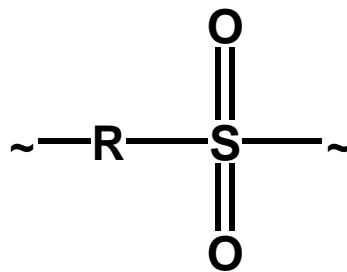
POLIKARBONÁTOK



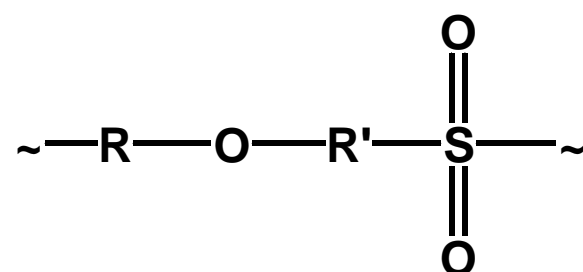
POLIAMIDOK



POLIURETÁNOK



POLISZULFONOK



POLI(ÉTER-SZULFON)OK

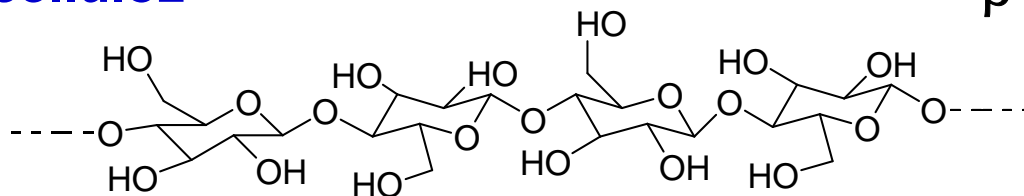
# CSOPORTOSÍTÁS

## TERMÉSZETES POLIMEREK

Ismétlődő egység

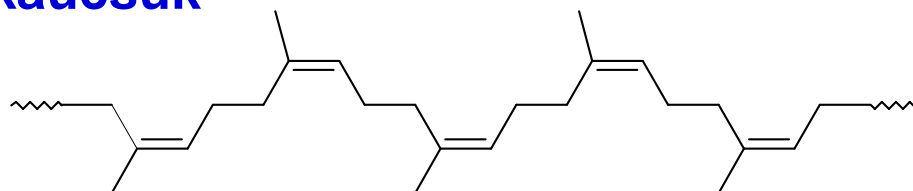
cellulóz

$\beta$ -D-glükóz



kaucsuk

izoprén



fehérjék

aminosavak (22 db)

DNS, RNS

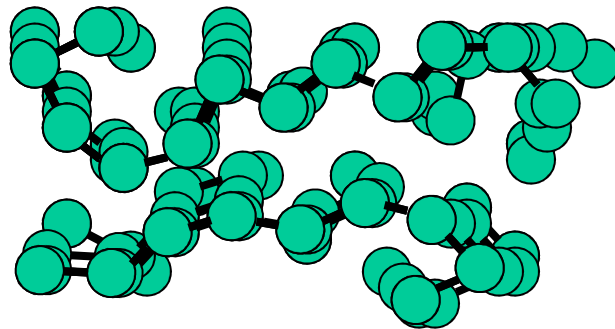
nukleotidok (5 db)

## SZINTETIKUS POLIMEREK

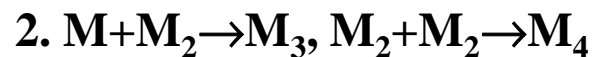
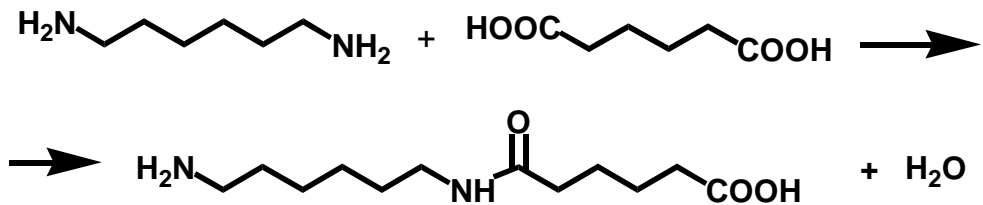
polietilén, poli(vinil-klorid) (PVC), nylon, teflon, .....

# SZINTETIKUS POLIMEREK ELŐÁLLÍTÁSA

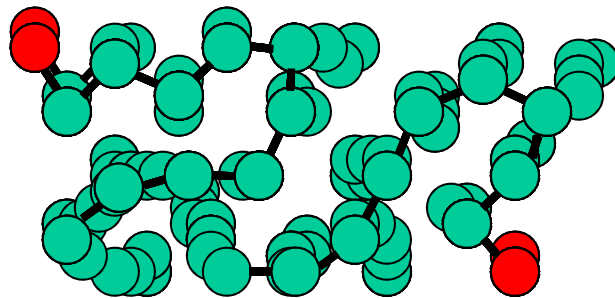
## Lépcsős polimerizáció (polikondenzáció)



● monomer

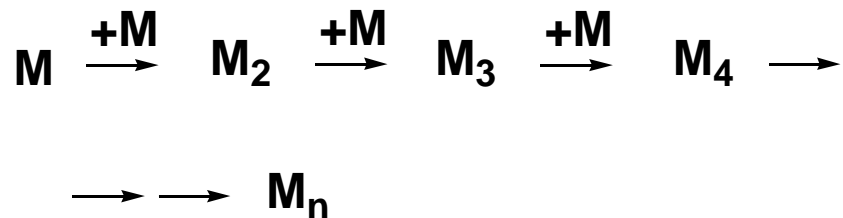


## Láncpolimerizáció (poliaddíció)



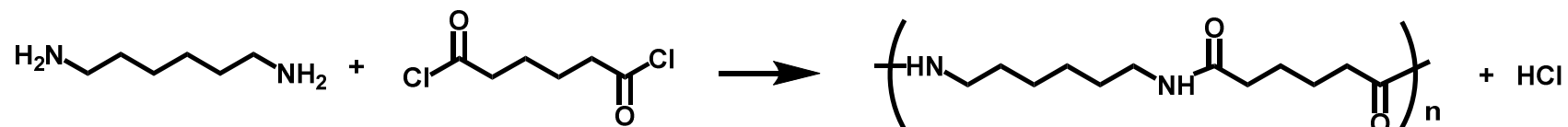
● monomer

● iniciátor

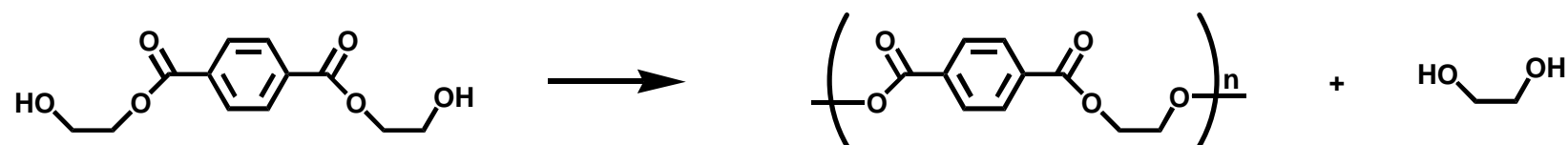


# PÉLDÁK LÉPCSŐS (POLIKONDENZÁCIÓS) POLIMERIZÁCIÓRA

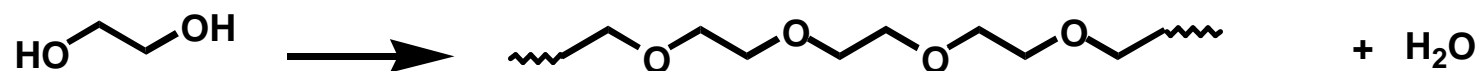
## Nylon-6,6



## Poli(etilén-tereftalát) (PET)

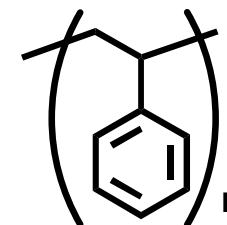
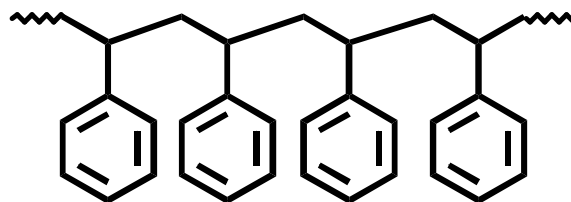


## Poli(etilén-glikol)/poli(etilén-oxid)

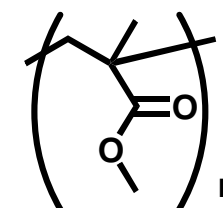
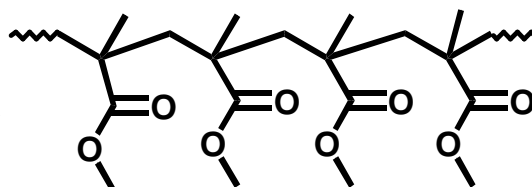
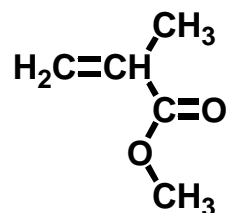




**polietilén**

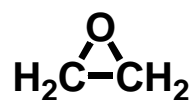


**poli(metil-metakrilát)**



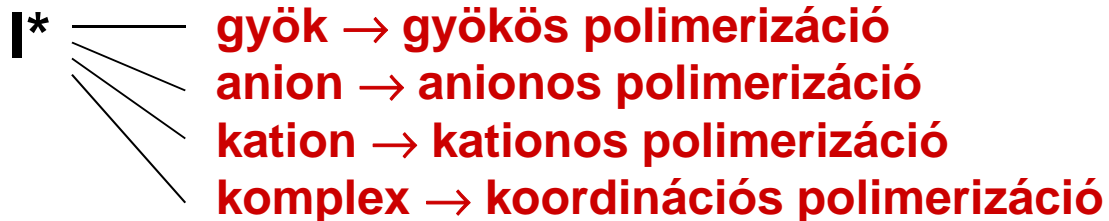
**poli(etilén-oxid)**

**n = polimerizációs fok**

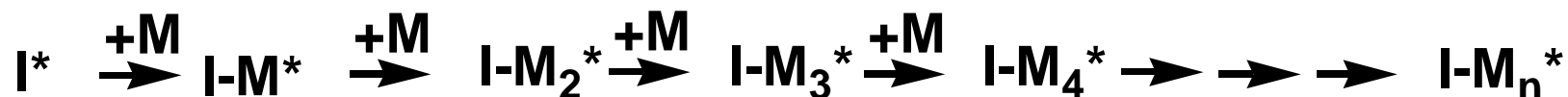


# LÁNCPOLIMERIZÁCIÓ MECHANIZMUSA

## iniciálás



## láncnövekedés

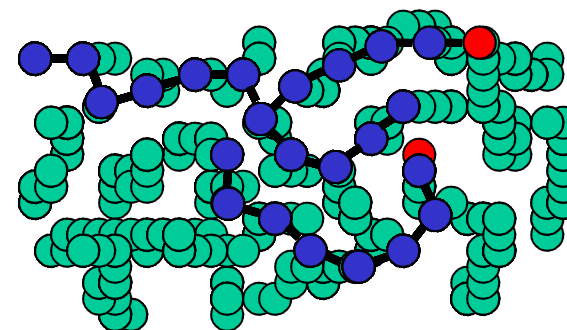
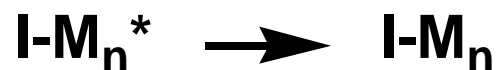


## láncátadás



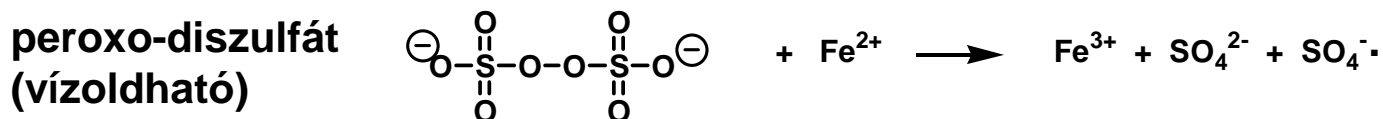
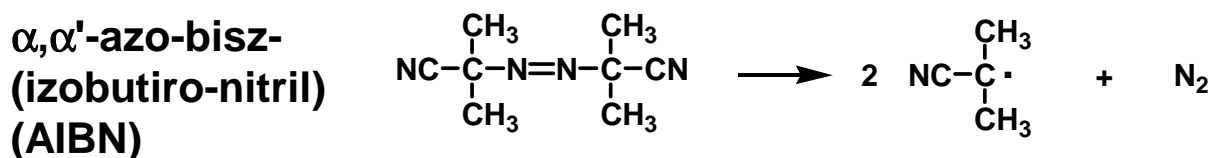
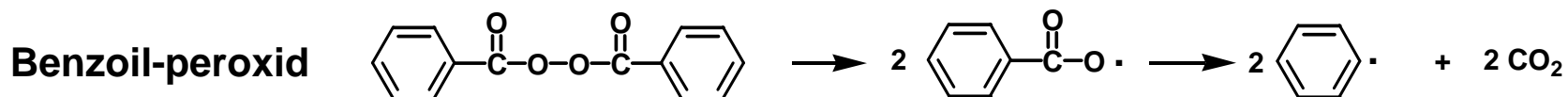
XA = monomer, iniciátor, oldószer, polimer, egyéb

## lánczáródás

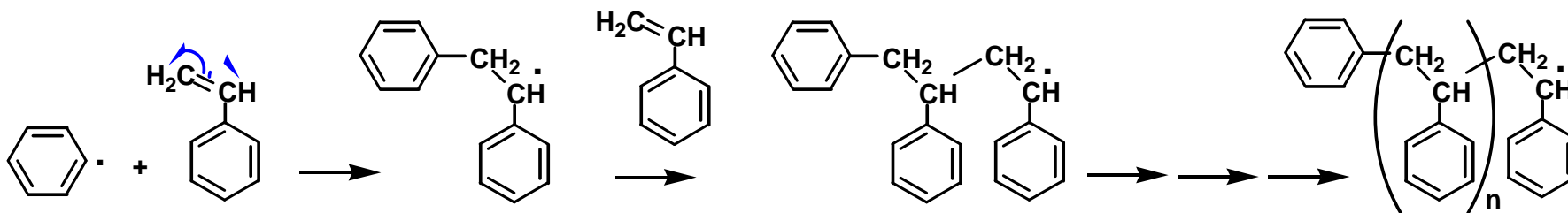


# SZTIROL GYÖKÖS POLIMERIZÁCIÓJA (1)

## iniciálás



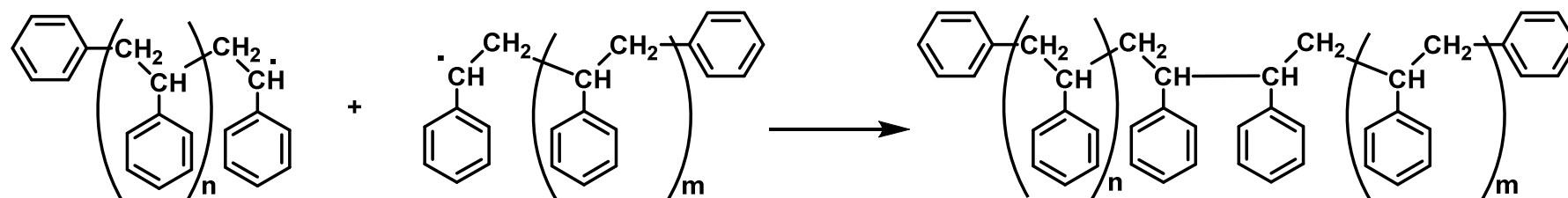
## láncnövekedés



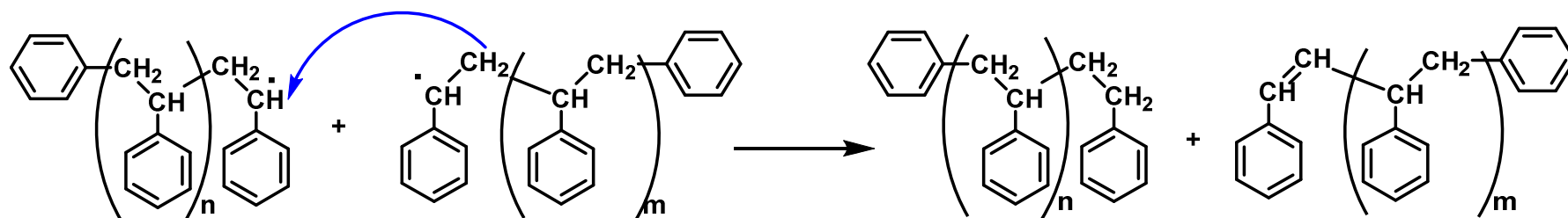
# SZTIROL GYÖKÖS POLIMERIZÁCIÓJA (2)

## lánczáródás

### rekombináció



### diszproporció



**EGYIDEJŰ ELEMI REAKCIÓK**  
(iniciálás, láncnövekedés,  
lánczáródás, láncátadás)  
**LÁNCPOLIMERIZÁCIÓBAN**

**és**

**KISEBB-NAGYOBB SZEGMENSEK**  
**RANDOM KAPCSOLÓDÁSA**  
**LÉPCSŐS POLIMERIZÁCIÓBAN**



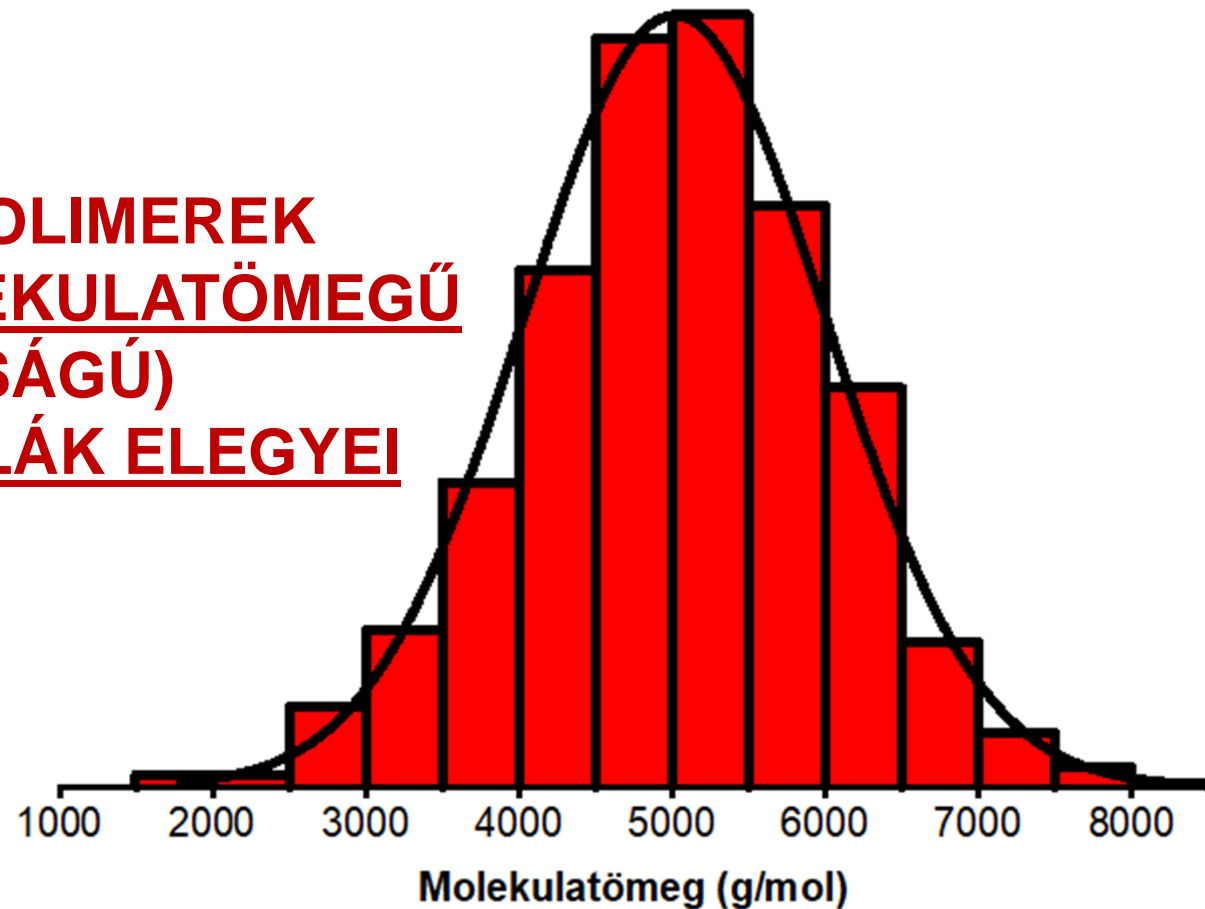
**A KÉPZŐDŐ POLIMEREK KÜLÖNBÖZŐ**  
**MOLEKULATÖMEGŰ (HOSSZÚSÁGÚ)**  
**MAKROMOLEKULÁK ELEGYEI**

**→ MOLEKULATÖMEG-ELOSZLÁS**

# Molekulatömeg-eloszlás



**A KÉPZŐDŐ POLIMEREK**  
**KÜLÖNBÖZŐ MOLEKULATÖMEGŰ**  
**(HOSSZÚSÁGÚ)**  
**MAKROMOLEKULÁK ELEGYEI**



# Számátlag molekulatömeg ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_i M_i}{\sum_{i=1}^{\infty} n_i}$$

$n_i$ :  $i$  monomer egységekből felépülő polimer molekulák száma

$M_i$ :  $i$  monomer egységekből felépülő polimer molekulák molekulatömege

$M_n$  meghatározása

- membrán ozmometria ( $20\ 000$ - $30\ 000 < M_n < 500\ 000$  g/mol)
- gőznyomás ozmometria ( $M_n < 10\ 000$ - $15\ 000$  g/mol)

# A számátlag molekulatömeg meghatározása

## Van't Hoff-egyenlet ideális oldatokra

$$\pi V = nRT \quad n = \frac{m}{M}$$

$$\pi = \frac{n}{V}RT = \frac{m}{V} \frac{1}{M}RT$$

$$\pi = \frac{c}{M}RT \quad c = \frac{m}{V}$$

$\pi$ : ozmózisnyomás

$V$ : tiszta oldószer térfogata

$n$ : anyagmennyiség

$R$ : egyetemes gázállandó

$T$ : hőmérséklet

## Viriál egyenlet polimer oldatokra

$$\pi = \frac{c}{M}RT + A_2c^2 + A_3c^3 + \dots$$

osztunk  $c$ -vel

$$\frac{\pi}{c} = \frac{RT}{M_n} + A_2c + \underbrace{A_3c^2 + \dots}_{\text{elhanyagolható}}$$

elhanyagolható



$A_2$   $A_3$  ...: Virial együtthatók

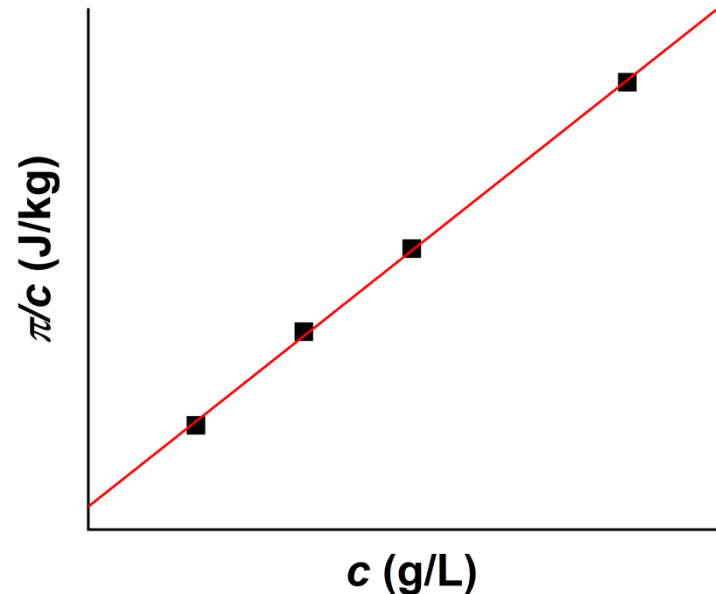


# A számátlag molekulatömeg meghatározása

1. Ozmózisnyomás ( $\pi$ ) meghatározása ozmométerrel különböző koncentrációjú polimer oldatok esetében, állandó hőmérsékleten.
2. A  $\pi/c$  értékek ábrázolása a koncentráció ( $c$ ) függvényében.
3. Egyenes illesztése a pontokra.
4. tengelymetszet:  $RT/M_n$  ; meredekség:  $A_2$

$$\frac{\pi}{c} = \frac{RT}{M_n} + A_2 c$$

ismert  
mért  
ismeretlen



# Tömeg szerinti átlag molekulatömeg ( $M_w$ )

$$M_w = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_i M_i^2}{\sum_{i=1}^{\infty} n_i M_i}$$

$n_i$ :  $i$  monomer egységekből felépülő polimer molekulák száma

$M_i$ :  $i$  monomer egységekből felépülő polimer molekulák molekulatömege

$M_w$  meghatározása: fényszórásos módszerekkel

- különböző beesési szögeknél végeznek méréseket, legalább négy különböző koncentrációnál
- majd extrapolációval meghatározható az  $1/M_w$  (Zimm diagram)

# Viszkozitás szerinti átlag molekulatömeg ( $M_v$ )

$$M_v = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_i M_i^{a+1}}{\sum_{i=1}^{\infty} n_i M_i} \right]^{\frac{1}{a}}$$

$$M_w = M_v \quad \text{ha } a = 1$$

$$M_w > M_v \quad \text{ha } a = 0,5-0,9$$

$n_i$ :  $i$  monomer egységekből felépülő polimer molekulák száma

$M_i$ :  $i$  monomer egységekből felépülő polimer molekulák molekulatömege

$a$ : konstans (értéke függ a polimer hidrodinamikai térfogatától,  
a hőmérséklettől és az oldószertől)

$M_v$  meghatározása: viszkozimetriás módszerekkel

# A viszkozitás szerinti átlag molekulatömeg meghatározása ( $M_v$ )

Mark-Houwink egyenlet  $[\eta] = KM^\alpha$

$[\eta]$ : határviszkozitás

$M$ : molekulatömeg (a polimereknél  $M_v$ )

$\alpha$ : konstans egy adott polimer-oldószer párosra

Specifikus viszkozitás:  $\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \frac{t - t_0}{t_0}$

$$\frac{\eta_{sp}}{c} = [\eta] + A_2c$$

$\eta$ : oldat viszkozitása

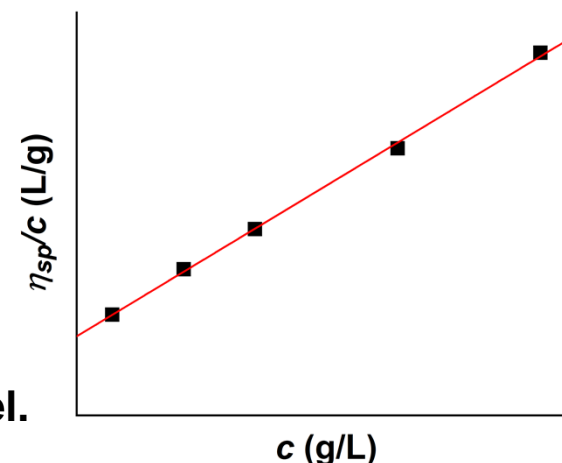
$\eta_0$ : oldószer viszkozitása

$t$ : oldat kifolyási ideje

$t_0$ : oldószer kifolyási ideje

$A_2$ : Viriál együttható

1. A különböző koncentrációjú polimer oldatok és az oldószer viszkozitásának meghatározása.
2.  $\eta_{sp}/c$  ábrázolása a koncentráció ( $c$ ) függvényében.
3. Egyenes illesztése a pontokra.
4. tengelymetszet:  $[\eta]$ ; meredekség:  $A_2$
5.  $M_v$  számítása a Mark-Houwink egyenlet segítségével.



# A molekulatömeg eloszlás

Számátlag molekulatömeg

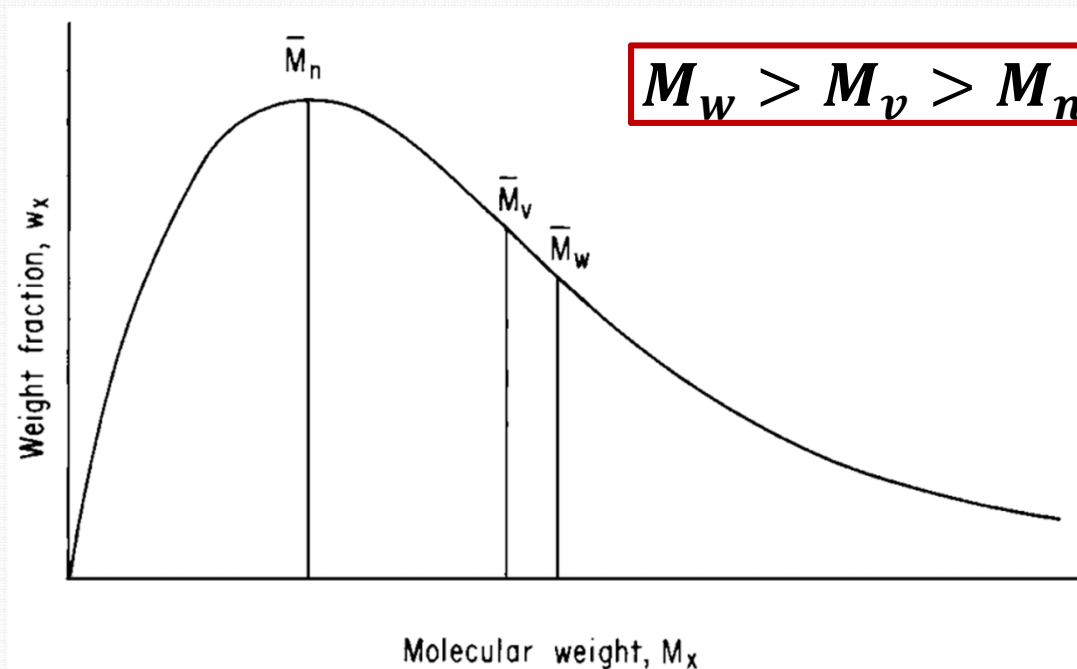
$$M_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i}$$

Tömeg szerinti átlag  
molekulatömeg

$$M_w = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i M_i}$$

Viszkozitás szerinti átlag  
molekulatömeg

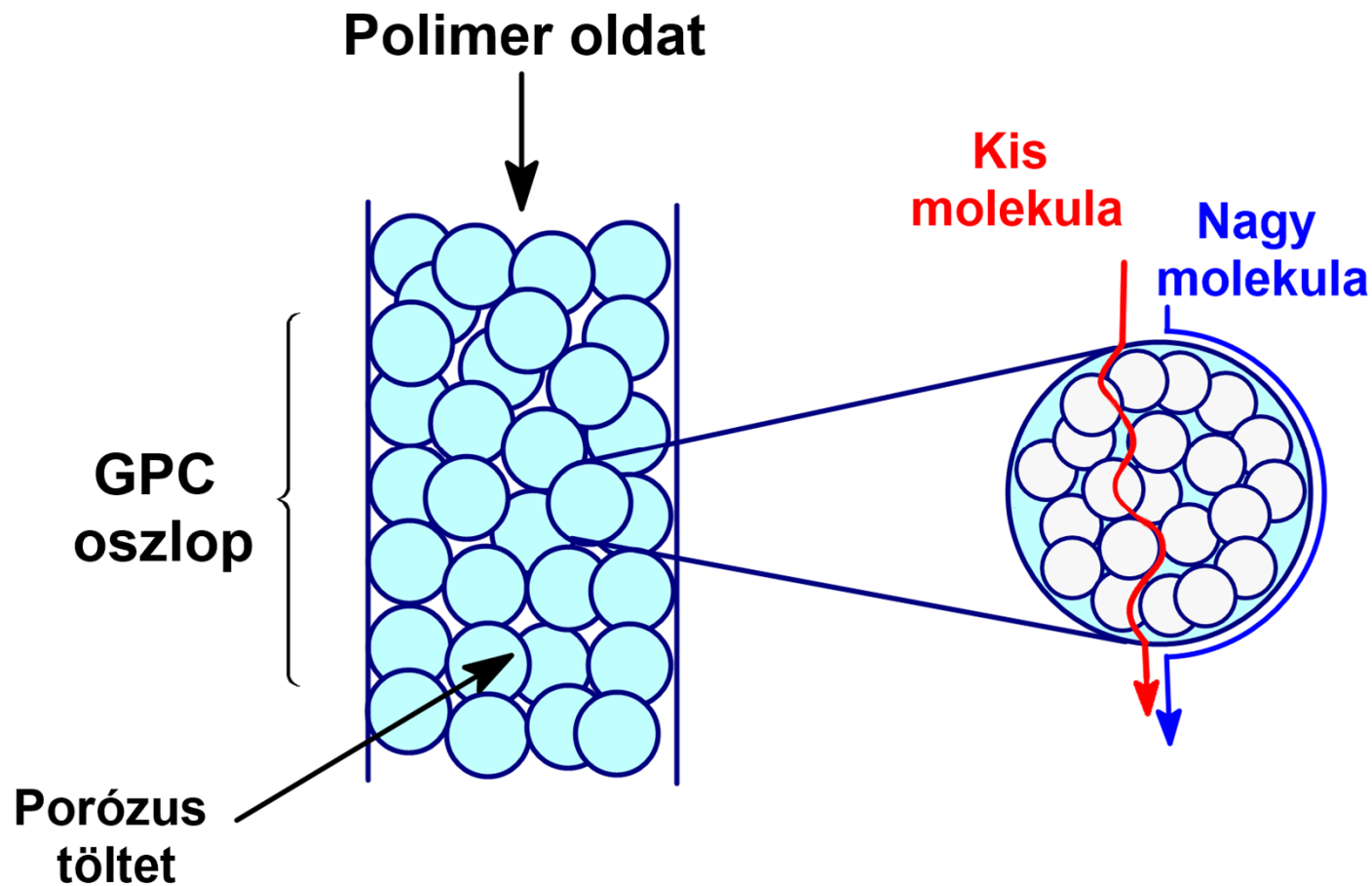
$$M_v = \left[ \frac{\sum n_i M_i^{\alpha+1}}{\sum n_i M_i} \right]^{1/\alpha}$$



Polidiszperzitás:  $PDI = \frac{M_w}{M_n}$

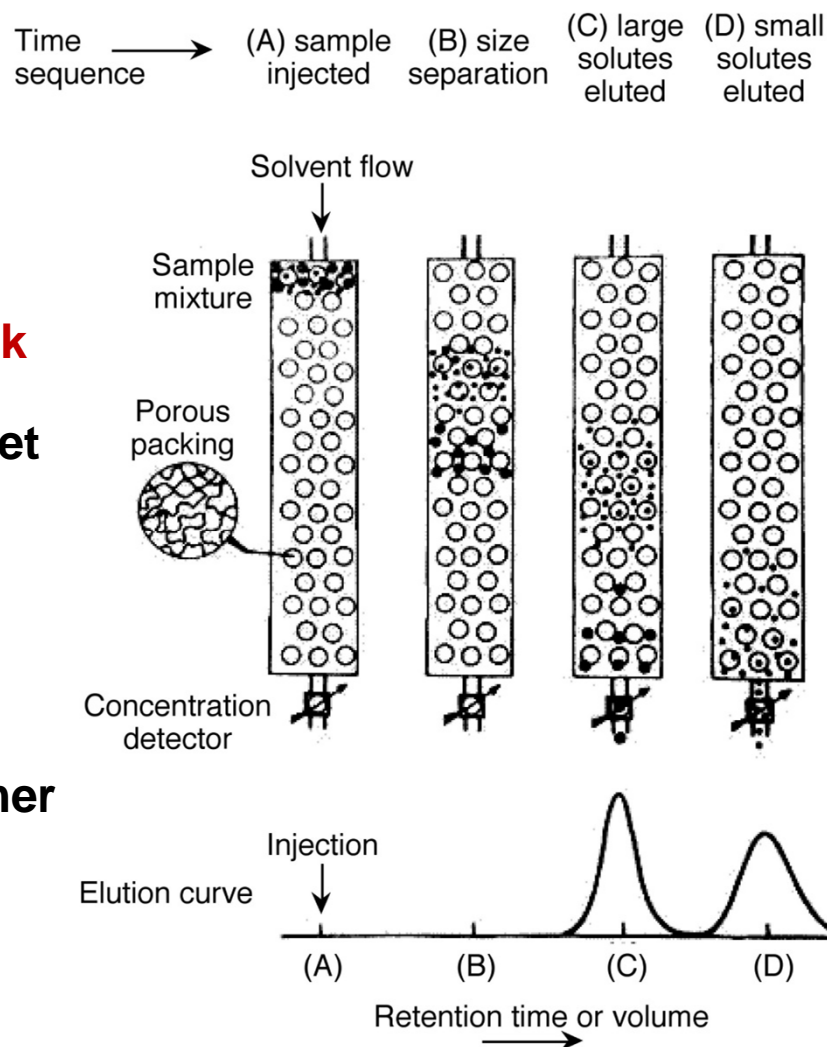
- $M_w / M_n = 1$  a tökéletesen monodiszperz mintára
- a PDI értéke valójában mindig nagyobb 1-nél a polimerek esetében és értéke annál nagyobb, minél szélesebb a molekulatömeg-eloszlás

# Gél permeációs kromatográfia/ Méretkizárásos kromatográfia



# Gél permeációs kromatográfia/ Méretkizárásos kromatográfia

- a polimer molekulák méretük szerint eluálódnak
- kisebb molekulák → bediffundálnak a töltet pórusaiba → lassabban eluálódnak
- nagyobb molekulák → megkerülik a töltet pórusait → gyorsabban eluálódnak
- detektorok (törésmutató, viszkozitás, fényszórás)
- kalibráció ismert molekulatömegű polimer mintákkal
- $M_n$  és  $M_w$  értékeket is megkapjuk



# A GPC felépítése

