

# loi-trukea

- Sarrera
- loi-trukatzaileen ezaugarriak
- loi-trukearen oreka
- loi-trukea praktikan
- loi-trukearen aplikazioak

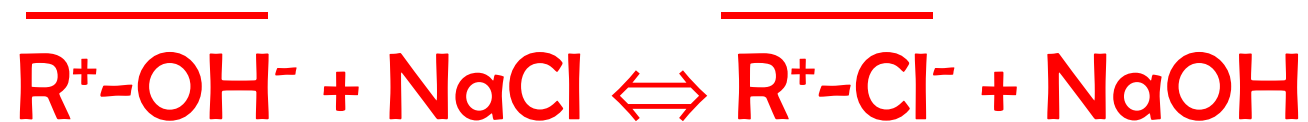
# Sarrera

- **IOI-TRUKEA:** banaketa-teknika bat

- Heterogeneoa da:

Ur-disoluzioaren eta trukatzaile  
solidoaren artekoa

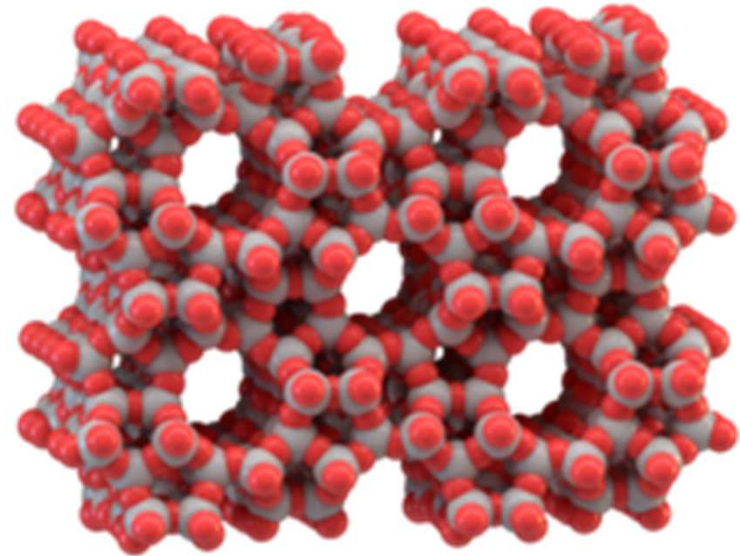
- loak trukatzen dira bi faseen artean



- Trukatzaile naturalak eta sintetikoak

# Sarrera: Zeolitak eta ioi-trukea

- Zeolitak: aluminosilikato mikroporosoak (naturalak... eta sintetikoak)
- “Hezurdura”: erpinetatik lotutako Si-zko ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) eta Al-zko ( $\text{AlO}_4^{5-}$ ) tetraedroak
- “Hezurdura”:  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+} \Rightarrow$  elektrikoki desorekatuta  $\Rightarrow$  katioak ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , ...) egitura egonkortzeko
- Ioi-trukerako ahalmen handia: disoluzio batean dauden katioiak ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , ...) elkartrukatzen dira zeoliten  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , ... katioiekin
- Aplikazioak kimika analitikoan:
  - ura purifikatzeko eta biguntzeko
  - Konposatu kimikoak tamainaren arabera banatzeko
  - Konposatu kimikoak harrapatzeko gero analizatu ahal izateko



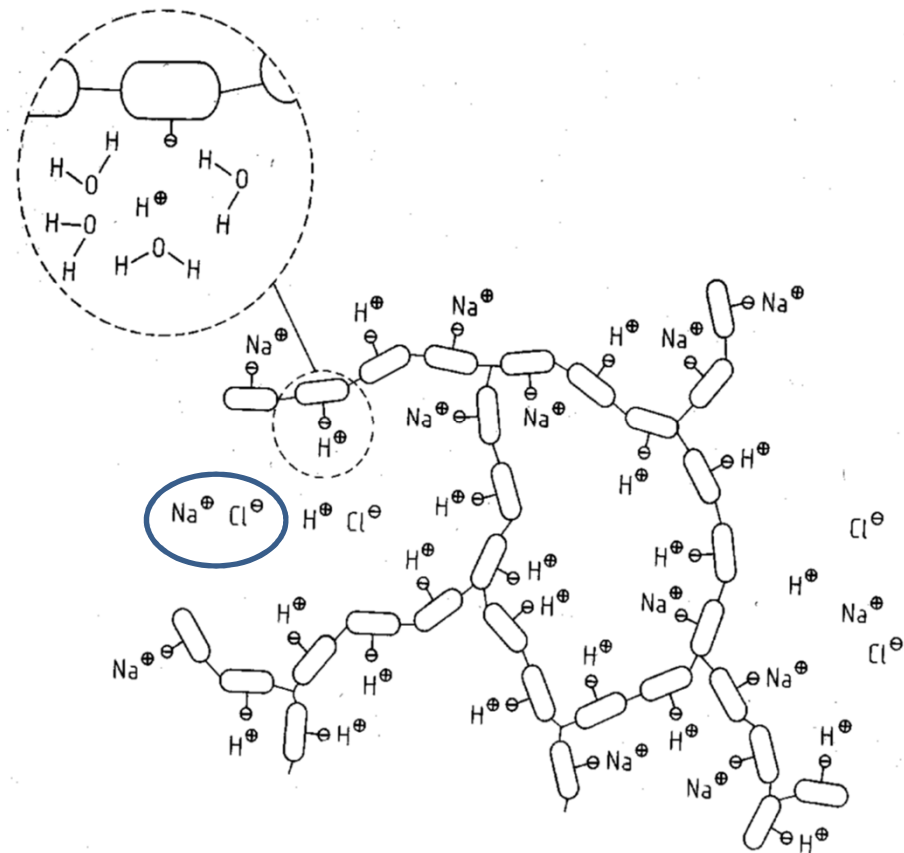
ZSM-5 (Zeolite Socony Mobil-5,  $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$  ( $0 < n < 27$ )) zeolita sintetiko baten egitura molekular mikroporoso

Minerala	Formula
Natrolita	$\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Chabazita	$(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12})\cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Analcima	$\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)\cdot \text{H}_2\text{O}$
Stilbita	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18})\cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Heulandita	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18})\cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Laumontita	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12})\cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Mesolita	$\text{Na}_2\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})\cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Thompsonita	$\text{NaCa}_2(\text{Al},\text{Si})_{10}\text{O}_{20}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$

# Sarrera: ioi-trukerako erretxinak

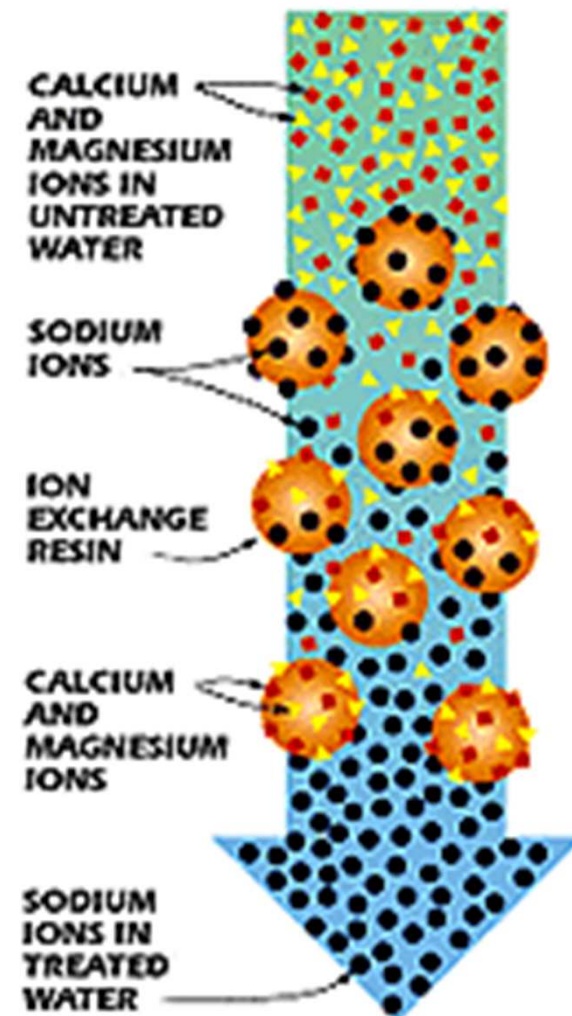
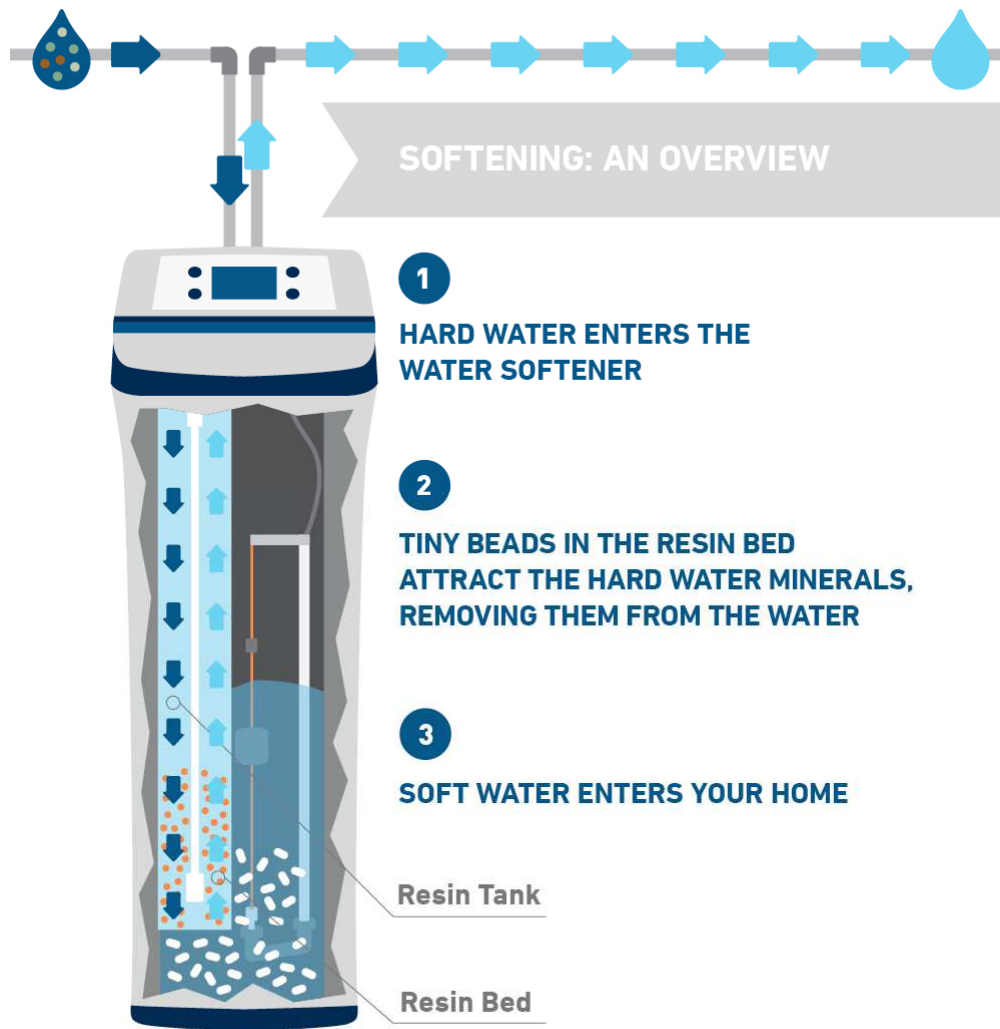
## ● Ioi-trukatzaile sintetiko polimerikoa: Erretxinak

- solido ma(i)kro-porotsua
- uretan disolbaezina
- Ur disoluziotik ioi batzuk bereganatu eta kopuru baliokidea askatu
- *Euskarri polimerikoa*
- *funtzio-taldea* (talde ionogenikoa): loturak gertatzen diren **gune eraginkorrak**, katioi-zein anioi-izaera izan dezaketenak
- *kontra-ioia*: funtzio-taldearen karga neutralizatzen duen ioia



# Sarrera: adibidea (uraren biguntzea )

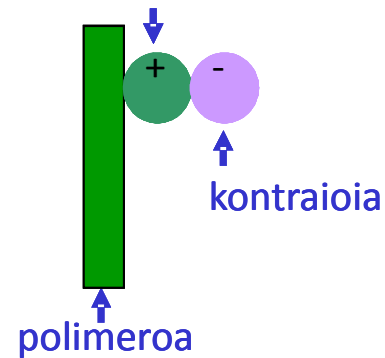
## SOFTENING PROCESS



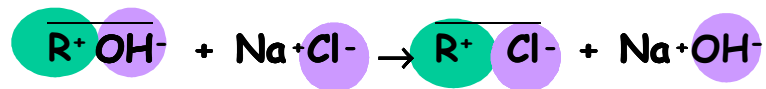
# loi-trukatzailearen ezaugarriak

Erretxina	Funtzio-taldea	Kontraioia	Ordezkatutako taldea
KATIONIKOA	Anioia	Katioia	Katioia
ANIONIKOA	Katioia	Anioia	Anioia

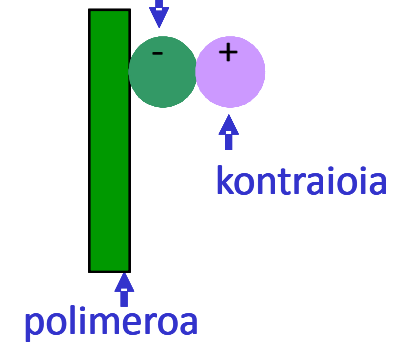
Funtzio- taldea edo  
talde ionogenikoa



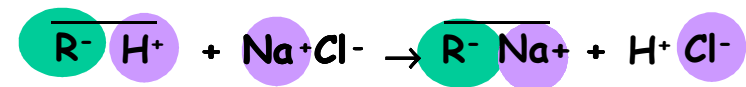
Anioi- trukatzailea



Funtzio- taldea edo  
talde ionogenikoa



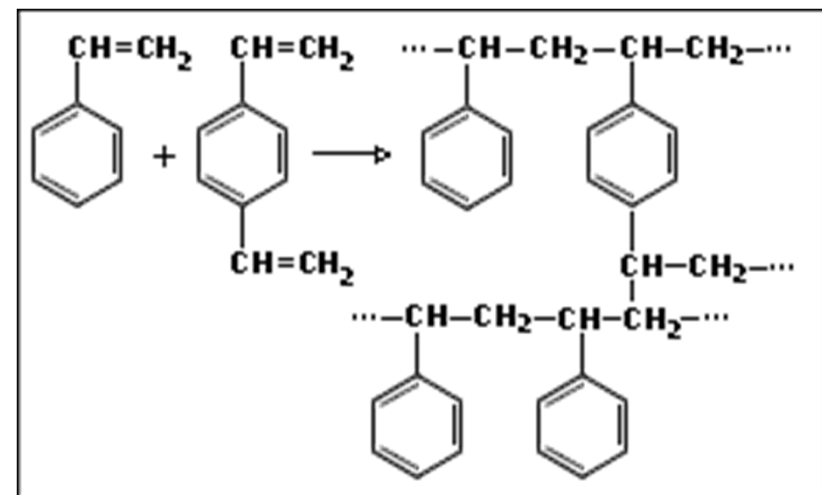
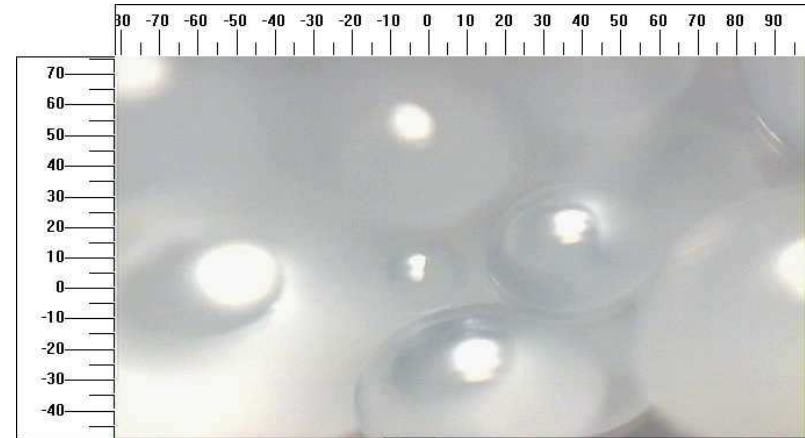
Katioi- trukatzailea




# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● loi-trukatzailea:

- egitura polimerikoa duten erretxina sintetikoak
- **Poliestireno-dibinilbentzeno (PE-DBB)**, azido metakriliko-dibinilbentzeno, fenol-formaldehido, poliakrilamidak...
- PE polimero lineala & DBB  $\Rightarrow \Rightarrow$  hiru dimentsiotako egitura (uretan disolbagaitza)
- Gurutzapen-Maila (GM): PE-arekiko DBB-aren portzentajea: %2-%20
- talde ionogenikoek urarekiko afinitate altua dute
- erretxina urarekin kontaktuan  $\Rightarrow$  puztu egiten da  $\Rightarrow$  matrize porotsua  $\Rightarrow$  matrize porotsuan zehar mugitzen dira ioiak




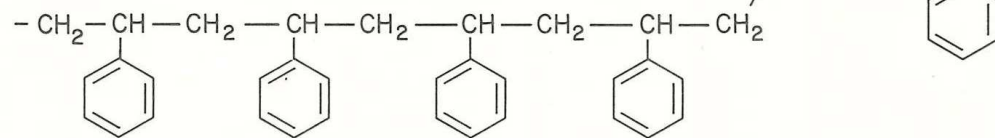
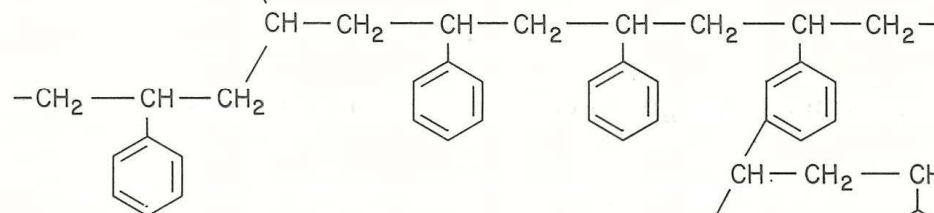

$$\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---}$$



(II)

C=CC1=CC=CC=C1C=C
$$\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH---}$$



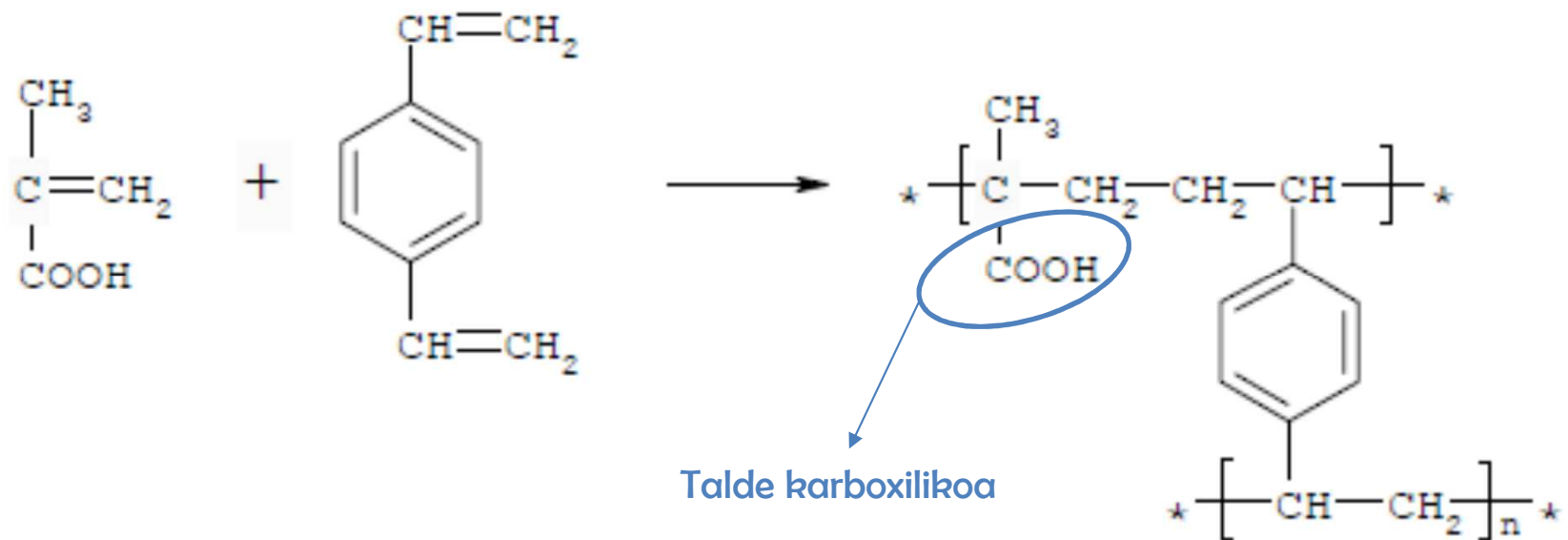


## Poliestireno-Dibinilbentzenoa



# loi-trukatzailearen ezaugarriak

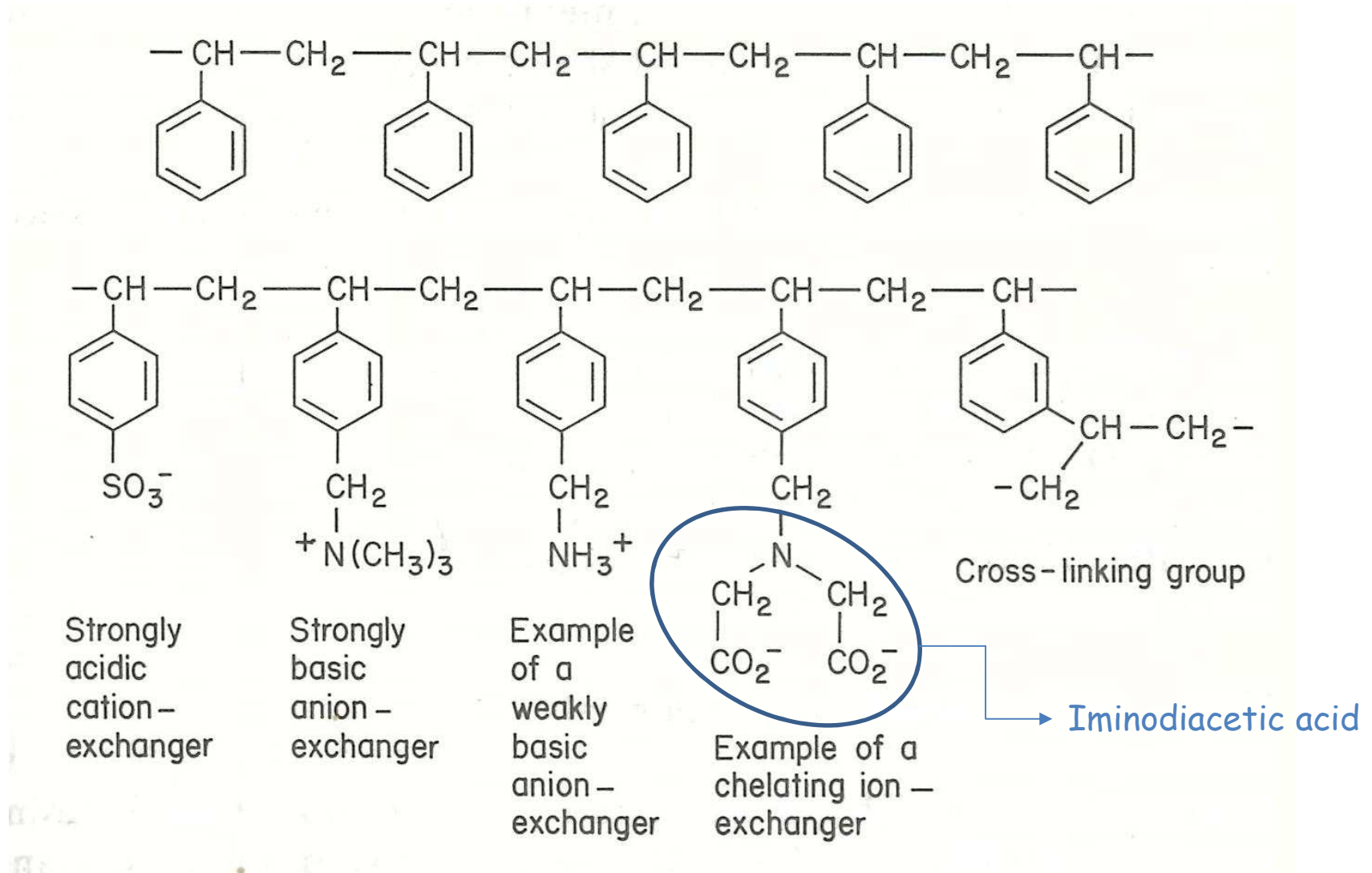
## Azido metakriliko-Dibinilbentzeno



Azido metakriliko eta dibinilbentzenoren arteko polimerizazioa

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Funtzio-taldeak:

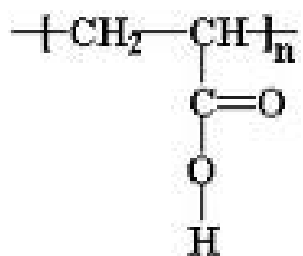
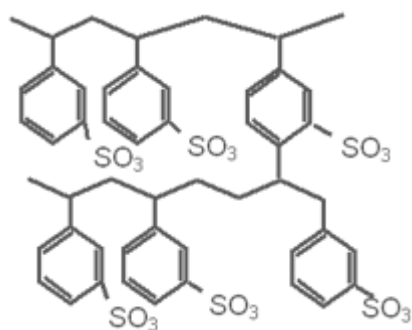


# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Funtzio-taldeak:

### KATIOI-ERRETXINAK

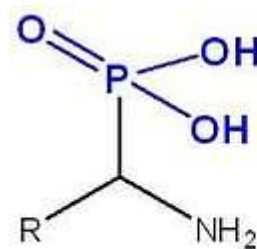
- azido sendoak (SCX):  $-\text{SO}_3^-\text{H}^+$  (sulfonikoak)
  - ✓ Katioi guztiak bereganatzen dituzte ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,...)
- azido ahulak (WCX):  $-\text{COO}^-\text{H}^+$  (karboxilikoak)
  - ✓ Base sendoetatik datozenak besterik ez dituzte bereganatzen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,...)



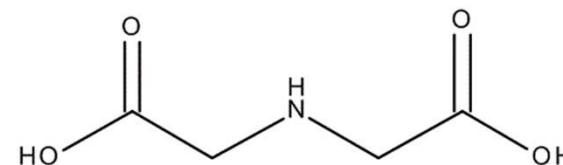
Polyacrylic acid

### ERRETXINA KELATAGARRIAK

- kelatoak era ditzaketen funtzio-talde organikoak sartu
- $-\text{SH}$  (tiola),  $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$  (azido iminodiazetikoa),  $-(\text{NH}_2)\text{C}=\text{NOH}$  (amidoxima)
- pH-aren arabera selektiboak



Azido aminofosfonikoa



Azido iminodiazetikoa

### ANIOI-ERRETXINAK

- base sendoak (SAX):  $-\text{CH}_2\text{R}_3\text{N}^+\text{OH}^-$
- Anioi guztiak bereganatzen dituzte ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Az}^-$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ,...)
- base ahulak (WAX):  $-\text{CH}_2\text{R}_2\text{NH}^+\text{OH}^-$ ,  $\text{CH}_2\text{RNH}_2^+\text{OH}^-$ ,  $-\text{CH}_2\text{NH}_3^+\text{OH}^-$
- Azido sendoetatik datozenak besterik ez dute bereganatzen ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,...)

### ERRETXINA ADSORBATZAILEAK EDO POLIMERO INERTEAK

- ez dira ioi-trukatzaileak baina antzeko portaera
- Oso erretxina porotsuak dira
- osagai ez-ionikoak edo arinki ionizatutakoak adsorbatu

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Funtzio-taldeak:

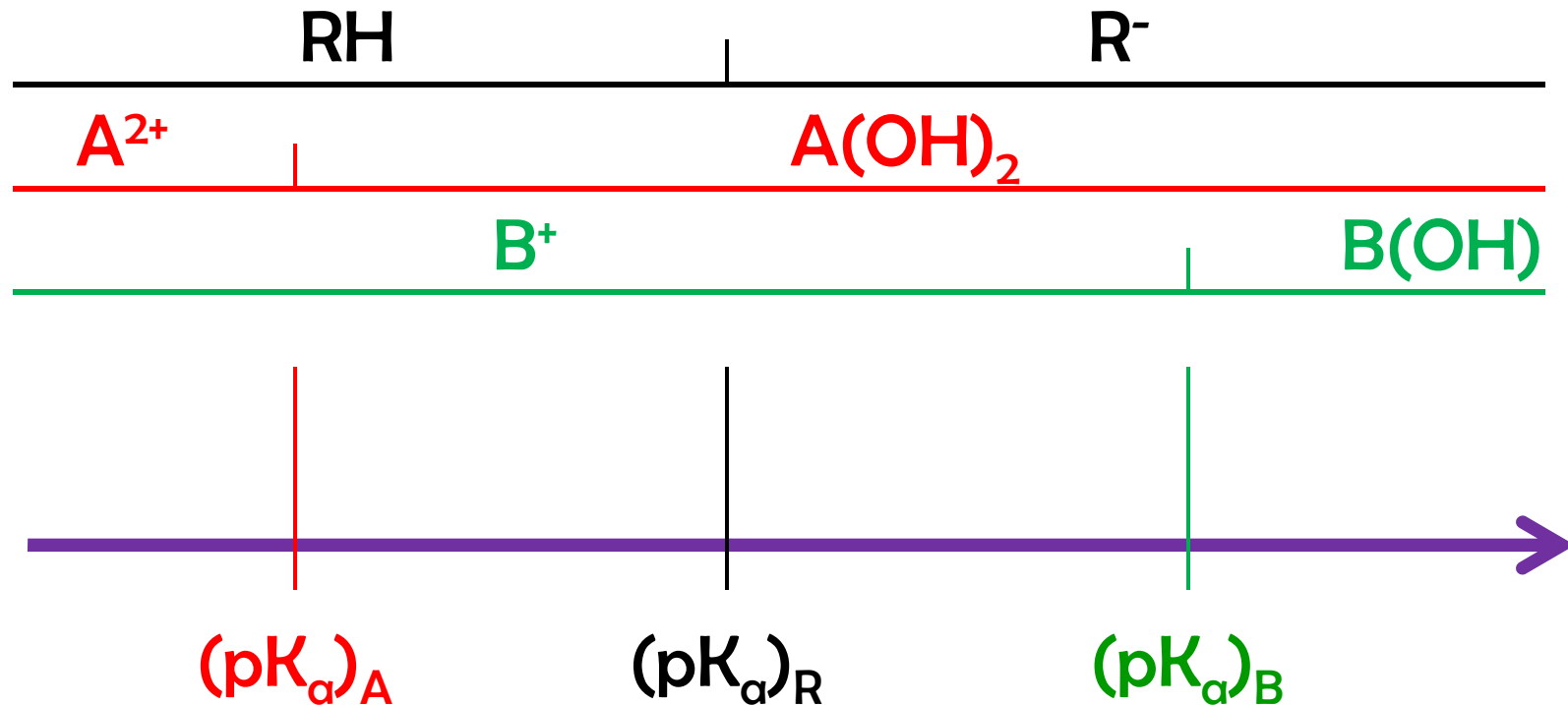
TYPE	IONOGENIC GROUP	pH RANGE	APPLICATIONS	EXAMPLES OF COMMERCIAL NAMES
Strongly Acidic Cation Exchanger	$-\text{SO}_3^-$	Wide (0–14)	General-Purpose Cation Exchange	Amberlite 1R120 Dowex 50 Zerolit 225
Strongly Basic Anion Exchanger	$-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3^+$ $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}^+$	Wide (0–14)	General-Purpose Anion Exchange	Amberlite 1RA-400 Dowex 1 Amberlite 1RA-410 Dowex 2
Weakly Acidic Cation Exchanger	$-\text{CO}_2^-^*$	High pH only (5–14)	Selective towards strong bases	Amberlite IRC-150 Zerolit 226
Weakly Basic Anion Exchanger	$-\text{CH}_2\text{NH}_3^+$ $-\text{CH}_2\text{NH}_2\text{CH}_3^+$ $-\text{CH}_2\text{NH}(\text{CH}_3)_2^+$	Low pH only (0–9)	Selective towards strong acids	Duolite A303
Chelating Ion Exchanger	eg $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CO}_2^-)_2$	Depends on the metal ions involved (pH 6–8 for the group shown opposite)	Selective towards metal ions that react with the chelating group	Dowex A-1 Chelex-100

\* Based on acrylic acid rather than styrene.

**Fig. 9.3c.** Ionogenic groups incorporated into PSDVB resins (or other resins where indicated)

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

- Funtzio-taldeak (selektibitatea):



R<sup>-</sup>: Katioi-erretxina ahula ( $-\text{COO}^-$ )

A<sup>2+</sup>: Azido sendoagoa, base ahulagoa ( $\text{Zn}^{2+}$ )

B<sup>+</sup>: Azido ahulagoa, base sendoagoa ( $\text{Na}^+$ )

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Gurutzapen-maila (GM) eta porotasuna

- Dibinilbentzenoa  $\uparrow \rightarrow$  GM  $\uparrow \rightarrow$  zurruntasuna  $\uparrow$ , malgutasuna  $\downarrow$
- GM  $\uparrow \rightarrow$  erretxina sendoagoa: **egonkortasun** fisikoa eta kimikoa  $\uparrow$
- GM  $\uparrow \rightarrow$  gogortasuna  $\uparrow \rightarrow$  Talde ionogenikoekiko ioien irisgarritasuna  $\downarrow \rightarrow$  ioien mugikortasuna  $\downarrow \rightarrow$  **ioi-trukearen eraginkortasuna** (zinetikari dagokionez)  $\downarrow$
- GM  $\uparrow \rightarrow$  gogortasuna  $\uparrow \rightarrow$  bolumena  $\downarrow \rightarrow$  talde ionogenikoen dentsitatea  $\uparrow \rightarrow$  **ioi-trukearen eraginkortasuna** (termodinamikari dagokionez)  $\uparrow$
- Erretxinaren **selektibitatea**: GM-aren arabera
  - Arinak diren prozesutan: GM  $\downarrow \rightarrow$  ioien mugikortasuna  $\uparrow \rightarrow$  karga bereko **ioien bereizketa**  $\downarrow$

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Erretxinen sailkapena poroaren tamainaren arabera

❑ **Makroporotsuak edo makrorretikularrak:** Polimerizazio-prozesuan beste osagai bat (parafinak, heptanoa, gantz asetuak,  $C_4$ - $C_{10}$  alkoholak).

- Osagai horrek polimeroaren hauspeatzea eragiten du.
- Ohantzearen barnean sorturiko kanaltxoek porotasuna ematen diote erretxinari
- Kanaltxoen presentzia konpentsatzeko:  $GM \uparrow \Rightarrow$  egonkortasun  $\uparrow$
- Poroen tamaina  $\uparrow \Rightarrow$  trukea eraginkorragoa, azkarragoa

❑ **Gel-erretxinak edo mikroporotsuak:** berezko porotasuna (poroaren tamaina heterogeneoa) duten erretxinak

- Poroak puztutze-prozesuaren ondorioa da
- GM-aren arabera gehiago ( $GM \downarrow$ ) ala gutxiago ( $GM \uparrow$ ) puztu, “zabaldu” egitura

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Truke-ahalmena

- Trukatzaileen (gune eraginkorren) kopuruak truke-ahalmena ( $C_p$ ,  $C_b$ ) finkatzen du:

$$C_p = \frac{R^- \text{ mol}}{\text{erretxina lehorraren Kg}}$$

$$C_b = \frac{R^- \text{ mol}}{\text{erretxina hezearen L}}$$

- funtzio-taldea ezezaguna denean, kontra-ioiaren izena kontuan hartzen da:

**Adb:** katioi-trukatzaile  $H^+$  eran: 2mmol  $H^+$  mL-ko truke-ahalmena

- erretxina gehienek maila bereko truke-ahalmena dute (ik. hurrengo taula)



# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Truke-ahalmena

Funtzio- taldea	Izena	Oharrak	Truke- ahalmena (mmol/g)	Truke- ahalmena (mmol/mL)	Ekoizlea
-SO <sub>3</sub> H	Amberlite IR 120 Dowex 50 Lewatit S100	Gel erretxina DBB %1-%16	4.2 5.4-5.1 4.75	1.9 0.4-2.4 2.3	Rohm&Haas Dow Chemical Bayer
-COOH	Amberlite IR 50 SBR	Gel erretxina	10 3.6-2.0	3.5 0.4-1.4	Rohm&Haas Dow Chemical
-N(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Duolite A101		4.0	1.3	Rohm&Haas
-NR <sub>3</sub> <sup>+</sup>	Lewatit M500		3.3		Bayer
-NH <sub>3</sub> R <sup>+</sup> edo -NH <sub>2</sub> R <sub>2</sub> <sup>+</sup>	Duolite A30B		9.1	2.5	Rohm&Haas

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

## ● Erretxinaren selektibitatea: disoluzioaren eragina

- Erretxinaren ezaugarrien, ioiaren ezaugarrien eta baldintza-fisiko kimikoen arabera

- Katioi-erretxina sendoa:



- Karga bereko ioia: ioi hidratatuaren tamaina  $\downarrow \rightarrow$  afinitatea  $\uparrow$
- [ ] baxutan : karga  $\uparrow \rightarrow$  afinitatea  $\uparrow$ ; [ ] altutan : karga  $\uparrow \rightarrow$  afinitatea  $\downarrow$
- Talde ionogenikoa zenbat eta ahulagoa  $\rightarrow$  selektiboagoa

## ● Erretxinaren egonkortasuna: disoluzioaren eragina

- baldintza oso oxidakorretan ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ) matrize polimerikoa desegin daiteke
- pH tarte erabilgarri zabala: oso pH azidotan ( $\text{HCl} \geq 9-10 \text{ mol/L}$ ) edo basikotan ( $\text{NaOH} \geq 2 \text{ mol/L}$ ) deskonposizioa gerta daiteke
- Egonkortasun termikoa, mekanikoa, osmotikoa:
  - erretxinak bustita egon behar dira
  - tenperatura-aldaketa bortitzak ez dira komenigarriak

# loi-trukatzailearen ezaugarriak

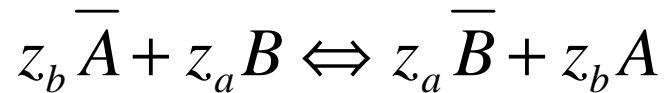
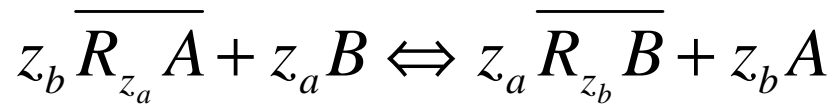
- **Laburbilduz:**

- **loi-trukearen prozesuaren eraginkortasunaren (etekinaren, selektibitatearen,...) gainean eragina izan ditzaketen aldagaien zerrenda bat idatzi**

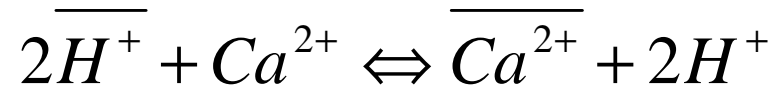
# loi-trukearen oreka

## loi-trukearen oreka

- loi-trukearen konstantea, Selektibitate-konstantea edo Selektibitate-kofizientea ( $K_{z_b A}^{z_a B}$ ) *moletan!!*



$$K_{z_b A}^{z_a B} = \frac{|\overline{B}|^{z_a} \cdot |A|^{z_b}}{|\overline{A}|^{z_b} \cdot |B|^{z_a}}$$



$$K_{z_b A}^{z_a B}$$

→ hasieran **disoluzioan** dagoena

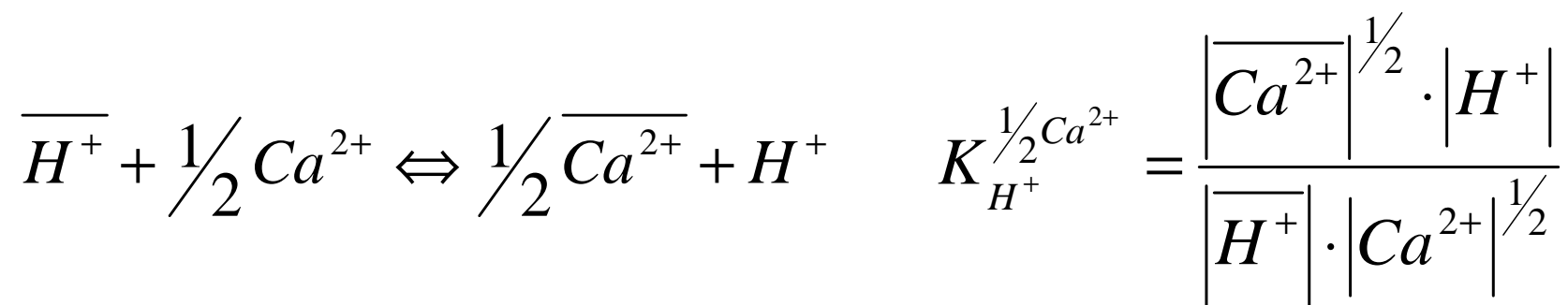
→ hasieran **erretxinan** dagoena

# loi-trukearen oreka

## ● loi-trukearen oreka

baliokidetan!!

- *Tauletan, batzuetan, baliokide bati dagozkion konstanteak*



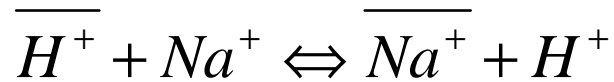
$$(K_{2H^+}^{Ca^{2+}}) = (K_{H^+}^{1/2Ca^{2+}})^2$$

$$(K_{z_b A}^{z_a B}) = (K_{1/z_a A}^{1/z_b B})^{z_a z_b}$$

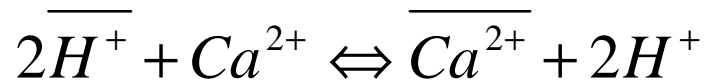
# loi-trukearen oreka

## loi-trukearen oreka

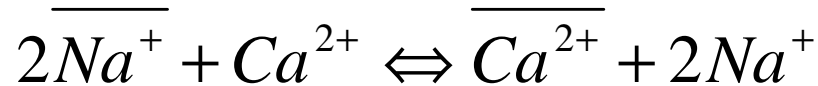
- bi katioien  $H^+$ -arekiko trukeak ezagunak badira:



$$K_{H^+}^{Na^+} = \frac{|\overline{Na^+}| \cdot |H^+|}{|H^+| \cdot |Na^+|}$$



$$K_{2H^+}^{Ca^{2+}} = \frac{|\overline{Ca^{2+}}| \cdot |H^+|^2}{|H^+|^2 \cdot |Ca^{2+}|}$$



$$K_{2Na^+}^{Ca^{2+}} = \frac{|\overline{Ca^{2+}}| \cdot |Na^+|^2}{|Na^+|^2 \cdot |Ca^{2+}|}$$

$$K_{2Na^+}^{Ca^{2+}} = \frac{K_{2H^+}^{Ca^{2+}}}{\left(K_{H^+}^{Na^+}\right)^2}$$

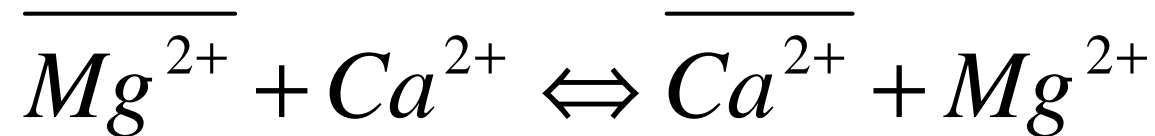
$$(K_{z_b A}^{z_a B}) > 1$$

B-ren erretxinarekiko  
afinitatea A-rena baino  
handiagoa

$$(K_{z_b A}^{z_a B}) = \frac{(K_{z_b H}^B)^{z_a}}{(K_{z_a H}^A)^{z_b}}$$

# loi-trukearen oreka

- Kalkulatu hurrengo loi-trukearen orekari dagokion selektibitate-koefizientea:



hurrengo selektibitate-koefizienteetatik abiatuta:

$$K_H^{Ca/2} = 11.55 \quad K_H^{Mg/2} = 5.75$$

# loi-trukearen oreka

## ● Selektibitate-koefizienteak:

- GM-k  $\uparrow$ : selektibitate-koefiziente altuagoak
- loiaren tamainak  $\uparrow$ : selektibitate-koefiziente altuagoak
- loi hidratatuaren - tamainak  $\uparrow$ : selektibitate-koefiziente baxuagoak
- loaren kargak  $\uparrow$ : selektibitate-koefiziente altuagoak (kontzentrazio baxutan)

ION	RESIN			
	Sulphonated PSDVB with 8% cross-linking	Sulphonated PSDVB with 4% cross-linking	PSDVB with $-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ groups with 6-10% cross-linking	PSDVB with $-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}$ groups with 8% cross-linking
$\text{Li}^+$	0.79	0.76		
$\text{H}^+$	1.00	1.00		
$\text{Na}^+$	1.56	1.20		
$\text{NH}_4^+$	2.01	1.44		
$\text{K}^+$	2.28	1.72		
$\text{Rb}^+$	2.49			
$\text{Cs}^+$	2.56			
$\text{Ag}^+$	6.70	3.58		
$\text{Tl}^+$	9.76			
$\text{Mg}^{2+}$	1.15	0.99		
$\text{Ca}^{2+}$	1.80	1.39		
$\text{Sr}^{2+}$	2.27	1.57		
$\text{Ba}^{2+}$	4.02	2.50		
$\text{Zn}^{2+}$	1.21	1.05		
$\text{Cu}^{2+}$	1.35	1.10		
$\text{Ni}^{2+}$	1.37	1.16		
$\text{Pb}^{2+}$	3.46	2.20		
$\text{OH}^-$			0.09	0.5
$\text{F}^-$			0.09	0.08
$\text{Cl}^-$			1.00	1.00
$\text{Br}^-$			2.8	3.5
$\text{I}^-$			8.7	18.0
$\text{CH}_3\text{CO}_2^-$			0.17	
$\text{CN}^-$			1.6	
$\text{NO}_3^-$			3.8	3.0
$\text{SCN}^-$				4.3
$\text{ClO}_4^-$				10.0

Fig. 9.4a Selectivity coefficients for various ions on cross-linked PSDVB resins. Cations are exchanging with  $\text{H}^+$ , anions with  $\text{Cl}^-$



# loi-trukearen oreka

## ● Banaketa-koefizientea, D

- erretxinan dagoen ioiaren kontzentrazio osoaren eta ur-disoluzioan dagoen ioiaren kontzentrazio osoaren arteko erlazioa,  
**oreka-egoeran**

$$z_b \overline{A} + z_a M \rightleftharpoons z_a \overline{M} + z_b A \quad K_{z_b A}^{z_a M} = \frac{|\overline{M}|^{z_a} \cdot |A|^{z_b}}{|\overline{A}|^{z_b} \cdot |M|^{z_a}}$$

$$z_b \overline{H^+} + M \rightleftharpoons \overline{M} + z_b H^+ \quad K_{z_b H}^M = \frac{|\overline{M}| \cdot |H^+|^{z_b}}{|\overline{H^+}|^{z_b} \cdot |M|}$$

$$\frac{|\overline{M}|}{|M|} = D = K_{z_b H}^M \cdot \frac{|\overline{H^+}|^{z_b}}{|H^+|^{z_b}}$$

$$\log D = \log K_{z_b H}^M + z_b \cdot \log |\overline{H^+}| + z_b \cdot pH$$

**Hasieran  
disoluzioan  
dagoen ioiak  
(M-ak)  
besterik ez  
du parte  
hartzen!!**

$$D = \frac{|M^{n+}|_{\text{osoa}}}{|M^{n+}|_{\text{osoa}}}$$

# loi-trukearen oreka

## ● Finkapen-zenbakia, $\tau$

- banaketa-koefizientea masatan (mol-etan) adierazita

$$z_b \bar{A} + z_a M \rightleftharpoons z_a \bar{M} + z_b A \quad K_{z_b A}^{z_a M} = \frac{|\bar{M}|^{z_a} \cdot |A|^{z_b}}{|\bar{A}|^{z_b} \cdot |M|^{z_a}}$$

$$\tau_M = \frac{\text{mol } M_{\text{erretx}}}{\text{mol } M_{\text{disol}}} = \frac{B_{\text{erretx}} \cdot |\bar{M}|}{B_{\text{disol}} \cdot |M|} = r \cdot D$$

$$\tau_M = \frac{\text{mol } M_{\text{erretx}}}{\text{mol } M_{\text{disol}}} = \frac{\text{masa}_{\text{erretx}} \cdot |\bar{M}|}{B_{\text{disol}} \cdot |M|} = \frac{\text{masa}_{\text{erretx}}}{B_{\text{disol}}} \cdot D$$

- Banaketaren etekina, %E

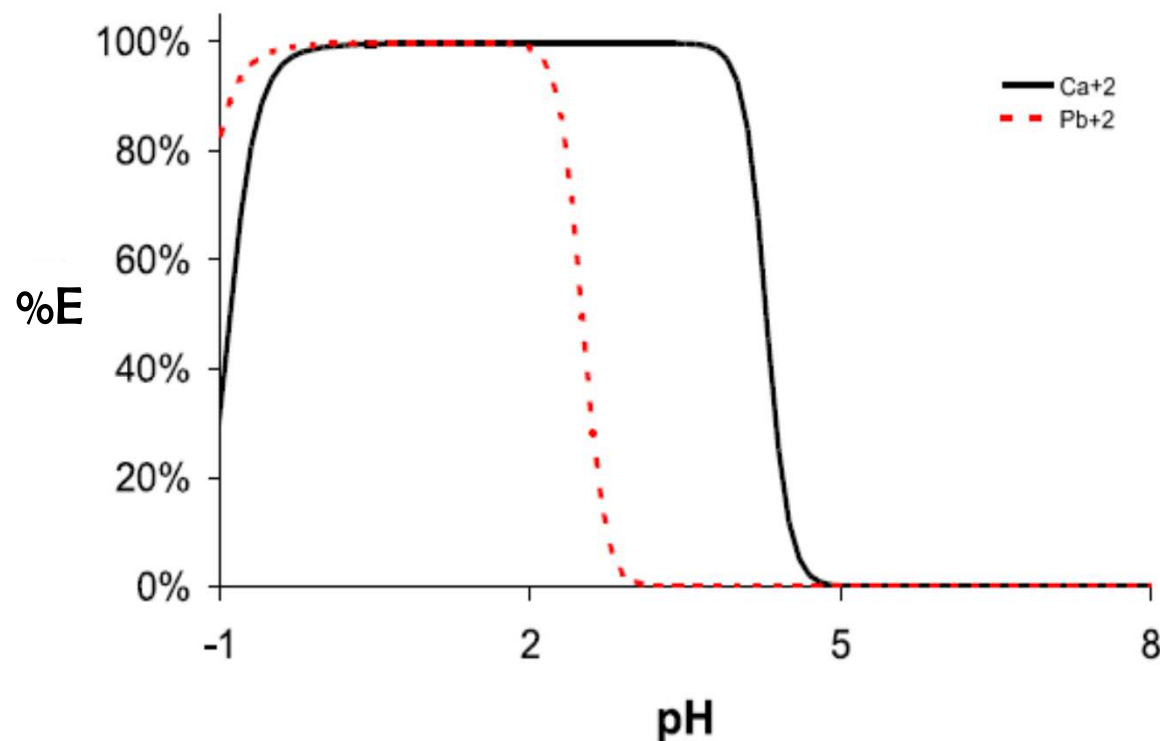
$$\% E = \frac{\text{mol } M_{\text{erretx}}}{\text{mol } M_{\text{osoa}}} \cdot 100 = \frac{\tau_M}{1 + \tau_M} \cdot 100$$

# loi-trukearen oreka

● Bi ioien (A eta B ioien) arteko bereizketa: kuantitatibotasuna

- A metalaren berreskurapena (etekina): %99.9
- B metalaren berreskurapena (etekina): %0.1

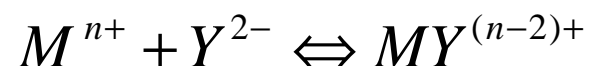
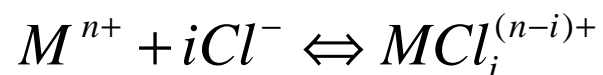
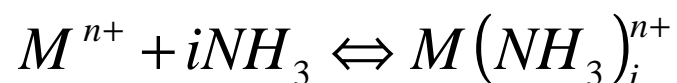
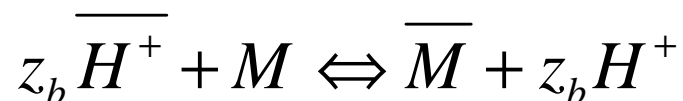
$$\tau_A \geq 10^3 \text{ eta } \tau_B \leq 10^{-3}$$



# loi-trukearen oreka

## ● Beste oreka batzuen eragina

- M disoluzioan: hidroxido eta beste estekatzailerik batzuekin erreakzioak gehien bat
- loi-trukearen oreka ezkerrerantz mugitzen da



$$D = \frac{|\overline{M^{n+}}|_{osoa}}{|M^{n+}|'} = \frac{|\overline{M^{n+}}|_{osoa}}{|M^{n+}|_{osoa} \cdot \alpha_M}$$

$$K'_{z_b H} = \frac{|\overline{M}| \cdot |H^+|^{z_b}}{|H^+|^{z_b} \cdot |M|'} = \frac{K_{z_b H}^M}{\alpha_M}$$

$$\frac{|\overline{M}|}{|M|'} = D = K'_{z_b H} \cdot \frac{|H|^{z_b}}{|H|^{z_b}}$$

$$\log D = \log K_{z_b H}^M + z_b \cdot \log |\overline{H^+}| + z_b \cdot pH - \log \alpha_M$$

# loi-trukea praktikan

## ● Erretxinaren prestaketa

### ■ Erretxina urarekin kontaktuan jarri eta orekara heltzen utzi:

Erretxinaren puztutzea

### ■ Erretxina azidoarekin edo basearekin garbitu:

Polimerizazioaren azpiproduktuak eta/edo aurreko erabileraren hondarrak garbitzea

### ■ Erabiliko den elektrolito-disoluzioarekin kontaktuan jarri eta orekara heltzen utzi:

Ur-faseren arteko bat-bateko osmosi aldaketa saihestu / indar ionikoaren aldaketak arindu / erretxinaren paketatzearen eraldaketa saihestu

### ■ Erretxina erabiliko den ioi-eran prestatu :

Talde ionogenikoaren kontra-ioia aukeratu:  $H^+$ ,  $Na^+$ ;  $OH^-$ ,  $Cl^-$

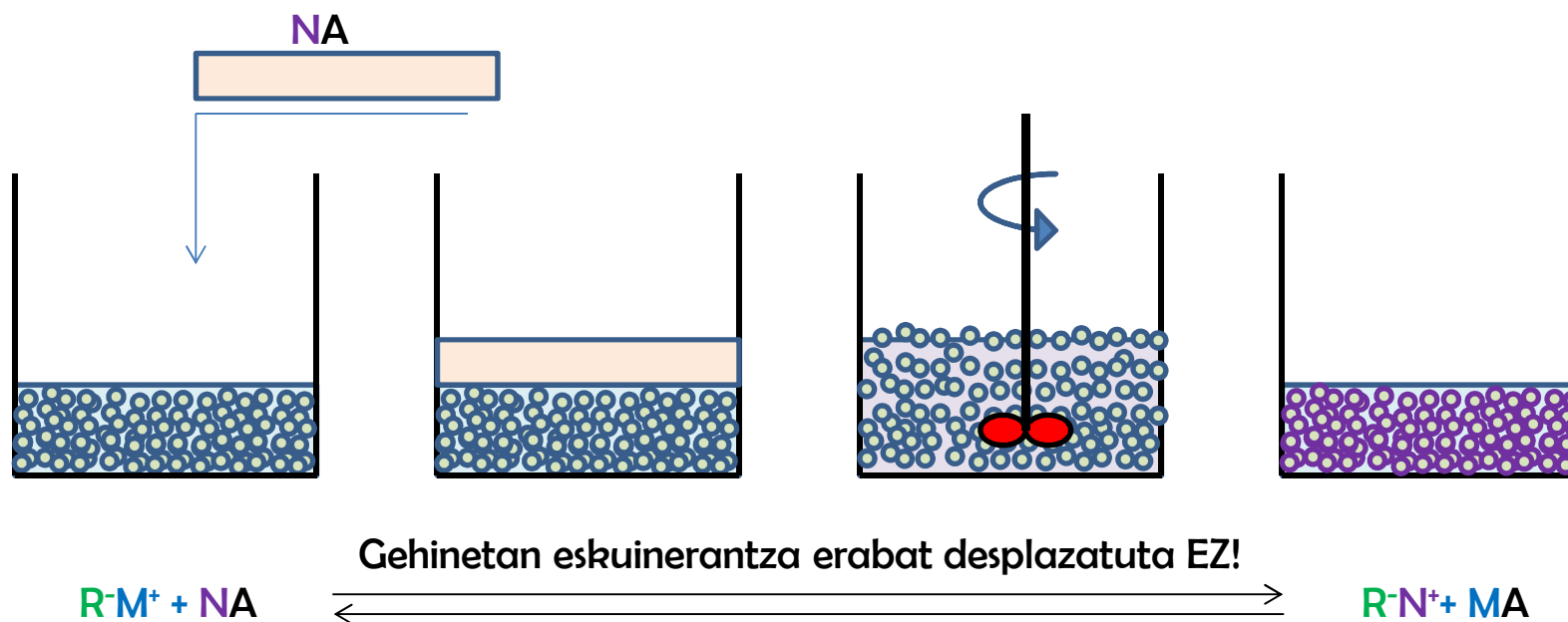
**Erretxina erabili baino lehen:** garbi, erabiliko den medioan puztuta eta aukeratu dugun eran

# loi-trukea praktikan

## loi-trukea aurrera eramateko moduak

### ➤ Urrats bakarreko prozesua

- Intereseko eran dagoen erretxina pisatu
- Trukatu nahi diren ioiak dituen disoluzio baten bolumen zehatz batekin nahastu
- Irabiatu eta orekara heltzen utzi



**IOI-TRUKEAREN OREKA**

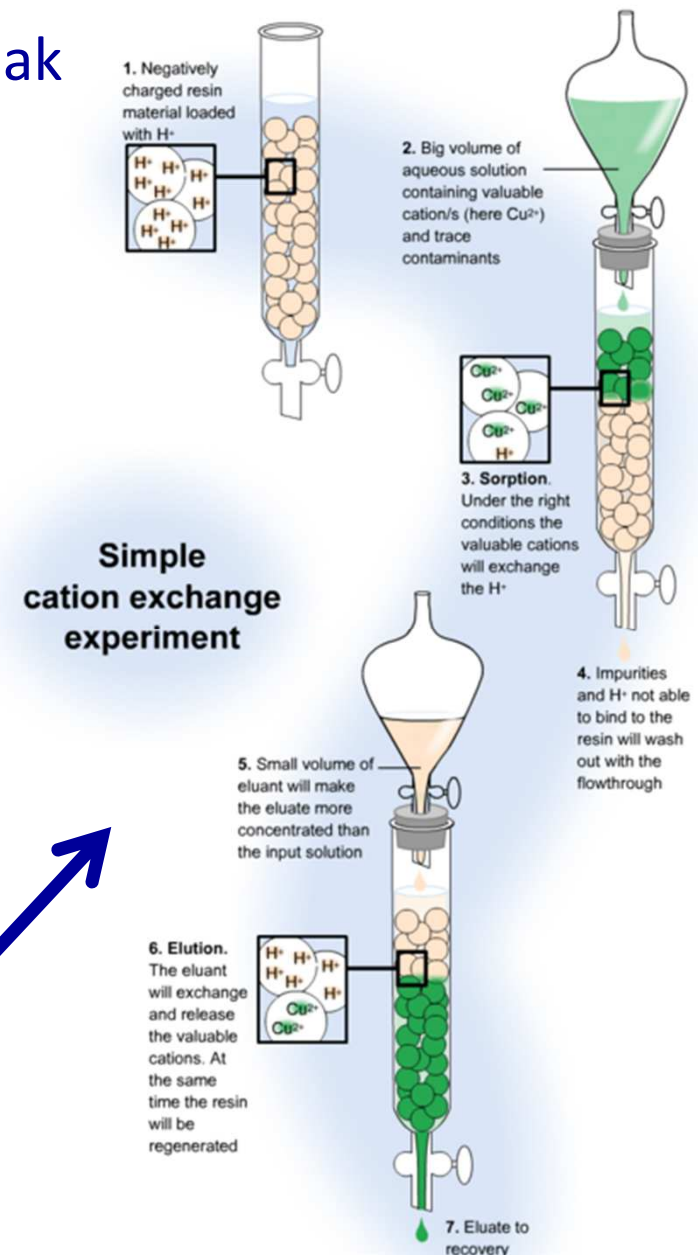
# loi-trukea praktikan

## loi-trukea aurrera eramateko moduak

### ➤ loi-trukea zutabeen

- Erretxina egokitu ondoren zutabeen (30-60 cm luzera eta 1-2 cm Ø) paketatu
- Trukatu nahi diren ioiak dituen disoluzio baten bolumen zehatza zutabeen zehar pasatu grabitatez, astiro (1-3 mL/min)
- Trukea bata bestearen ondorengo urrats bakarreko anitzetan gertatzen da: etekin hobe

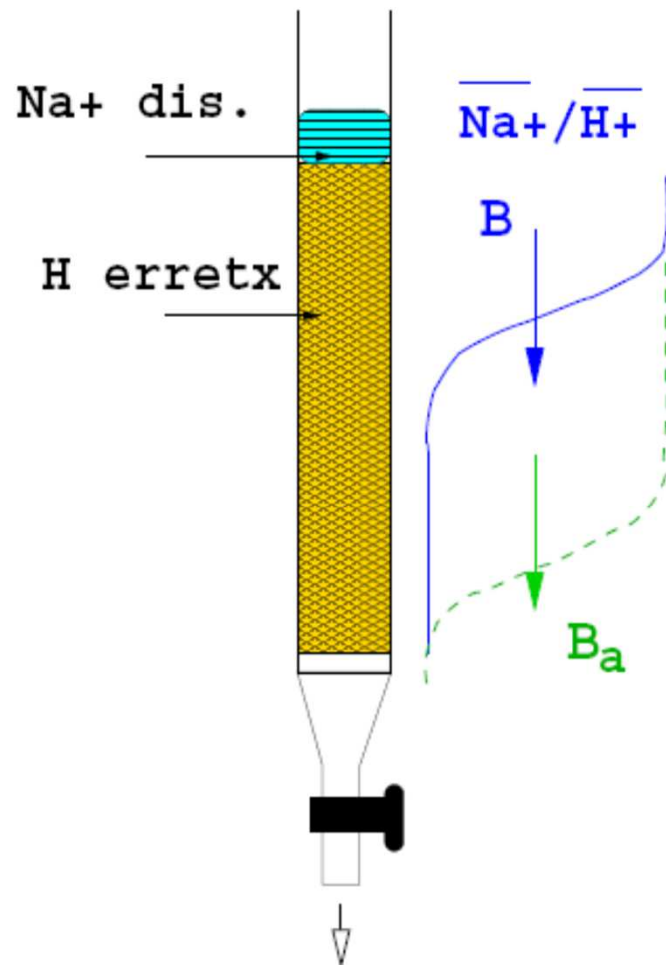
**Adb.: Kobrearen banaketa  
eta aurrekontzentrazioa**



# loi-trukea praktikan

## ➤ loi-trukea zutabeen

- Ioin truke kuantitatiboak aurrera eramateko biderik ohikoena eta eraginkorrena



- Disoluzioak zutabeen behera egiten duen heinean, gero eta txikiagoa da  $\text{Na}^+$ -aren kontzentrazioa disoluzioan
- $\text{H}^+$ -en kontzentrazioa disoluzioan, berriz, gero eta handiagoa
- Zutabearen **asetze-bolumena** ( $B_a$ ): zutabe espezifiko horren truke-ahalmena
  1. Selektibitate-koefizientearen ( $K_A^B$ -ren) menpe
  2. Erretxinaren ezaugarri fisikoen menpe: partikula-tamaina, zutabearen luzera, fluxu-abiadura...

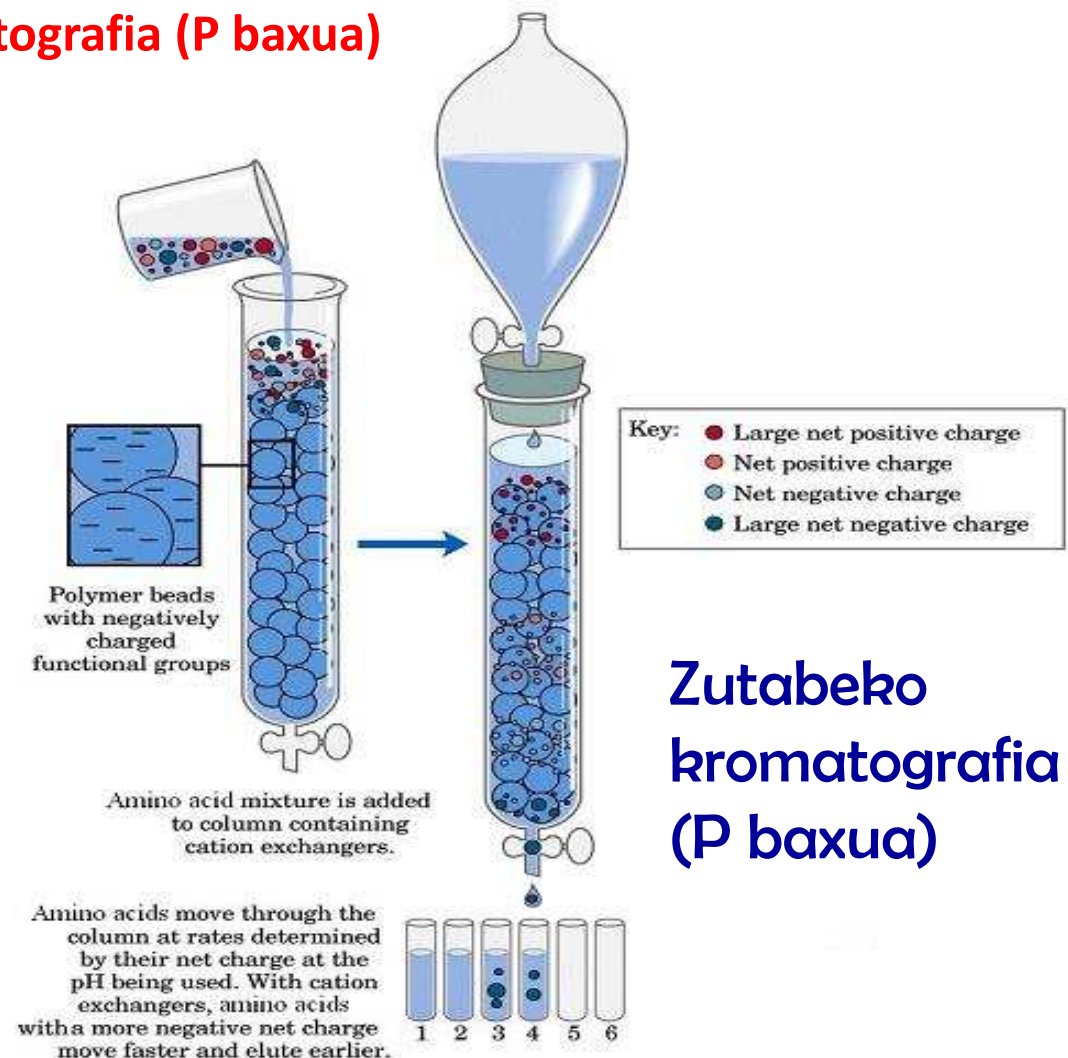


# loi-trukea praktikan

## ● loi-trukea aurrera eramateko moduak

### ➤ loi-trukearen bidezko kromatografia (P baxua)

- Zutabeko trukearen antzekoa baina **fase mugikorra erabiliz**
- **Erretxina**ren partikulak txikiagoak dira. Afinitate baxuko ioi batekin kargatuta
- **Fase mugikorra** (erretxina hasieran kargatuta dagoen ioia daukana) **presio baxutan** pasarazten da erretxinean zehar
- Bereiztu beharreko ioiak dituen **lagina** zutabearen hasieran eta fase mugikorrarekin eluitu
- Ioi askotariko nahaste diluituen denborarekiko **bereizketa**



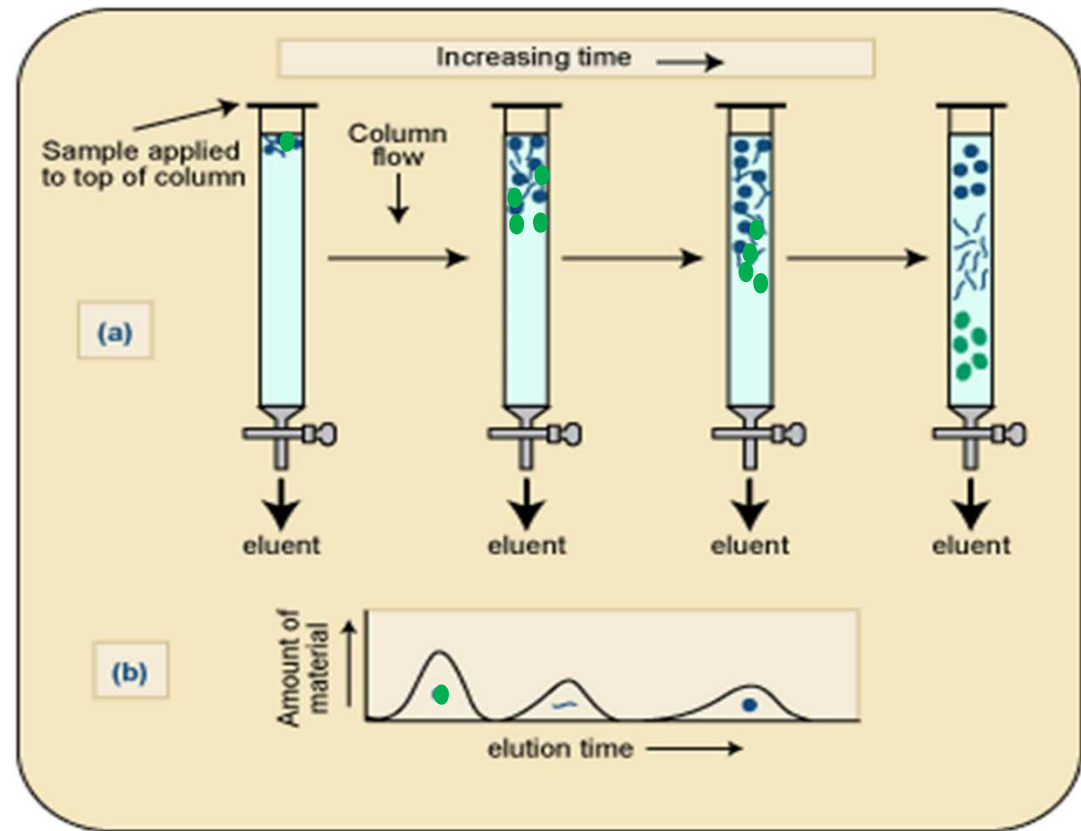
**Zutabeko  
kromatografia  
(P baxua)**

# loi-trukea praktikan

## ● loi-trukea aurrera eramateko moduak

### ➤ loi-trukearen bidezko kromatografia (P altua)

- Zutabeko trukearen antzekoa:  
**fase mugikorra erabiliz + zutabearen dimentsioak  $\neq$**   
(10-20 cm luze; 4.6 mm  $\varnothing$ )
- **Erretxinaren** partikulak txikiagoak dira. Afinitate baxuko ioi batekin kargatuta
- **Fase mugikorra** (erretxina hasieran kargatuta dagoen ioia daukana) **presio altutan** pasarazten da erretxinean zehar
- Bereiztu beharreko ioiak dituen **lagina** zutabearen hasieran eta fase mugikorrarekin eluitu
- Ioi askotariko nahaste diluituen denborarekiko **bereizketa**



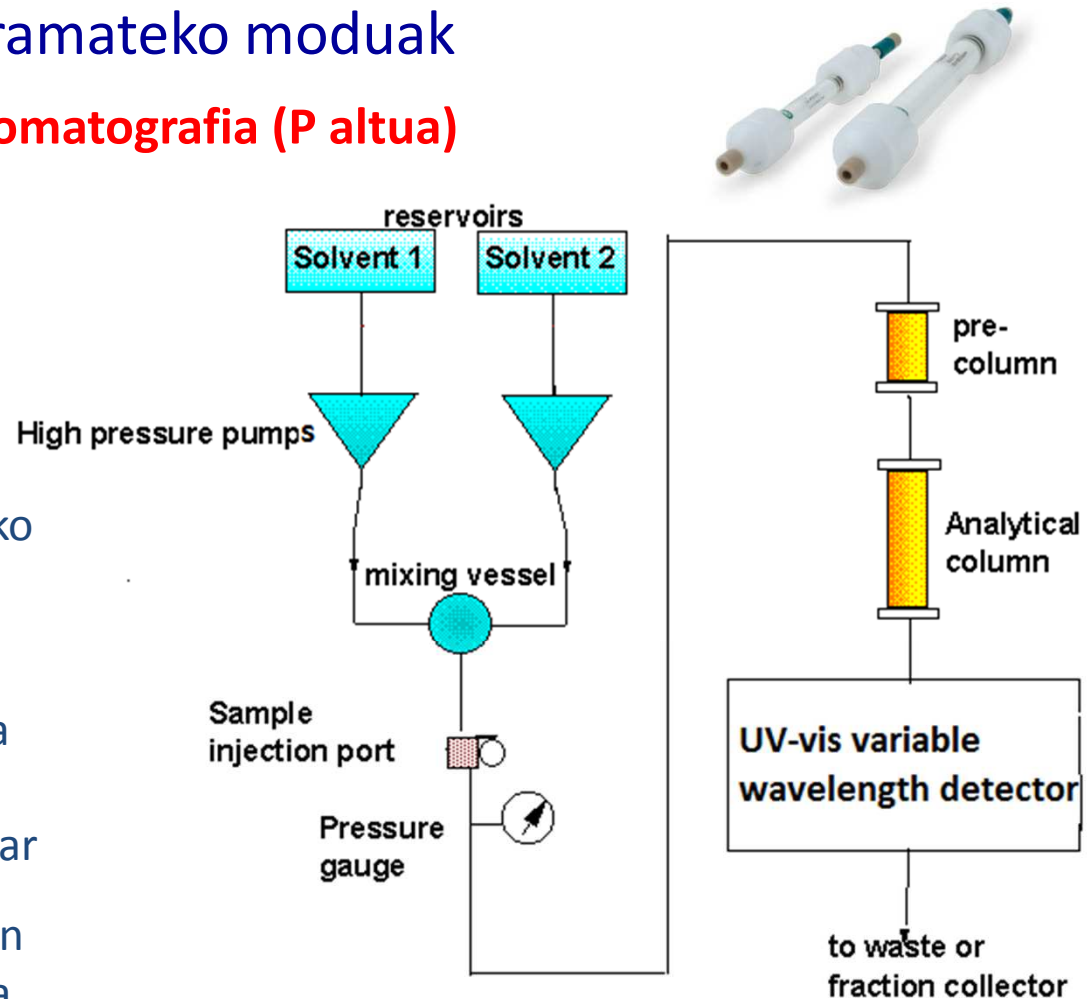
## Erresoluzio altuko kromatografia (P altua)

# loi-trukea praktikan

## loi-trukea aurrera eramateko moduak

### ➤ loi-trukearen bidezko kromatografia (P altua)

- Zutabeko trukearen antzekoa:  
**fase mugikorra erabiliz + zutabearen dimentsioak  $\neq$**   
(10-20 cm luze; 4.6 mm  $\varnothing$ )
- **Erretxina**ren partikulak txikiagoak dira. Afinitate baxuko ioi batekin kargatuta
- **Fase mugikorra** (erretxina hasieran kargatuta dagoen ioia daukana) **presio altutan** pasarazten da erretxinean zehar
- Bereiztu beharreko ioiak dituen **lagina** zutabearen hasieran eta fase mugikorrarekin eluitu
- Ioi askotariko nahaste diluituen denborarekiko **bereizketa**



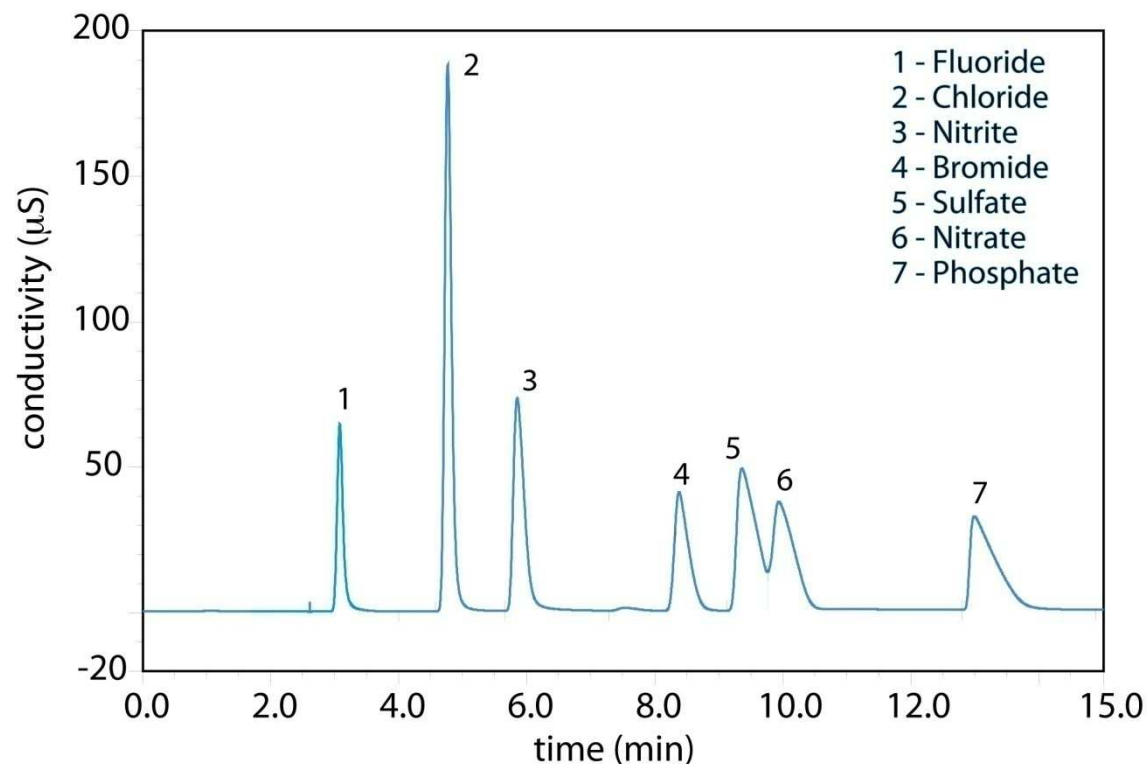
**Erresoluzio altuko kromatografia  
(P altua)**

# loi-trukea praktikan

## loi-trukea aurrera eramateko moduak

### ➤ Eluituaren analisia

- Frakzioen analisia: teknika klasikoak (bolumetriak)
- Eluituaren etengabeko analisia (kromatografian): teknika instrumentalak



### loi-trukearen bidezko kromatografia: anioien bereizketa

- Anioi-erretxina sendoa  $R^+HA^-$  ( $R^+$ : amina kuaternarioa;  $H_2A$ : azido ftalikoa,  $pK_{a1}$ : 5.1;  $pK_{a2}$ : 7.9)
- Fase mugikorra: azido ftalikoa 5 mmol/L
- pH: 4.4
- Detekzioa: eroaletasuna

# loi-trukearen aplikazioak

## ● Aplikazioak

### ✓ loirik gabeko uraren prestaketa

- Erretxinen konbinazioa:  
Katioi-trukatzailea protoi eran  $R-H^+$   
Anioi-trukatzailea hidroxido eran  $R-OH^-$

### ✓ Katioien edo anioien kontzentrazio osoaren determinazioa

- Katioiak edo anioiak dituen lagina  $R-H^+$  edo  $R-OH^-$  erretxinatik pasatu
- Askatutako  $H^+$  edo  $OH^-$  AZIDO/BASE balorazioen bidez determinatu

### ✓ Disoluzioen kontzentrazioa

- Aztarna-mailan dauden metalak kontzentratu
- Ur-laginaren bolumen handia zutabe txiki batetik pasatu
- Konposizio egokia duen disolbatzailearen kantitate txikia pasatu erretxinan atxikitutako metalak berreskuratzeko

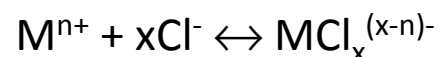
### ✓ Uraren gogortasuna

- Katioi-trukatzailea  $Na^+$  eran  $R-Na^+$

# loi-trukearen aplikazioak

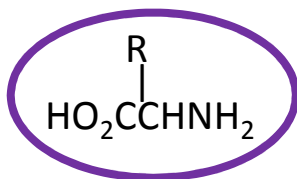
## ● Aplikazioak

### ✓ Trantsizio metalen bereizketa anioi-trukatzaileen bidez

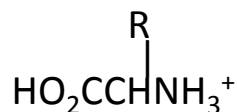


- M-ak erretxinean  $c_{HCl}$  altuarekin;  $c_{HCl}$ -a gutxituz joan metalak banan-banan berreskuratzeko. Konplexuen egonkortasuna:  $Ni^{2+} < Mn^{2+} < Co^{2+} < Cu^{2+} < Fe^{3+} < Zn^{2+}$

### ✓ Aminoazidoen bereizketa ioi-trukearen bidez

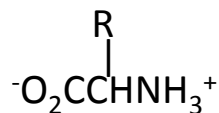


pH baxuetan



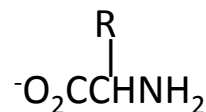
katioia - katioi-trukatzailea

pH ertainetan



zwetterioia - karga osoa zero -  
ez da atxikituko

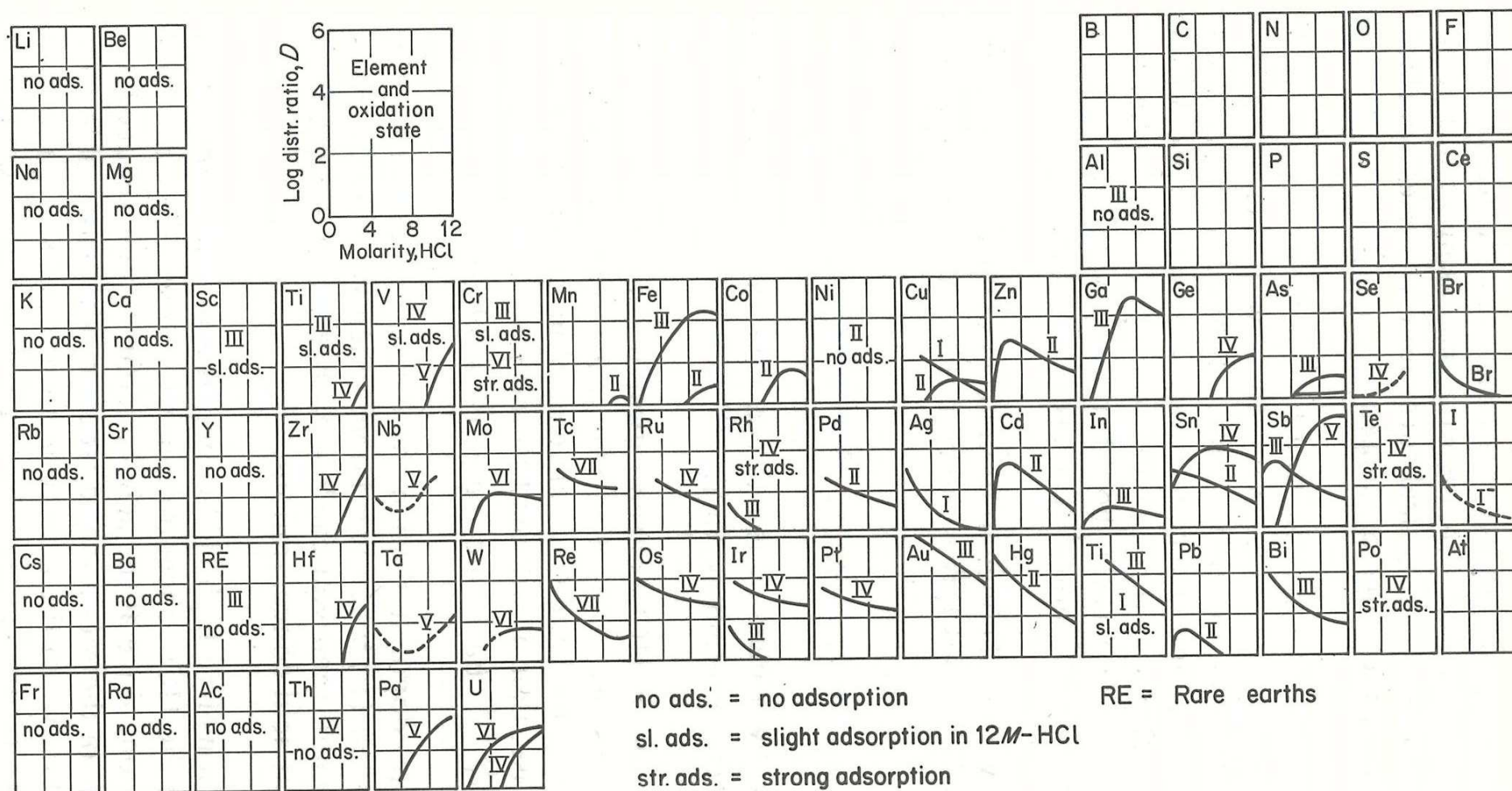
pH altuetan



anioia - anioi-trukatzailea

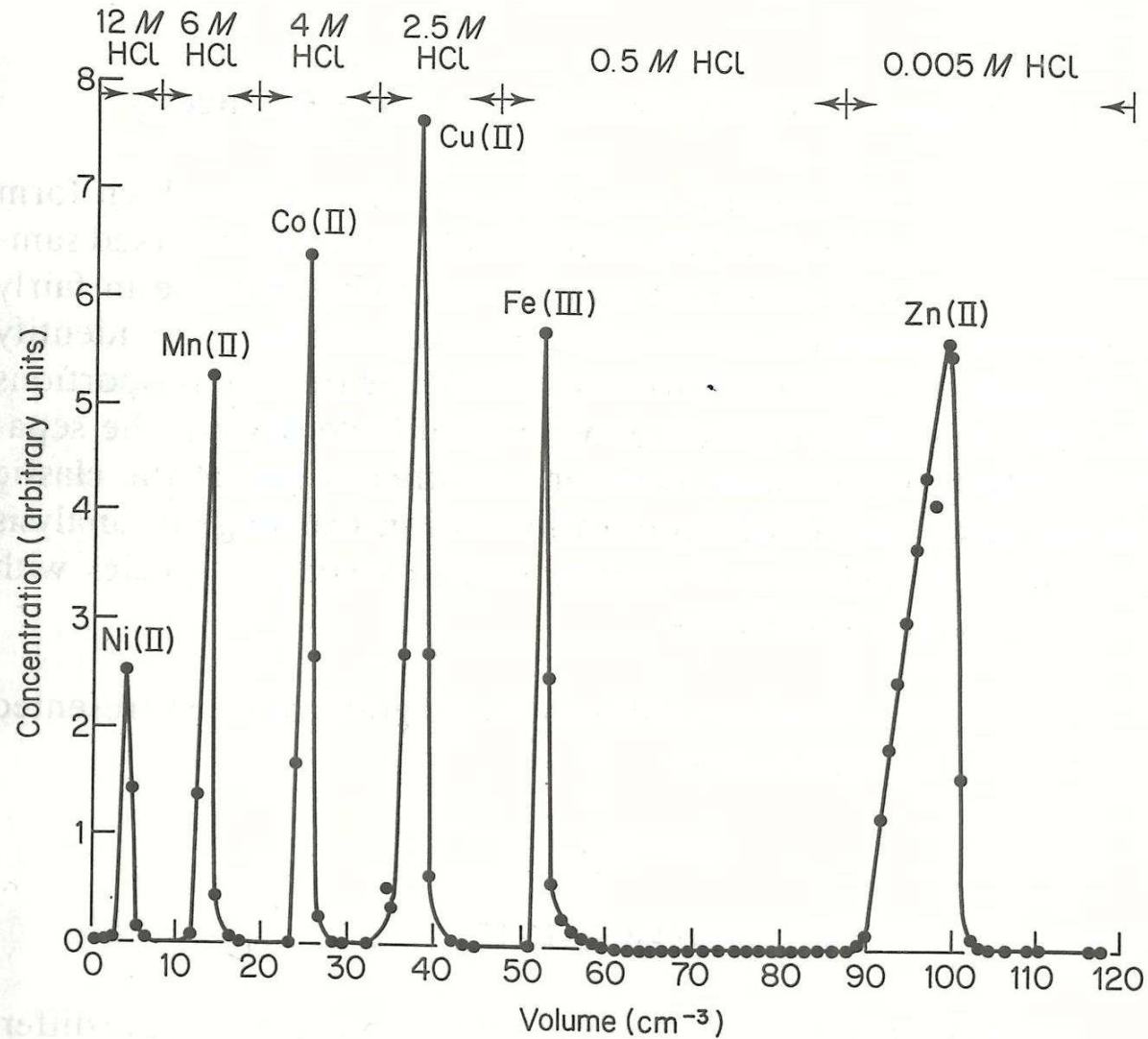


## Trantsizio metalen bereizketa anioi-trukatzailen bidez



**Fig. 9.5a.** Distribution ratios of the elements on Dowex-1 anion exchange resin as a function of the hydrochloric acid concentration

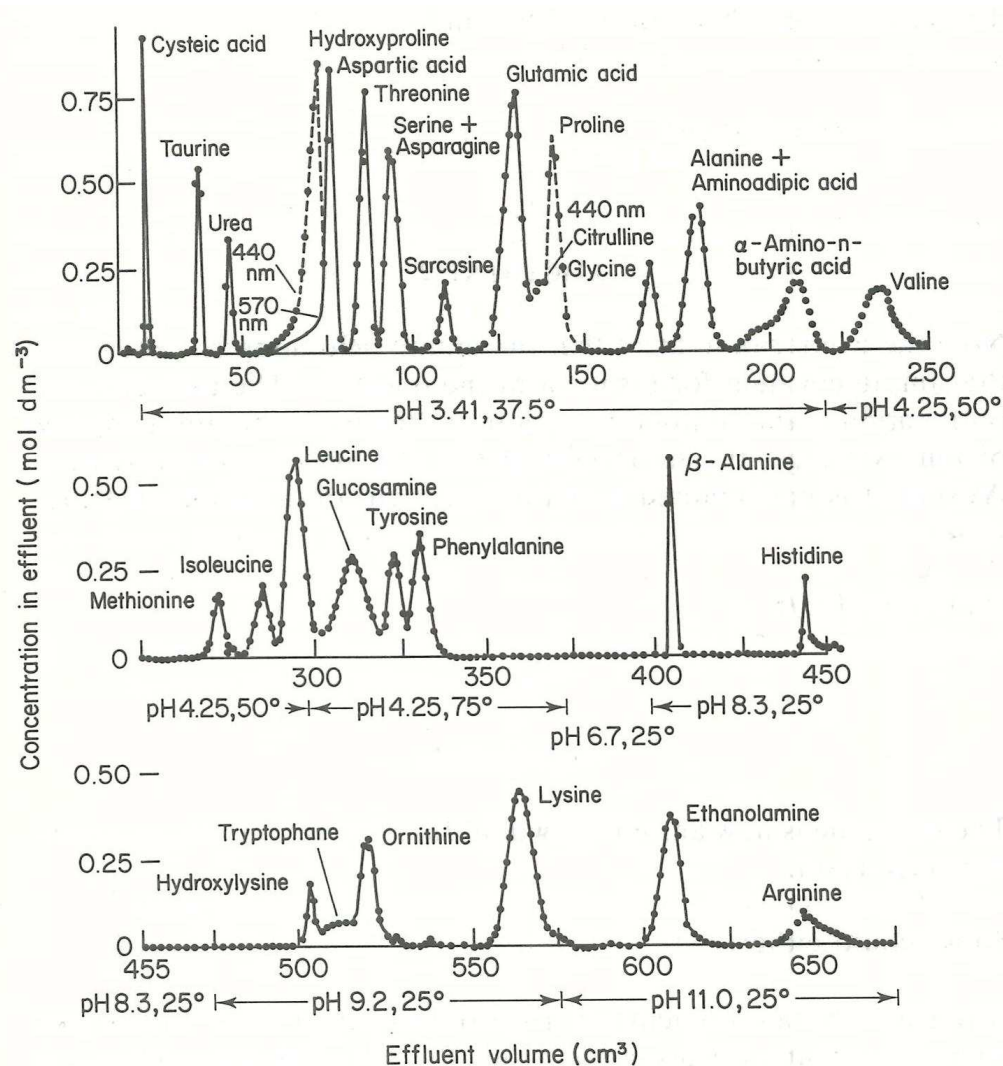
## Trantsizio metalen bereizketa anioi-trukatzailen bidez



**Fig. 9.5b.** Separation of transition elements Mn to Zn (Dowex-1 column; 26 cm  $\times$  0.29 cm; flow-rate = 0.5 cm min<sup>-1</sup>)



## Aminoazidoen bereizketa ioi-trukearen bidez



**Fig. 9.5c.** Analytical separation of amino-acids by elution development. Temperature and pH of the eluent are changed stepwise. The effluent is recorded spectrophotometrically at 440 and 570 nm after reaction with ninhydrin. Eluent: sodium citrate buffer for pH 3.41 to 6.7, sodium carbonate–bicarbonate buffer for pH 6.7 to 11.0; resin: Dowex 50-X8 in  $\text{Na}^+$  form. Temperatures in  $^{\circ}\text{C}$