

# 1. Gaia: TERMODINAMIKA

- Prozesu ezberdinetan gertatzen diren energia trukeak aztertzen dituen kimikaren atala
- Propietate makroskopiketan oinarrituz sistema kimiko eta fisikoko energia trukeak aztertuz

## - Sistema

- Aztergai den unibertsoaren zatia

- Sistema inguratzen duena ingurua

sistema + ingurua = unibertza

- Sistema irekia: ingururekin energia eta materia trukea

- Sistema itxia: ingururekin energia trukea

- Sistema isolatua: Trukeak ez.

## • Propietate fisiko makroskopikoak

- Sistema deskribatzeko erabiltzeko

- Esteroioak Materia kantitatearekin aldatzen dira.

- $n$  (mol. kop.)

- $V$  (bolumena)

...

- Intentsioak Materia kantitatearekin aldatu ez

- $T$  (temperatura)

- $P$  (presioa)

- Epeera funtzioak (termodinamikoak)

- Bidearekin aldatu ez, hasierako eta bukaerako epeekin batantze

- $T, P, U, H, \dots$

- Ez-termodinamikoak

- Bidearekin aldatzen dira

- $t$  (denb.),  $W, q, \dots$

## • Prozesu termodinamikoak

- Oreak batetik beste batera ematen den prozesua / transformazioa

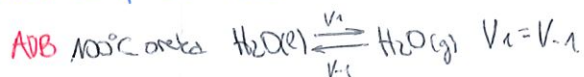
- Sistemak prozesu aurrerik eta ondoren orekan egon behar du (oreka termodinamiko)

→ Oreka termodinamiko

- Oreka termikoa:  $T = kT_e$ ,  $T(\text{erist}) = T(\text{ing})$

- Oreka mekanikoa: Higidura makroskopikorik ez:  $P(\text{erist}) = P(\text{ing})$

- Oreka kimikoa: Konposizio ktea. Oreka dinamikoa



• Prozesu termodinamikoen sailkapena

1. Propietate bat konstante

- Isoterma Temperatura konstantea.  $\Delta T = 0$
- Isobara Presio konstantea.  $\Delta P = 0$
- Izokora Bolumen konstantea  $\Delta V = 0$
- Adabatihoa Bera konstante  $\Delta Q = 0 / q = 0$

2. Sistemaren propietateen aldakotasunari erreparatu

- Itzulgarriak: Prozesuak sistemaren aldetik infinituak
- Itzulizinak: Prozesuak sistemetik aldetik finituak
- Prozesuan zehar  $P(\text{sist}) \approx P(\text{ing})$   
Edozein momentutan norantza alda daiteke
- Prozesuan  $P(\text{sist}) \neq P(\text{ing})$   
Norantza finkoa

⇒ Termodinamikaren 1. printzipioa

- $U$  = barne energia sistemaren energia totala
  - Energia zinetikoa (molekulen mugimendua)
  - + Energia potentziala (lotura kimikoena)
- Balioa sistemaren aldagaien ( $R, V, T$ ) murrerak

$U$  = energia funtzioa

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A$$

$$\Delta U_{BA} = U_A - U_B = -\Delta U_{AB}$$

$$\Delta U_{AA} = U_A - U_A = 0 \text{ (zirkulara)}$$

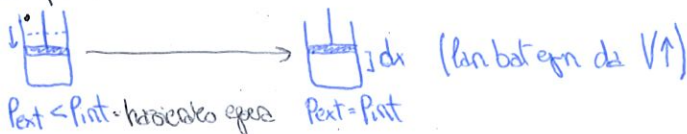
- Sistemak inguruetan energia truka dezake  $w/q$
- $w$  eta  $q$  energia transferentzia bideak ez energia formak

•  $w$  = lana

- Indar baten kontra sistema mugaraztea
- Lana sistemaren gainean eginez gero  $U_{\text{sist}} \uparrow w > 0$
- Lana sistemak eginez gero  $U_{\text{sist}} \downarrow w < 0$



→ Hedapen lana



$$W = - \int_{V_1}^{V_2} P_{\text{ext}} \cdot dV = -P_{\text{ext}} \cdot \Delta V$$

$$W = -P_{\text{ext}} \cdot \Delta V$$

$$F = P_{\text{ext}} \cdot \text{Azal.}$$

$$W = P_{\text{ext}} \cdot \underbrace{\text{Azal} \cdot h}_{\Delta V}$$

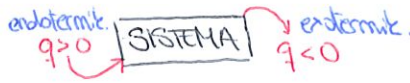
→  $W = -nRT \ln V_2/V_1$   
 $T = \text{kte.} \uparrow$

•  $q$  = beroa

• Lotura mekanikoki ez dagoen energia transferentzia modua  
 $\Delta T$  inam eta eragile

→ Unitatea

- Biozentzatan cal (1g H<sub>2</sub>O 1°C)
- NS: J 1cal = 4.184 J



$$q = n \cdot C \cdot \Delta T = m \cdot C \cdot \Delta T$$

m = masa

n = mol. kant.

•  $C_v$  bero transf.  $V$  = kte.

•  $C_p$  bero transf.  $P$  = kte.

$C$  = bero ahalmena substantziaren 1mol 1°C igotzeko behar den beroa  
= bero espezifikoaren kantitatea gramotan

→ 1. printzipioa

$$\Delta U = q + w$$

• Sistema isolatu  $\Delta U = 0$

• Energia ezin da ez sortu ez desagatu, erabitu bai

• Unbertsuan energia konstantea

→ Prozesu isoterma

$$V = \text{kte } w = 0$$

$$\Delta U = q + w = q - P\Delta V \rightarrow \Delta U = q_v$$

•  $\Delta U > 0$  endotermikoa, beroa xurgatu

$\Delta U < 0$  exotermikoa, beroa askatu

→ Entalpia  $H$

• Egoera funtzio berria  $H = U + PV$

→ Prozesu isoterma

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta H = q + w + P\Delta V \rightarrow \text{kalapen lana besterik ez bada } \Delta H = q_p \\ \Delta U = q + w \end{array} \right.$$

•  $\Delta H > 0$  endotermikoa. Beroa xurga

$\Delta H < 0$  exotermikoa. Beroa askatu

• Substantziak solido edo likidoak bada

-konprimazun  $\Delta V \approx 0$   $\Delta H \approx \Delta U$

→ gasak bada

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V \quad \Delta H = \Delta U + \Delta nRT$$

$$P\Delta V = \Delta nRT$$

• Prozesu isoterma  $\Delta U \cdot n = q_v$

Prozesu isoterma  $\Delta H \cdot n = q_p$



### → Fase aldaketan entalpia

- Likido → Gas Luruntze ent.  $\Delta H_{\text{vap}} = H(\text{gas}) - H(\text{likido})$
- Solido → Likido Fusio ent.  $\Delta H_{\text{fus}} = H(\text{lik}) - H(\text{solido})$
- Likido → Solido Izozte ent.  $\Delta H_{\text{iz}} = H(\text{sol}) - H(\text{lik}) = -\Delta H_{\text{fus}}$
- Gas → Likido Kondentazio ent.  $\Delta H_{\text{kon}} = H(\text{lik}) - H(\text{gas}) = -\Delta H_{\text{vap}}$
- Solido → Gas Sublimazio ent.  $\Delta H_{\text{sub}} = H(\text{gas}) - H(\text{sol}) = \Delta H_{\text{fus}} + \Delta H_{\text{vap}}$

### → Erreakzio-entalpia

- Presa konstantean erreakzio batek askatutako edo xurgatutako beroa
- Erreakzio entalpia estandarra  $\Delta H^\circ$   $p = 1 \text{ bar}$

### → Hess-en legea

<< Erreakzio kimiko baten erreakzio entalpia, erreakzioa bana dutekeen urrats ezberdiren entalpien bataketa >>

#### • Formazio entalpia estandarra

$\Delta H_f^\circ$  = balditza estandarretan 1 mol formatzeko behar den beroa

$$\Delta H_r^\circ = \sum \Delta H_f^\circ(\text{prod}) - \sum \Delta H_f^\circ(\text{err})$$

### → Lotura energia

- Loturak eratzea endotermiko
- Loturak haustea exotermiko

$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_{\text{lotura haustak}} + \Delta H_{\text{lotura eratet}}$$

- Lotura energia gas mol bat eko subs. baten lotura bat hausteko behar den energia
- Gutxi gora-behera balioak tabulaturik

### → Erreakzio entalpien T-erako murreraketa

Kirchhoffen legea  $\Delta H_{r2}^\circ = \Delta H_{r1}^\circ + \Delta C_p (T_2 - T_1)$

$$\Delta C_p = dC_{pD} - aC_{pA} - bC_{pB}$$

$$C_p \rightarrow \text{J/K mol edo kJ/kg}$$



# 2. Entropia eta Gibbs

## • Entropia

- 1. printz. Unibertsoaren energia konstante dirau
- Proz. espontaneo kanpo eraginik gabe gertatu
- Proz. ez-espontaneo bidez gertatu ez
- Prozesu espontaneoetan energia eta materia bareratu (desordenatuap)

→ entropia: Desordenaren neurria

Egiera funtzioa

Prop. estatistika

$$S = J/K \cdot mol \rightarrow S \uparrow \text{ desordenatu } S \downarrow \text{ ordenatu desordena txikiu}$$

→ Termodinamikaren 2. printzipioa

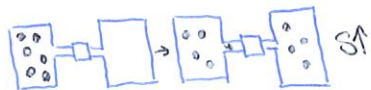
- Sistema isolatu batean prozesu espontaneo bat gertatzen bada sistemaren entropia  $\uparrow$
- Unibertsoak desordenerako etengabeko joera

Sunib beti hazaltzen

$$\Delta S_{\text{Sunib.}} = \Delta S_{\text{Sist}} + \Delta S_{\text{ing.}} \geq 0 \text{ (beti)}$$

- Solido  $\rightarrow$  Likido  $\rightarrow$  Gas  $S \uparrow$

- Solitu + disolbatzaile = disoluzio  $S \uparrow$



## • Entropia Kuantitatiboa

• Prozesu itzulgarri batean  $\Delta S = \frac{q_{\text{rev}}}{T}$

beti ee  $T = k_{\text{te}}$  bada

→ Sistema bat berotzean

$$\Delta S = n C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (P = k_{\text{te}}) \rightarrow dq_{\text{rev}} = n C_p dt$$

$$\Delta S = n C_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (V = k_{\text{te}}) \rightarrow q_{\text{rev}} = n C_v \Delta T$$

$$T_2 > T_1 \text{ bada } \Delta S > 0$$

→ Fase aldaketan

$$S_{\text{sol}} < S_{\text{lik}} < S_{\text{gas}}$$

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{T} \quad (T = k_{\text{te}})$$

$$\text{Fusio} + \text{Lurrunketa} + \text{Sublimazio} \rightarrow \Delta H > 0 \quad \Delta S > 0$$

$$\text{Kondentsazio} + \text{izozte} \rightarrow \Delta H < 0 \quad \Delta S < 0$$

• 3. printzipioa: Entropia molar estandarra

• Entropia = 0 → sistema guztiz ordenatua eskala absolutua

Kristal perfektu guztien entropia = 0  $0K = 0K$ -bada

↳ desorden posizional = 0      ↳ Desorden energetiko = 0

• Substantzien  $S^\circ$  (entr. molar est.) kalkulatu daitezke → TABULATUTA

• Elementuen  $S^\circ$  baldintza est. > 0

→ Substantzien entropia

$$S(T) = S(0) + \Delta S_{\text{beroketa}}(0 \rightarrow T) = 0 + \Delta S_{\text{beroketa}}$$

$$S(T) = \Delta S_{\text{beroketa}}$$

• Erreakzio entropia estandarra

$$\Delta S_r^\circ = \sum n S^\circ(\text{prod}) - \sum n S^\circ(\text{erreakt})$$



$$\Delta S_r^\circ = cS^\circ(C) + dS^\circ(D) - aS^\circ(A) - bS^\circ(B)$$

• Espontaneitatearen araua

- Prozesu batzuk 2. legearen kontra T↓ uia izoztu

- Berez ez, sistema isolatua ez denez ingurua aztertutik behar

→ Prozesua espontaneoa izango da entropia totala igotzean

$$\Delta S_{\text{unib}} = \Delta S_{\text{sist}} + \Delta S_{\text{ing}} > 0 \text{ derien}$$

• Ingurua hain handia non...

... sistematik transferitutako energia } P eta T aldatuz ez  
 ... sistema pasatzen denak }

$$\Delta S_{\text{sist}} > \Delta H_{\text{sist}} / T \quad \text{espontaneoa izan daikin}$$

•  $\Delta S$  eta  $\Delta H$  eta T aztertuz espontaneitatea aurrekois daitezke

| $\Delta H$ | $\Delta S$ | T    | $\Delta S - \Delta H/T$ |
|------------|------------|------|-------------------------|
| < 0 ex     | > 0        | -    | esp.                    |
| < 0 ex     | < 0        | baxu | ?                       |
| > 0 en     | > 0        | altu | ?                       |
| > 0 en     | < 0        | -    | ez esp.                 |

• Gibbsen energia askea

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta S_{\text{unib}} = \Delta S_{\text{sist}} - \frac{\Delta H}{T}$$

$$\Delta G = -T\Delta S_{\text{unib}}$$

• Espontaneitate irizpide berria  $\Delta G \leq 0$

$\Delta G < 0$  espontaneo

$\Delta G > 0$  ez espontaneo

$\Delta G = 0$  orekan

→ Erreakzio energia askea

$$\Delta G_r = \sum n_i G_{\text{prod}} - \sum n_i G_{\text{reag}}$$

↳ Baldintza estandarretan

$$\Delta G_r^\circ = \sum n_i G_{\text{prod}}^\circ - \sum n_i G_{\text{reag}}^\circ$$

→  $\Delta G_f^\circ$

$\Delta G_f^\circ > 0$  formazioa ez espontaneoa, konposatu ezegonkorra deskomposatuko da

$\Delta G_f^\circ < 0$  formazio espontaneoa, konposatu egonkorra

→ Energia askea eta lana

$$\Delta G = W_{\text{max}} \text{ (ez espontano)}$$





# 3. gaia: Oreaka Kimikoa

• Peta T konstantetan aldekoa espontanearen norabidea G-ren gutxipena

$$\Delta G = \sum_p G_{\text{prod}} - \sum_e G_{\text{reak}}$$

- Espontaneoa izateko  $\Delta G < 0$

I  $\rightarrow \Delta G < 0 \quad \sum_p G_{\text{prod}} < \sum_e G_{\text{reak}}$

II  $\rightarrow \Delta G = 0 \quad ( \quad = \quad )$  orekan

• Oreaka kimikoa

- Espontaneoki bultzatzen da

- Egia esperimentuak da, baldintzak aldatu ezean iraun

$\rightarrow$  Oreaka konstantea

• Baldintza estandarrek

$$P^\circ = 1 \text{ bar}$$

$$c(\text{kontz}) = 1 \text{ mol/L} = 1 \text{ M (disoluzioetan)}$$

• Gas idealen arteko oreaka kimikoa

$$-T = \text{kte}$$

$$G = G^\circ + RT \ln P/P^\circ$$

- n mol

$$nG = nG^\circ + nRT \ln P/P^\circ$$



$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{(P_C/P^\circ)^c \cdot (P_D/P^\circ)^d}{(P_A/P^\circ)^a \cdot (P_B/P^\circ)^b} \rightarrow \Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\substack{= \\ Q \\ \text{(enreakzio zatidura)}}$

• Oreakan  $\Delta G = 0 \rightarrow \Delta G^\circ = -RT \ln Q$  (ez!)

$$= -RT \ln K_{\text{or}} \quad K_{\text{or}} = K_p = \text{oreka letea.}$$

$$P^\circ = 1 \text{ bar} \quad K_{\text{or}} = \left[ \frac{P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \right]_{\text{oreka}} = K_p$$

$\Rightarrow [ ]$  funtzioak oreaka letea.

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$\Rightarrow X_n$ -ren funtzioak

$$K_p = K_x P^{\Delta n}$$

- Oreka kimikoa disoluzioan



$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[D]/c^\circ}{([A]/c^\circ)^a ([B]/c^\circ)^b}$$

- Orekan  $\Delta G = 0$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad K = \frac{[D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

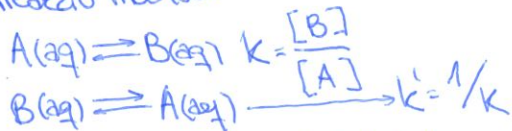
- Oreka kimikoa fase heterogenetan



$$K = \frac{P_D^d}{[A]^a} \quad (\text{gasak eta disoluzioak soilak})$$

- Oreka konstantearen propietateak

- Erreakzio inbertsua



- Erreakzio faktore bidez biderkatuak



- Erreakzioen batzea



+ kenketa  $K = K_1/K_2$

- Oreka konstantearen interpretazioa

$K_{or} < 1$  Produktuak < Erreaktiboak

$K_{or} = 1$  Produktuak = Erreaktiboak

$K_{or} > 1$  Produktuak > Erreaktiboak

- Erreakzioaren norabidea

$Q < K \quad \Delta G < 0$  espontaneo produktugintza

$Q > K \quad \Delta G > 0$  erreaktugintza espontanea

$Q = K \quad \Delta G = 0$  oreka



• Erreaktibo- produktu kuantitate aldatzek

• Produktu  $\uparrow$   $D > K$  erreaktibo sortu = erreaktibo  $\downarrow$

• Erreaktibo  $\uparrow$   $D < K$  produktua sortu = Produktu  $\downarrow$

$\rightarrow$  Zen E zaldorako bideko puzia bada aldatzeko erreakzio eraginez.

$\rightarrow$  Presioaren aldatzea (gas erreakzio)

• gas geldo bat sortuz

$$P_A = P \cdot X_A \quad \text{Jaldatu} \quad P \uparrow \quad X_A \downarrow$$

$\hookrightarrow$  mantendu

• Bolumena aldatuz

$$P_A \cdot P \cdot X_A \text{ dena aldatuko da}$$

$$V \uparrow \rightarrow P \downarrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta n < 0 \leftarrow \\ \Delta n = 0 \text{ erreakzio} = \\ \Delta n > 0 \rightarrow \end{array} \right.$$

$$V \downarrow \rightarrow P \uparrow \left\{ \begin{array}{l} \Delta n < 0 \rightarrow \\ \Delta n = 0 = \\ \Delta n = \leftarrow \end{array} \right.$$

$\rightarrow$  Taldaketa

• Taldatuz  $\rightarrow$   $K$  aldatu

$$\ln K = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \quad \rightarrow \text{Van't Hoff} \quad \ln \frac{K_1}{K_2} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

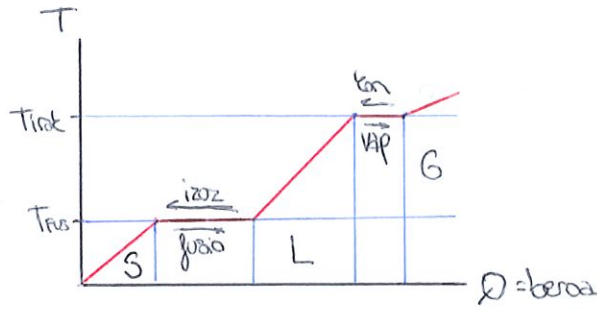
$$\Delta H^\circ > 0 \quad K \uparrow$$

$$\Delta H^\circ < 0 \quad K \downarrow$$



# 4. Gaia: Fase oreka

## • Fase abaketak



## • Likido-bapore oreka

- Lurrun presioa: Likidoa eta baporea orekan daudenean lurrunak ezber dute presioa.
- Temperaturaren eta presioaren mende
- Irakite temperatura
- Irakitea  $\rightarrow$  lurrun presioa = kanpo presioa

$(T \uparrow)$   
 $\rightarrow$  Likido-bapore orekaren termodinamika



$$\Delta G_{\text{vap}} = \Delta G_{\text{vap}}^{\circ} + RT \ln P \rightarrow \text{orekan} = \Delta G_{\text{vap}} = 0$$

$$\Delta G_{\text{vap}}^{\circ} = -RT \ln K = -RT \ln P_v$$

Bi adierazpenak batuta

$$\Delta G_{\text{vap}} = RT \ln P/P_v$$

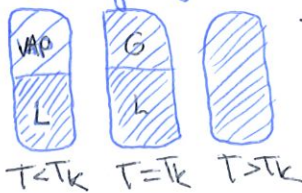
$P > P_v$  gas  $\rightarrow$  likido esp  $P_v = \text{irakite}$

$P \leq P_v$  likido  $\rightarrow$  gas esp

$$\bullet \ln P_v = \frac{-\Delta H_{\text{vap}}^{\circ}}{RT} + \frac{\Delta S_{\text{vap}}^{\circ}}{R} \rightarrow \ln \frac{P_v T_1}{P_v T_2} = \frac{-\Delta H_{\text{vap}}^{\circ}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

- Temperatura kritikoa

•  $T_c$ -tik gora gasa ezin da likidatu



$T = T_c$  dents(l) = dents(g)

$T > T_c$  fluido superkritiko



• Solido-likido oreka



- Presioak eragin txikia

$$\Delta T_{fus} = - \frac{T_{fus} \Delta V_{fus}}{\Delta H_{fus}} \Delta P$$

•  $\Delta H_{fus} > 0$  beti

-  $\Delta V > 0$  bada d(ek d(s))  $T_{fus} \uparrow = P \uparrow$

• Solido-gas oreka

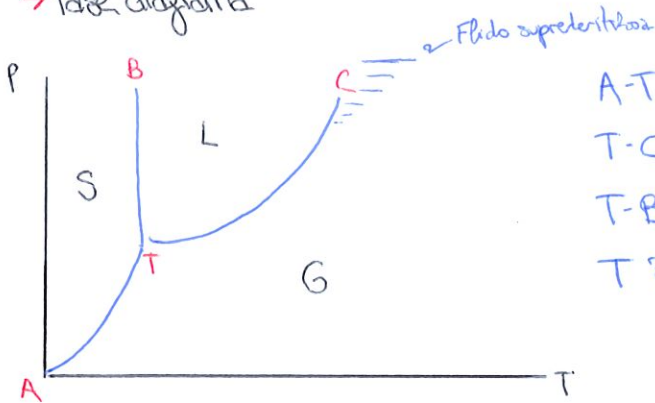
- Solidoen kimen presioa

• S-g orekan kimenak egiten diren presioa

• Sublimazio puntua  $\rightarrow P_{V(s)} = P_{canpo}$

$$\ln P_{V(solido)} = \frac{-\Delta H_{sub}}{RT} + \frac{\Delta S_{sub}}{R}$$

$\rightarrow$  Fase diagrama



A-T solido-gas oreka  $P_{V(solido)}$   $T_{sub}$

T-C Likido-gas oreka  $P_{V(likido)}$   $T_{vap}$

T-B S-L oreka  $T_{fus}$  bertikala ia

T 3 faseak artean

# 5. Gaia: ZK

## • Erreakzio Kimikoa

-TD: norabidea, estentsioa, etekina

-ZK: Abiadura, mekanismoa

## → Erreakzio abiadura

• Denbora unitatean err. pr. kontzentrazioen aldakuntza

$$v = \frac{c_2 - c_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta c}{\Delta t} \quad v = \text{bataz besteko abiadura}$$

• Estehometria kontuan hartzea



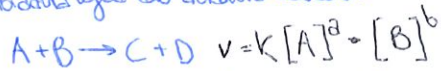
→  $v$  ez da ktea.

• Tarteka definitzen da

$$\text{• Ureko abiadura: } v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{dc}{dt}$$

## → Abiadura ekuazioa: erreakzio ordena

• Abiadura legea edo abiadura ekuazioa



-  $k$  = kte. espezifiko (T-ren menpe)

$a$  = A erreaktibaren ordena partziala

$b$  = Brena

$a + b$  = erreakzioaren ordena

## → Abiadura ekuazio integratua

• Abiadura definitzea →  $v$  denborarekiko

• Abiadura ekuazioa →  $v$  kontzentrazioarekiko

} kontzentrazioa denborarekiko

→ EK. integratua

$$v = d[A]/dt$$

$$v = k[A]^0 \dots$$

•  $A \rightarrow$  produktu erreakzioak

→ 0 ordeneko erreakzioa

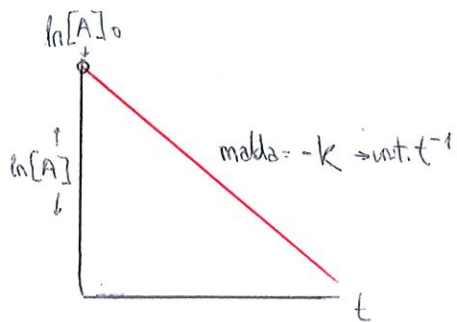
$$v = \frac{-d[A]}{dt}$$

$$v = k[A]^0 = k$$

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{-d[A]}{dt} \\ v = k[A]^0 = k \end{array} \right\} \begin{array}{l} -d[A] = k \cdot dt \rightarrow [A]_0 - [A] = kt \\ [A] = [A]_0 - kt \end{array}$$

→ 1. ordenko erreakzioa

$$v = \frac{-d[A]}{dt} \quad \left\{ \begin{array}{l} -d[A] = kdt \\ v = k[A]^1 \end{array} \right. \rightarrow \ln \frac{[A]_0}{[A]} = kt$$



→ 2. ordenko erreakzioa

$$v = \frac{-d[A]}{dt} \quad \left\{ \begin{array}{l} -d[A] = kdt \\ v = k[A]^2 \end{array} \right. \rightarrow \frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad \frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$



•  $A+B \rightarrow$  produktu

→ Isolamendueren metodoa

•  $[B]$  kte mantenduz a orden partziala kalkulatuko

•  $[A]$  kte mantenduz b orden partziala kalkulatuko

↳ k kalkulatuko

$$v = k[A]^a[B]^b$$

•  $[B] = k_{te} \rightarrow v = -\frac{d[A]}{dt} = k[B]^b[A]^a = k'[A]^a \quad k' = k[B]^b$

| A     |     | B         |     | C       |     |
|-------|-----|-----------|-----|---------|-----|
| $[A]$ | t   | $\ln[A]$  | t   | $1/[A]$ | t   |
| $A_0$ | 0   | $\ln A_0$ | 0   | $1/A_0$ | 0   |
| $A_1$ | 1   | $\ln A_1$ | 1   | $1/A_1$ | 1   |
| ...   | ... | ...       | ... | ...     | ... |

A ez da zuzena  $a \neq 0$

B ez da zuzena  $a \neq 1$

C zuzena da  $a = 2 \rightarrow k' = maldaketa$

•  $[A] = k_{te} \rightarrow v = \frac{d[B]}{dt} = k[A]^a[B]^b = k''[B]^b \quad k'' = k[A]^a$

| A     |     | B         |     |
|-------|-----|-----------|-----|
| $[B]$ | t   | $\ln[B]$  | t   |
| $B_0$ | 0   | $\ln B_0$ | 0   |
| $B_1$ | 1   | $\ln B_1$ | 1   |
| ...   | ... | ...       | ... |

A ez da zuzena  $b \neq 0$

B zuzena da  $b = 1$

• maldaketa =  $-k''$

↳ K determinatu  $\rightarrow v = k[A]^2[B]$   
(u lor geroztan)



→ Hasiertako abiaduraen metodoa

$$v_0 = k[A]_0^a [B]_0^b$$

$$\begin{aligned} -[B]_0 &= k t_0 \rightarrow a \\ -[A]_0 &= k t_0 \rightarrow b \end{aligned} \left\{ k$$

$$[B]_0 = k t_0 \rightarrow v_0 = k [B]_0^b [A]_0^a = k' [A]_0^a \quad k' = k [B]_0^b$$

$$-[A]_0 \text{ aldatuz } v_0 \text{ rextu } \log v_0 = \log k' + a \log [A]_0$$

| $[A]_0$     | $v_0$     | $\log [A]_0$     | $\log v_0$     |
|-------------|-----------|------------------|----------------|
| $([A]_0)_1$ | $(v_0)_1$ | $\log ([A]_0)_1$ | $\log (v_0)_1$ |
| $([A]_0)_2$ | $(v_0)_2$ | $\log ([A]_0)_2$ | $\log (v_0)_2$ |
| ...         | ...       | ...              | ...            |

→ zuzena: maldak = a  
jat. ordenatua:  $\log k'$

→ berdin  $[A]_0$  kete mantentuz

• b eta  $\log k'$  kalkulatu → k berdezakozu

• Erreakzioaren denbora

- Erdibizitza  $t_{1/2}$  erreaktiboko baten [ ] erdian murrizteko behar den denbora

$$[A] = [A]_0 / 2 \quad t = t_{1/2}$$

• 0. ordeneko erreakzioa

$$[A]_0 - \frac{[A]_0}{2} = k t_{1/2} \rightarrow t_{1/2} = \frac{[A]_0}{2k}$$

• 1. ordeneko erreakzioa

$$\ln \frac{[A]_0}{[A]_0/2} = k t_{1/2} \quad \ln 2 = k t_{1/2} \rightarrow t_{1/2} = \ln 2 / k$$

• 2. ordeneko erreakzioa

$$\frac{1}{[A]_0/2} - \frac{1}{[A]_0} = k t_{1/2} \quad \frac{1}{[A]} = k t_{1/2} \rightarrow t_{1/2} = 1 / k [A]_0$$

→ Bizitza denbora  $\tau$  [erreaktiboko] hainbatzaren  $1/e$  izateko denbora

$$[A] = [A]_0 / e \quad t = \tau$$

$$\text{• zero ord.} \rightarrow \tau = (e-1)[A]_0 / ek$$

$$\text{• 1. ord.} \rightarrow \tau = 1/k$$

$$\text{• 2. ord.} \rightarrow \tau = e-1 / k [A]_0$$

- Temperaturaren eragina
- Abiadura =  $f(T)$  }  $k = f(T)$
- } v. etc.

→ Arrheniusen ekuazioa

$$k = A \cdot e^{-E_a/RT} \quad \begin{array}{l} E_a = \text{akt. energia} \\ A = \text{muntatzen fakt.} \end{array}$$

$$\rightarrow \ln k = \ln A - E_a/RT$$



- 2 tenperaturretako

$$\ln k_1/k_2 = -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

- Erreakzio abiadura eta oreka

- Erreak.  $\xrightarrow{v}$  prod (a = -) azelerazio
  - Erreak.  $\xleftarrow{v'}$  prod (a = +)
- } orekan  $v = v'$

- zuzena  $A \rightarrow B \quad v = k[A]$

- inbertza  $B \rightarrow A \quad v' = k'[B]$

→ orekan  $k[A]_{or} = k'[B]_{or}$

- oreka konstantea  $\rightarrow k = \frac{[A]_{or}}{[B]_{or}} \rightarrow k_{or} = \frac{k}{k'}$

$$\begin{array}{l} k \Rightarrow \ln k = \ln A - E_a/RT \\ k' \Rightarrow \ln k' = \ln A - E_a'/RT \end{array} \rightarrow \ln k_{or} = \left( \ln A - E_a/RT \right) - \left( \ln A - E_a'/RT \right) = \ln k - \frac{E_a - E_a'}{RT}$$

→ Van't Hoff.

$$\ln k_{or} = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} = \ln k - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \rightarrow \Delta H^\circ = E_a - E_a'$$

- Katalisia

- erreakzio konstantea  $v$  abaltu eta amesian behera horretan inbertu
- $E_a$  abaltu.

# 6. Gaia: Disoluzioak

## Disoluzioa

- Bi substantzia edo ghaspen nahaste homogeneoa
- Propietate uniformak: T, dents...
- Solutu + disolbatzailea



## → Prestaketa

- V jakin batean behar den solutuaren presaturtu
- Disolbatzaile apur batean nahastu disolbatu arte
- V azkerera presaturtu + disolbatzaile
- Homogeneizatu

## → Motak

- Egara finkoaren arabera
  - L → S → ura
  - L → G → ur karbonatua
  - L → L → Alkohola
  - G → G → Aireak
  - G → L → H<sub>2</sub> + Pakelto
  - S → L → Hartzetatiko betegarriak
  - S → S → Aliazioak

## - Konposatu kopurua

- 2-3... 147...

## - Solutu kantitatea

- Ez oso < Ase < Saturatu

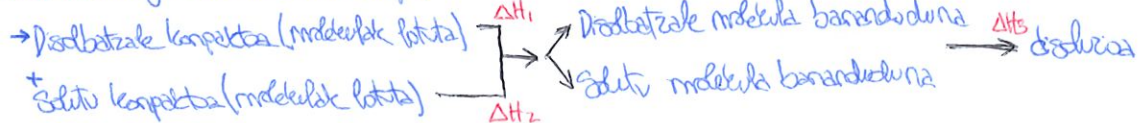
## - Eraketasuna: eroale - ez eroale

## - Energiaren arabera:

- idealak  $\Delta H = 0$
- ez idealak  $\Delta H \neq 0$

## → Prozesua

- $\Delta H$ -ren eragina (elkarrerentzen menpe)



•  $\Delta H_{\text{disoluzioa}} \rightarrow \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

-  $\Delta H_1 + \Delta H_2 < \Delta H_3$   $\Delta H_0 < 0$  exotermiko

-  $\Delta H_1 + \Delta H_2 > \Delta H_3$   $\Delta H_0 > 0$  endotermiko

• • → Prozesua

•  $\Delta G_{dis} = \Delta H_{dis} - T \Delta S_{dis}$

-  $\Delta G > 0$  disolbatza

-  $\Delta G < 0$  disolbatzena

-  $\Delta G = 0$  oreka, disoluzioa

•  $\Delta H$

- S-S eraketa ind.

- D-D eraketa ind.

- S-D eraketa ind.

•  $\Delta S$

- Normalean desordenatzen da:  $\Delta S > 0$

- Prozesu eraldatzaile bati eraginareko dezake

• Disolbatutasuna

• T-ren eragina

- Orotarren T ↑ = Disolbatutasuna ↑  $\Delta H > 0$  denean

• Endotermiko

- Orotarren T ↑ = Disolbatutasuna ↓  $\Delta H < 0$  denean

• Exotermiko

• P-ren eragina (guztira)

- Orotarren P ↑ = M ↑

• Kontzentrazio unitateak

- % masan % =  $\left[ \frac{m_{solutu}}{m_{solutu} + m_{disolbatzaile}} \right] \cdot 100 = \frac{m_s}{m_t} \cdot 100$

- % V % =  $B_s / B_d \cdot 100$

- % m V-n % =  $m_s / B_d \cdot 100$

→ Frakzio molarak  $\chi = \text{mol solutu} / \text{mol guztiak}$

→ M  $M = \text{mols} / \text{Litro}$

→ Molalitatea  $m = \text{mols} / \text{kg disolbatzaile}$

+ ppm, ppb...

[ ] Disoluzio kantitate baten solutu kantitatea.

• Proprietate koligatibak

- Dabatzaren diren partikula kopuaren arabera

→ Dabatzaren 4 modura eragin

- A. Bapore presioaren jaitsiera
- B. Irakite puntaren iguera
- C. Euziopuntaren jaitsiera
- D. Presio osmotikoa

• Disoluzio idealak

- Raoulten legea (likiditate)

$$P_i = X_i^{disoluzio} \cdot P_i^o \rightarrow P_i = X_i^{ds} \cdot P_{Vi} \rightarrow \text{1 konposatuaren bapore presioa (puruarena)}$$

↳ 1 konposatuaren presio partziala  
↳ 1 konposatuaren  $X$  disoluzioan

- Daltonen legea (gasentzat)

$$P_T = \sum P_i$$

$$P_i = X_{gas} \cdot P_T$$

↳ nahasketan bapore presioa

A Bapore presioaren jaitsiera

• Bap. p. (disoluzio) < Bap. p. (dabatzale)

✓  $P_{disoluzio} = X_{disoluzio} \cdot P_{disoluzio}^o$

✓  $P_{dabatzale} = (1 - X_{disoluzio}) \cdot P_{disoluzio}^o = P_{disoluzio}^o - X_{disoluzio} \cdot P_{disoluzio}^o$

B+C  $T_i - T_i^{dis} = \Delta T_i = k_{fus} \cdot m \rightarrow$  malkaltatea

↳ dabatzalean irakite T  
↳ disoluzioarena

↳ konstante ebulioskopikoa

•  $T_f - T_f^{dis} = \Delta T_f = -k_{fd} \cdot m$

↳ disoluzioaren fusio T  
↳ dabatzalearena

↳ konstante krioskopikoa

$K m^{-1}$  (kelvin/molal)

D Presio osmotikoa

• Haboran  $C_1 < C_2$  (hartan munitz edukiagatona)

• Ozean  $C_1 = C_2$

$$\Pi = MRT$$

$$\Pi = P_{osmotikoa} \text{ (atm)}$$

$$R = 0.082 \text{ atm L / kmol}$$

+ Elektrolitak

• Van't Hoff faktorea:  $i$  (elektrolitaren garatetako disoziazioa)

$i =$  disoziazio ondorengo partikula kop / aurreko part. kop



• Disoluzio ez-idealak

- $\Delta H > 0$  deshidrataze positiboa

• Indar intermolekular arinak

- $\Delta H < 0$  deshidrataze negatiboa

• Indar intermolekular ahulak

$a$  (aktibitate koefz.)

$$a_i = \gamma_i \cdot X_i \quad P_i = a_i \cdot P_i^\circ$$

• Elektrolioen disoluzio baten aktibitatea

↳ iristen ditzazuten den konzentratua

• Aktibitatea iri aktibitatearen arabera

$$a_i = \gamma_i \cdot X_i \rightarrow \log \gamma_i = -A \cdot z_i^2 \cdot \sqrt{I}$$

→ Disoluzio denbata  $I = \frac{1}{2} \sum z_i^2 \cdot c_i$

• Orea

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

# 7. Gaia: Azido-base

## • Bronsted-Lowry

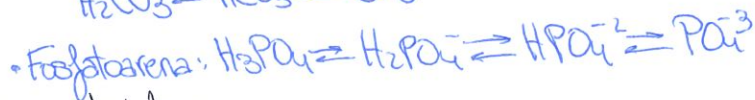
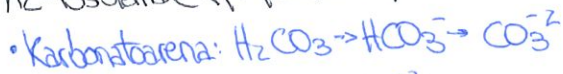
- Azidoak  $H^+$  askatzen duten konposatuak
- Baseak  $H^+$  jasotzen dutenak

→ Azido base kontzeptua



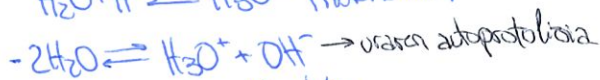
- Hidrolisia / protolisia

→ Az-B sistematik (poliprotikoak)



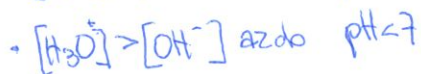
## • Uraren hidrolisia

• Ura anfoterua: Azido zein base portatzen



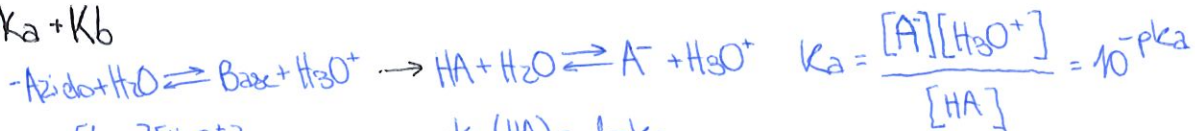
-  $K_w$  uraren autoprotolisi ktea.

$$10^{-14} = K_w = [H_3O^+][OH^-] \rightarrow [H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ ur neutroa } pH = 7$$



$$pK_w = pH + pOH = 14$$

## • $K_a + K_b$



$$K_a = \frac{[base][H_3O^+]}{[azido]}$$

$$pK_a(HA) = -\log K_a$$

• Azidoaren indarra definitu

$$K_b = \frac{[HB^+][OH^-]}{[B]} = 10^{-pK_b}$$

$$pK_b(B) = -\log K_b$$

$$- K_b \cdot K_a = K_w = 10^{-14}$$

o pH-ren kalkulua

- Azido sendo bada (osorik disoziatu)



0'01M      -      -      pH = -log 0'01 = 2  
 -      <      0'01M    0'01M

B) masa balantzea:  $M_{\text{HCl}} = [\text{HCl}] + [\text{Cl}^-] \approx [\text{Cl}^-] \approx 0'01 \rightarrow$

protoi balantzea:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] \approx [\text{Cl}^-] \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] \approx M_{\text{HCl}} \approx 0'01$   
 pH = -log 0'01 = 2

+ M.B. Havesko kontz. =  $\Sigma$  oxetako espereen kontz.

$[\text{HCl}]_0 = [\text{Cl}^-]_i + [\text{HCl}]_i$  azido base balantzea  $\downarrow$

+ P.B.  $\Sigma$  protak irabazteagatik sortutako espereak  $^+$  =  $\Sigma$  galtzeagatik sortutak  $-$

$\hookrightarrow$  espere nagusia  $[\text{HCl}]$  ez da zuzten

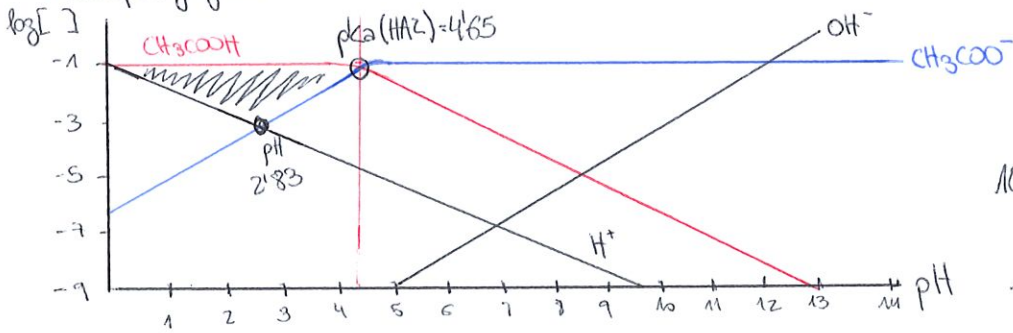
+ Hurbilpena

- errorea < %5

$[\text{A}^-] = 0'0015 \gg [\text{OH}^-] = 10^{-12}$  M (egokoa)

$[\text{HA}_2] = 0'1 \text{ M} \gg [\text{A}^-] = 0'00148 \text{ M}$  (egokoa)

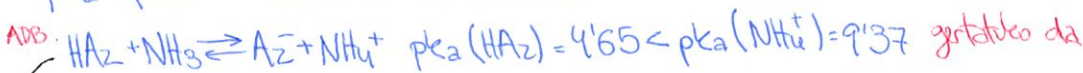
+ Elazpen grafikoa



o Neutralizazioa



$pK_a < pK_b \rightarrow$  Az sendo + B sendo beti



> ez da gertatuko

$K = \frac{[\text{A}_2^-][\text{NH}_4^+]}{[\text{HA}_2][\text{NH}_3]} = \frac{K_a(\text{HA}_2)}{K_a(\text{NH}_4^+)}$

• Disoluzio indargetzaleak

- Azido edo base bat gertzean ptt aldatuta txikia
- Azido ahula eta bere base konjugatuaren disoluzioa (tanpo)

G edo alderantziz



$$pK_a = ptt - \log \frac{[A^-]}{[HA]} \rightarrow ptt = pK_a + \log \frac{[base]}{[azido]}$$

- Tanpoi ahulmena

• Disoluzio litro bati ptt a unitate 1 aldatzeko bota beharkeko azido edo base kant.

$$\beta = \frac{d[Base]}{d ptt} = - \frac{d[Azido]}{d ptt} = 2.3 \left( [H^+] + [OH^-] + \sum n z \frac{[Az][B]}{MA} \right)$$

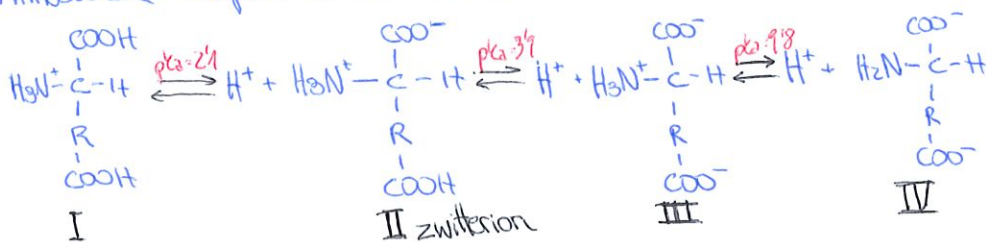
$$\left. \begin{array}{l} - [Tanpoi] \uparrow \\ [HA] \approx [A^-] \\ pK_a \approx ptt \end{array} \right\} \uparrow \text{tanpoi ahulmena}$$

→ Indargetzale fisiologikoak

- Fosfato sistema
- Karbonato sistema
- Hemoglobina → ahulmen handia: oso ugaria
- Forma oxigenatu - forma ez oxigenatu → pKa ezberdina
- ↳ Azidoa aurre egiteko O<sub>2</sub> askatu

• Azido base oreken garrantzia

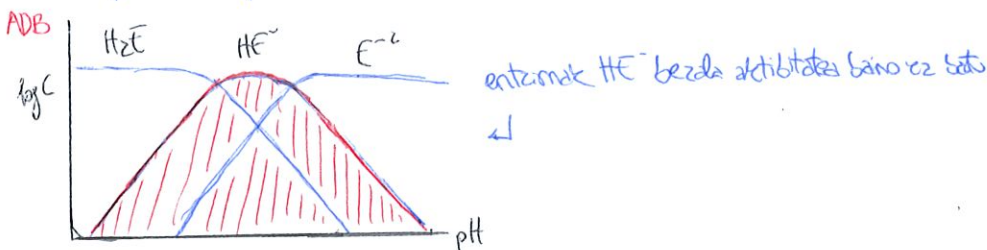
- Aminoazidoak → anfitero H<sup>+</sup> hartu zen askatu



- Ziretika entzimatikoa

- Entzimak muturreko ptt tan desnaturatu
- Zentro aktibaren ionizazio epea egokia zapetu
- Substratuak ionizatu behar

→ Tarte optimo bat dago → 5-9 normalean







# 8. Konplexuen formazio orekak

## • Konplexuak

= Koordinazio konposatuak

- Erdiko atomo edo ioien inguruan kokatutako

• ioi, atomo zen modurak ↔ estekatzailerak

• Koordinazio loturen bidez (koordinante) lotuta

- Konposatu dierbagarriak dierbagarritu daitezke

•  $M + nL \rightleftharpoons ML_n$

- M = metala, Lewis azidoa

- L = estekatzailerak, ligandoa (Lewis basea)

- n = koordinazio zikua

→ Formazio konstantea

$$\beta = \frac{[ML_n]}{[M][L]^n}$$

## • Konplexuak (II)

- Neutroak:  $[CoCl_2(NH_3)_4]$ ,  $[FeBr_2(CO)_4]$

- Kationkoak:  $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$

- Anionkoak:  $[FeF_6]^{-3}$

→ Estekatzailerak

• Monatomiko / Poliatomiko:  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_3$ ,  $OH^-$

• ioi / neutro:  $NH_4^+$ ,  $CN^-$ ,  $H_2O$

• Hartz batean (Asko (kelato)):  $CO$ ,  $NH_3$  / EDTA, Oxalatoa

↳ Hartz 1

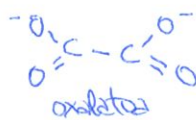


Amoniakoa



piridina

Kelatzailerak + 1 hartz



oxalatoa

Azido etilendiaminetetraacetatoa

EDTA

## • Interes biologikodunak

- klorofila  $\xrightarrow{+Fe(II)}$  Protofosfina IX

- Hemoglobina / Hemozarina / Klorokromina / Haemeritina

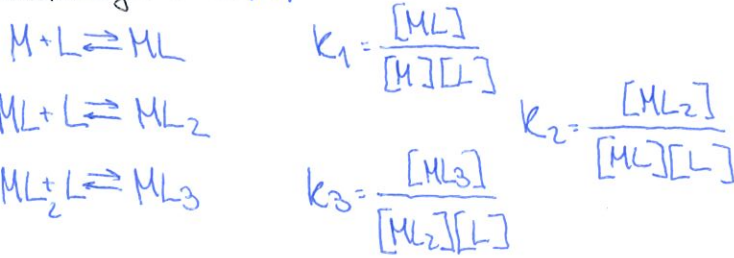
• Oso pigmentuak



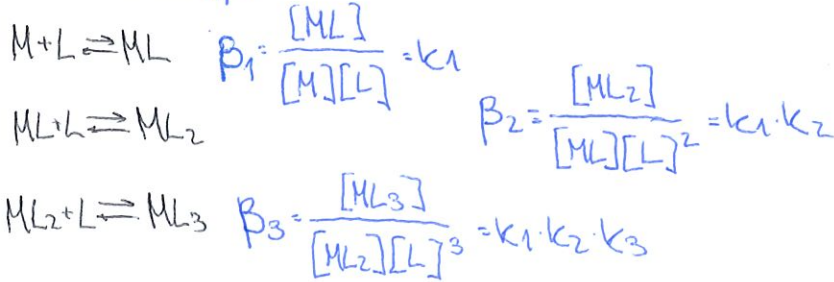
• Formazio konstanteak

- Sarri ligando batek metal batekin konplexu ezberdinak

• Konstante jarratitak (k)

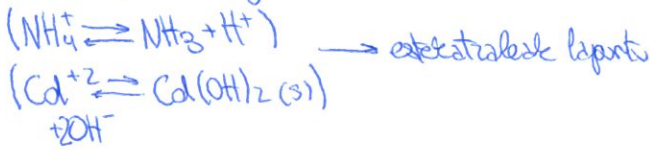


• Konstante osoak (β)



• Konplexuen formazioa: pH-aren eragina

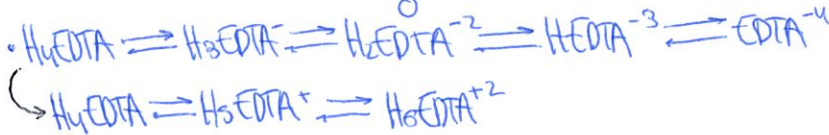
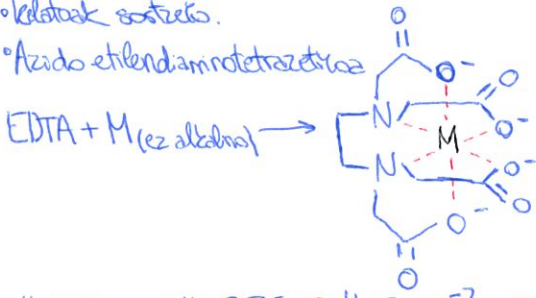
• Erreakzio parabolik gerta daitezke



▷ EDTA

• kelatzaile sintetiko.

• Azido etilendiaminotetraacetikoa



→ Alkalino + berralkalino konplexu sortuz ez (1:1) estequiometrija = sendo

• Metal intoxikazioen tratatzeke: β oso altua

• Metalen ox. ahalmena murriztu finkatuz

• Maskaletzea

• Esteatzeak batek konplexuak metal ezberdinetan → CO<sup>+2</sup> SCN<sup>-</sup>ren identifikatu nahikoa CO<sup>+2</sup> + SCN<sup>-</sup> ⇒ CO(SCN)<sup>+</sup>

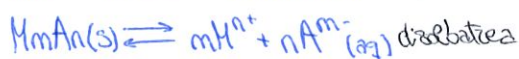
- Fe beldyo Fe<sup>+3</sup> SCN<sup>-</sup> ⇒ FeSCN<sup>+2</sup> → interpretatzea

- Esteatzeak berri batekin beldyop suetara maskatuz Fe<sup>+3</sup> + F<sup>-</sup> ⇒ FeF<sup>+2</sup>

# 9. Gaia: Disolubilitatearen oreka

## • Hauspeakinak

- Disoluzio baten sortzen diren konposatu solidoak (kargagabe)
- Erreakzio kimiko baten ondorioz konposatu disolubagarria eratzearri ondorio
  - Edo saturazio zen kristalizazio prozesuaren bidez



## • Disolubilitatearen oreka

- Disolubilitatearen ktea.  $K_{sp}$

$$pK_{sp} = -\log K_{sp}$$

$$K_{sp} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n$$

- Ionen kontzentrazio biderkadura  $I_{KB}$

$$I_{KB} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n$$

$I_{KB} < K_{sp}$  : hauspeakirik ez, osatirik ez

$I_{KB} > K_{sp}$  : hauspeakirik bai, osatirik ez

$I_{KB} = K_{sp}$  : sistema azken osatiran

→ Disolubilitatearen (s)

• Disoluzio saturatu bateko solutu kontz. molarra

$$K_{sp} = (m \cdot s)^m (n \cdot s)^n = m^m n^n s^{(m+n)}$$

→ Disolubilitatearen (II) : estequiometria

• Disolubilitatearen  $\neq$  disolubilitatearen ktea.

•  $K_{sp1} > K_{sp2}$  ez du esan nahi disolubagarriago denik (estequiometria ezberdina denean)

## • Faktore eragileak

- Gatz efektua

• Disolubilitatearen biderkaduraren araberakoa

• Ildar ionkoen hantzean da,  $K_{sp}$  hantzetan

↓

ezta gatzak

o o o faktore eragileak

→ bi konuraren efektua \*

• Gatz disolbagaitasun iri bat disoluzioan danean

• Disolbagaitasuna jartoi → hauspeaken gehiegi eratu

→ Beste onen eragina

• bi parte hartzaileek beste onen batzuetan parte hartuz gero disolbagaitasuna izo

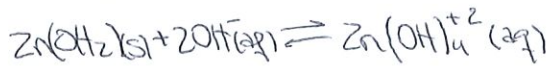
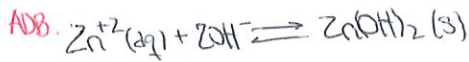
- Metalez konplexuak eratu

- Az B erreakzioak

- Birusolbatzeak

- Beste hauspeaken batzuen sorrera

→ Hauspeakin batzuk bedaldatu iri berdean estekometria altxatuko konplexuak eratu





# 10. Erredox-oreka

## • Elektrotrukea

- A espeziea, oxidatibena  $\rightarrow$  erredutitu = B erreduktoarean  $e^-$  jasoz

- B espeziea, erreduktibea  $\rightarrow$  oxidatu = A oxidatzailean  $e^-$  emanez



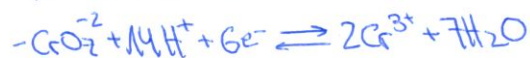
## $\rightarrow$ Oxidazioa

•  $e^-$  ematen diren erreakzioa



## $\rightarrow$ Erredukzioa

•  $e^-$  hartzen diren erreakzioa



## • Ox + er.

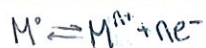
- Bi erreakzioak konbinatzen erredox oreka

ADB.



## $\rightarrow$ Elektroden potentziala: $E^\circ$

• Elektrodo metalikoak uraren kontaktuan: oreka



$\rightarrow$  Karga ezberdetsu guztek potentzial elektroikoa osatu

$\rightarrow$  Bi espezieak egia estandurari buruz

- Elektrodo potentzial estandura  $E^\circ$  (V)

(1M, 1atm)

• Elektrodo potentzial eun neurri  $\rightarrow$  diferentzia by.

$$\Delta E = E_+ - E_-$$



•  $E^\circ$  potentzial estandarra

- Hidrogeno elektrodoaren erreferentzia



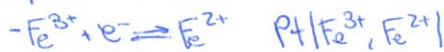
- Potentzialak beti erredukzio potentzial bezala adierazi

•  $E_{Aox/err}^\circ \uparrow$  (oxidazioa errazatzen, erredukzioa zaila)

→ Erredukzio potentzialaren neurketa

• Erredukzio bidezko beti metala edo solido erreakzioarekin: elektrodoa (elektrodo aktiboa)

• Espazio bera dagoen ion bezala: elektrodo inerte beti (Pt)



→ Zelula elektrokimikoa eta potentziala

$$\Delta G = -nFE_{zel} \quad (\text{zelularen potentziala positiboa denean erredukzioa berez})$$

• Pila galbanikoa: errega erredukzio erreakzio bidez ( $e^-$  fluxua)

$$E_{err} > E_{ox} \rightarrow \text{berez}$$

→ Nerstena ekuazioa

• Potentzialaren eta kontzentrazioaren arteko harremana

$$E = E_{ox/err}^\circ + \frac{RT}{nF} \log \frac{[A_{ox}]}{[A_{err}]} \quad A_{ox} + n_1 e^- \rightleftharpoons A_{err}$$

• Erredukzio konstantea

$$\log K = \frac{E_A^\circ - E_B^\circ}{0.059} \cdot n_1 \cdot n_2 \quad K = \frac{[B_{ox}]^{n_1} [A_{err}]^{n_2}}{[B_{err}]^{n_1} [A_{ox}]^{n_2}}$$

• Erredukzio erreakzio potentziala

- 2 espere ezberdin

A → Oxidazioa erreakzio  $\neq$  erredukzioa erreakzio

• Zehazki gertatzen den erredukzio sistemak eman erredukzio potentzialak

B → Ox. erreakzio = err. erreakzio

• Bi erredukzio bidezko potentziala konstante

→ A Ox. erreakzio  $\neq$  err. erreakzio



Ce zehazki  $Ce^{4+}/Ce^{3+}$  erredukzio bidezko erreakzio potentziala

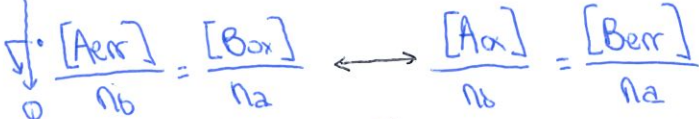
$$E = E_{Ce^{4+}/Ce^{3+}}^\circ + 0.059 \log \frac{[Ce^{4+}]}{[Ce^{3+}]} = 1.72V \quad \text{erreakzio pot.}$$

$$[Fe^{2+}] \text{ onaketa} \quad E = E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^\circ + 0.059 \log \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} = 1.72 \Rightarrow [Fe^{2+}] = 3.9 \cdot 10^{-18} M$$

B Ox. mol = Err. mol



→  $E_{celda} = \frac{n_a E_{A_{ox}/A_{err}}^{\circ} + n_b E_{B_{ox}/B_{err}}^{\circ}}{n_a + n_b} + \frac{0.059}{n_a + n_b} \log \frac{[A_{ox}][B_{err}]}{[A_{err}][B_{ox}]}$



↘  $E_{err} = \frac{n_a E_{A_{ox}/A_{err}}^{\circ} + n_b E_{B_{ox}/B_{err}}^{\circ}}{n_a + n_b}$

•• Balanzázás potenciála

• Erredox reakciókban garantáltan ennégyesített (AzB, komplex, hávs.) anyagok

• Kémi hátsón balanzázás potenciála behar

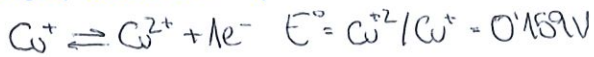


$E_{cél} = E_{ox/err}^{\circ} + \text{garantált} + \frac{0.059}{n} \cdot \log \frac{[A_{ox}]}{[A_{err}]}$

$E^{\circ}$  = potential formula

• Dismutáció

- Zárta rendszerben azonos anyagok redukció és oxidáció



• azonos az-egységek ennégyesítésével párhuzamosan bíz az egyenlet

→ Erredox reakció biológiai

•  $e^-$  gyors átadás

•  $E^{\circ}$  határoz  $O_2$ -ra az



# KIMIKA ANALITIKOA

## Disoluzioa prestatzea

1. Bolumen ezagun baterako behar da
2. Solutua disolbatzaile pixka batekin
3. Disolbatzaileko bolumen jakin batera puzteko
4. Homogeneizazio

$$\Delta G_{dis.} = \Delta H_{dis.} - T \Delta S_{dis.}$$

$\Delta G < 0$  prozesua gerta daiteke, disolbagarritasuna ↑

$\Delta G > 0$  disolbagarritasuna ↓

$\Delta G = 0$  disoluzioa aske

## Temperatura

$\Delta H_{dis.} > 0$  exotermikoa  $T \uparrow$  disolbagarritasuna ↑

$\Delta H_{dis.} < 0$  endotermikoa  $T \uparrow$  disolbagarritasuna ↓

## Presioa

$P \uparrow$  disolbagarritasuna ↑ (Henryren legea)

→ Disoluzio idealak

Raoulten legea (likidatzeak)

$$P_i = \chi_i \cdot P_i^*$$

$P_i$  = i konposatuaren presio partziala

$\chi_i$  = i konposatuaren frakzio molarra disoluzioan

$P_i^*$  = konposatu puraren bapore presioa

Daltonen legea (gasetzak)

$$P = \sum P_i$$

$P_i$  = i konposatuaren presio partziala [barkotzearena]

$$P_i = \chi_i \cdot P$$

$\chi_i$  = i konposatuaren frakzio molarra gasen

↓

$P$  = nahasturaren bapore presioa

$$P_n = \chi_n \cdot P_T$$

## KONTZENTRAZIO UNITATEAK

$$\% \text{ masan} = \frac{m_{\text{solutu}} \cdot 100}{m_{\text{solutu}} + m_{\text{disolb.}}} \quad \% \text{ bolumen} = \frac{V_{\text{solutu}}}{V_{\text{disoluzio}}} \cdot 100$$

$$\% \text{ masa bolumen} = \frac{m_{\text{solutu}}}{V_{\text{disoluzio}}} \cdot 100 \quad \text{Frakzio molarra} = \chi = \frac{\text{mol solutu}}{\text{mol gutxiak}}$$

$$Molaritatea = M = \frac{\text{mol solutu}}{L \text{ disoluzio}}$$

$$Molaritatea = m = \frac{\text{mol solutu}}{\text{kg disolbatzaile}}$$

$$\text{ppm} \quad 1 \text{g} / 10^6 \text{g}$$

$$\text{ppb} \quad 1 \text{g} / 10^9 \text{g}$$

$$\text{ppt} \quad 1 \text{g} / 10^{12} \text{g}$$

$$M_1 B_1 = M_2 B_2$$

## PROPIETATE KOLIGATIBOAK

Bapore presioaren jeitiera

$$P_v(\text{dusuzo}) < P_v(\text{dusolbatzaile})$$

$$P_{\text{dusolbatzaile}} = \chi_{\text{dusolbatzaile}} \cdot P_{\text{dusolbatzaile}}^{\circ} = (1 - \chi_{\text{dusuzo}}) P_{\text{dusolbatzaile}}^{\circ}$$

Irakite tenperatura igera + fusio punturaren jeitiera

$$T_i - T_i(\text{dis}) = \Delta T_i = K_{i(\text{dis})} \cdot m \quad T_i \text{ (dusolbatzailearena)}$$

$$T_f - T_f(\text{dis}) = \Delta T_f = K_{f(\text{dis})} \cdot m$$

$$K_i = \text{dusolbatzailearen kte. ebullioskopikoa} = K/m \text{ [kelvin/molal.]}$$

$$K_f = \text{" " Kristoskopikoa}$$

Presio osmotikoa

$$\pi = MRT \quad \pi = \text{presio osmotikoa}$$

$$R = \text{gas ideale ktea} = 0.082 \text{ atm l/mol K}$$

IDEALAK  
EZ IDEALAK

$$P_i = a_i P_i^*$$

$a$  = aktibitatea

$$a_i = \gamma_i \cdot \chi_i$$

$\gamma$  = aktibitate koefizientea

→ Erreakzioak



erreaktibo mugatzaketa (A: 6, B: 6 mol A eta 18 mol B izanda)

$$A: 6/2 = 3$$

$$B: 18/7 = 2.57 \quad B \text{ mugatzaketa}$$

$$\text{etekina (\%)} = \frac{\text{etekin erreala}}{\text{etekin teorikoa}} \cdot 100$$



$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln K$$

$$\text{orekan } \Delta G = 0 \rightarrow \Delta G^{\circ} = -RT \ln K$$

$$K = \frac{[A]^a [B]^b}{[C]^c [D]^d}$$



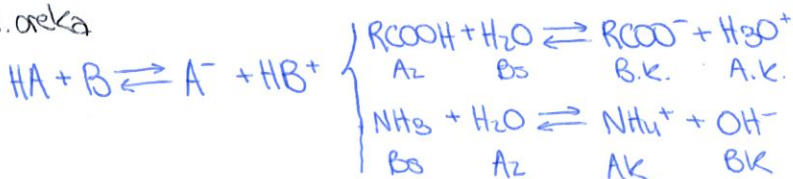
# AZIDO BASE OREKA

Bronsted-Lowry Az.  $\rightarrow H^+$  askatu, Bs.  $H^+$  jaso



Lewis Az. Konpartitu gabeko elektronak onar ditzaizkete  
Bs. Konpartitu gabeko elektronak eman ditzaizkete

Az. Bs. oreka



ura molekula ANFOTEREA



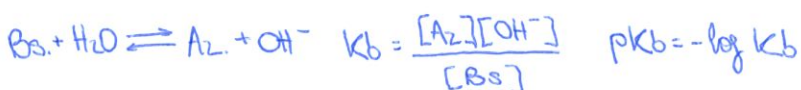
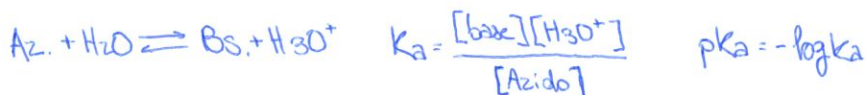
uraren autoprotolisiaren ktea.  $K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$

= ur neutroa =  $10^{-7}$   
> ur azidoa  
< ur basikoa

$pK_w = pH + pOH = 14$

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

$\rightarrow$  AzBs oreka ktea



$$K_b \cdot K_a = K_w$$

+ EBAZPENA

1. Erreakzioak idatzi:  $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+ / HA + B \rightleftharpoons A^- + HB^+$

2. Ekuazioak idatzi - masa balantzea  $H_3O^+$  kontzentrazioa =  $\Sigma$  azido espezieak

$$[M(HA)] = [HA]_{\text{az.}} + [A^-]_{\text{or}} / \text{~~Massa balantzea: } [A^-] + [HA] + [B] + [HB^+]~~$$

- proton balantzea  $\Sigma$  protonak irabaziz gertatzen diren espezieak =  $\Sigma$  protonak galdutzat gertatzen diren espezieak

$$[H_3O^+] = [OH^-] + [A^-]$$

$\rightarrow$  HA disolbatuko balantza

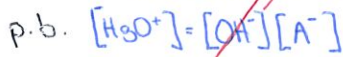
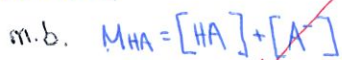
$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

$$K_w = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$$

$$[H_3O^+] = [OH^-] + [HA^-] + 2[A^-]$$

$\downarrow$   
galdutako e<sup>-</sup> kant.

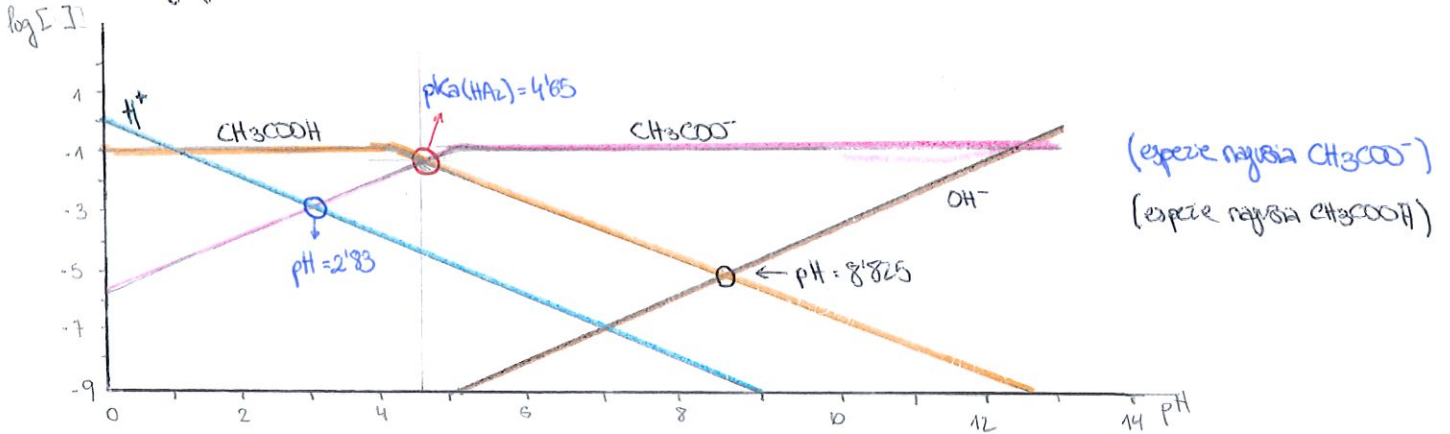
### 3 Hurbilketak



→ ordo egin ditzaguz: BAI  $\frac{5}{100} [HA] \gg [A^-]$   $\frac{5}{100} [A^-] \gg [OH^-]$

EZ  $\rightarrow$  bete ezan

### • Ebazpen grafikoa



→ Bi azido-base sistema nahastea



### • Neutralizazioa



$pK_a(A_2) < pK_a(B)$  Az azido + Bs azido

### • Disoluzio indargetzarikate

Az azido eta haren Bs/Az konjugatua

$Bs \rightarrow$



$\log K_a = \log [H^+] + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$

$pH = pK_a + \log \frac{[Bs]}{[Az]}$

$pK_a \approx pH$   
 $[HA] \approx [A^-]$  } Tanpon ahalmena  $\uparrow$

AVB.  $HA_2 + NH_3 \rightleftharpoons A_2^- + NH_4^+$   $pK_a(HA_2) < pK_a(NH_4^+)$   
 $4.65 < 9.37$   
 $K = \frac{[A_2^-][NH_4^+]}{[HA_2][NH_3]} =$   
 $= K_a(HA_2) / K_a(NH_4^+)$   
 neutralizazioa erazte da  
 (> ez zu erazte)

# KOMPLEXUEN FORMAZIO OREKA



M = metala "Lewis azidka"

L = estekatzarlea = ligandoa "Lewis basea"

n = koordinazio zkoa.

$$\beta = \frac{[ML_n]}{[M][L]^n}$$

Formazio Ktea.

## → Komplexuak

Neutroak:  $CoCl_2(NH_3)_4$

Kationikoak:  $Cu(NH_3)_4^{+2}$

Anionikoak:  $Cu(CN)_4^{-2}$

## Estekatzarreak

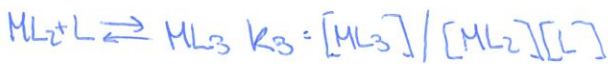
Monatomiko - Polar:  $F^-, Cl^- - NH_3, H_2O$

biak - neutroak  $NH_4^+, CN^- - NH_3, H_2O$

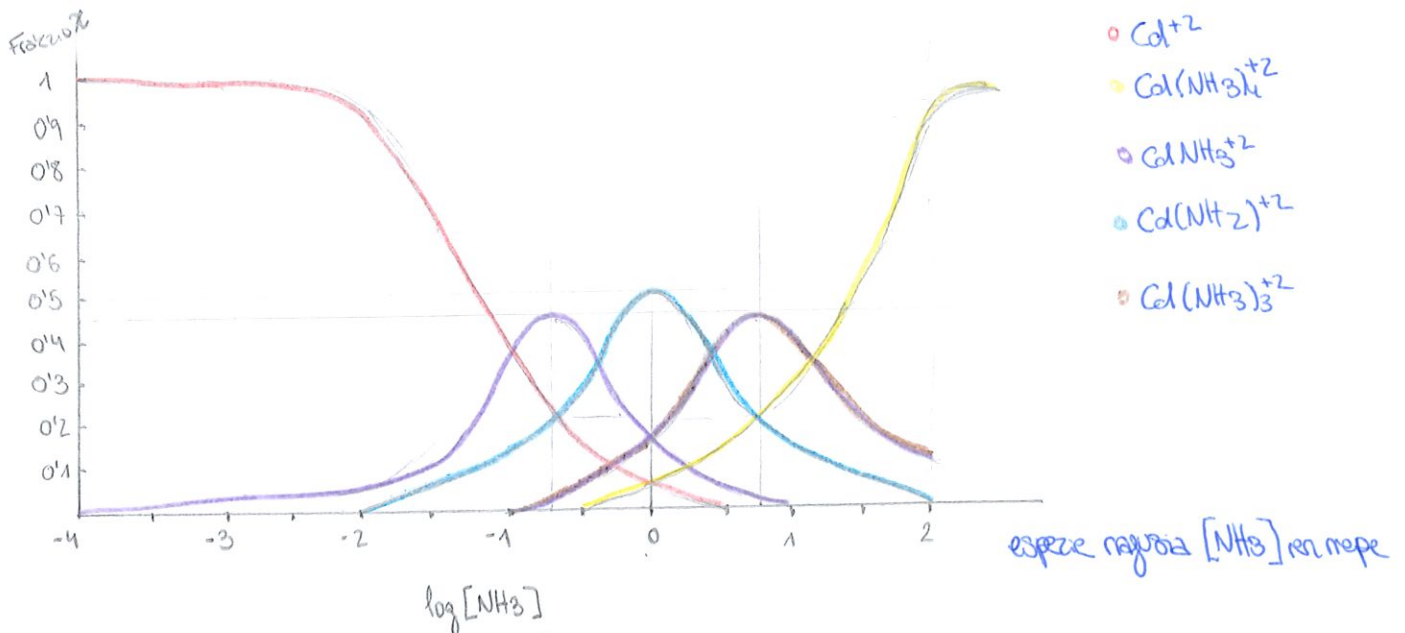
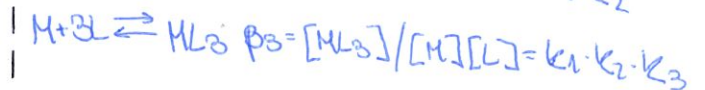
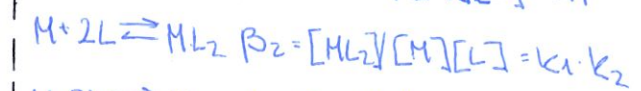
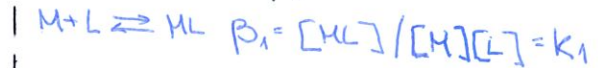
Hortz 1 - +1 (kelatiboak)  $CO, NH_3 - EDTA, oxalatoa$

## • Ligando 1 et kompleksu ezberdinetak

Konstante jarraituak [K]



Konstante orokak ( $\beta$ )



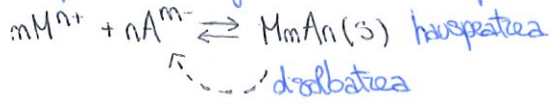




# Disolbagarritasun orok

• Haurpeakna: Konposatu solido neutroa

Konposatu disolbagarritza uretan orokoa epean



Asetze puntutik gora erazten da

→ Disolbagarritasun Ktea.

$$K_{sp} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n \quad pK_{sp} = -\log K_{sp}$$

loien kontzentrazio biderkadura (IKB)

$$IKB = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n$$

$IKB < K_{sp}$  haurpeaknik ez

$IKB = K_{sp}$  sistema orok

$IKB > K_{sp}$  haurpeakna.

disolbagarritasuna (s)



$$K_{sp} = [M^{n+}]^m [A^{m-}]^n = (m \cdot s)^n \cdot (n \cdot s)^m = m^m \cdot n^m \cdot s^{m+n}$$

loi konmunearen efektua

gatz disolbagarritasun orok bat disoluzioan bada, disolbagarritasun orok eragin.

↓ haurpeakna ↑



$Na_2SO_4$   $10^{-3} M$  gaituta



$$\downarrow$$

$$[Ba^{2+}] = s \quad [SO_4^{2-}] = s + 10^{-3}$$

$$K_{sp} = s(s + 10^{-3}) = 10^{-10}$$

$$s \ll 10^{-3} \quad s = 10^{-10} / 10^{-3} = 10^{-7} M$$



→ Hauspatze Kuantitatiboa

ioiaren %99'9 ('99...') hauspatu deraan

- Banaletza Kuantitatiboa

ioi baten %99'9a hauspatu deraan beste ioia hauspatzen hazi ordutxo



$$[Cl^-] = \frac{0.1}{100} \times 0.05M = 0.00005M$$

>  $AgCl$  lehenagotik hauspatu

$$[Ag^+] \cdot [Cl^-] = K_{sp} = 1.62 \cdot 10^{-10} \rightarrow [Ag^+] = 3.24 \cdot 10^{-6}M$$

$$[Ag^+] [X^-] = 1.62 \cdot 10^{-7} < K_{sp} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ ez da hauspatuko} = \text{Bana daterzte}$$

## ERREDOX OREKA



• oxidaziorik ez erredukzio gabe y viceversa

→  $E^\circ$  = elektrodoaren potentzial estandarra



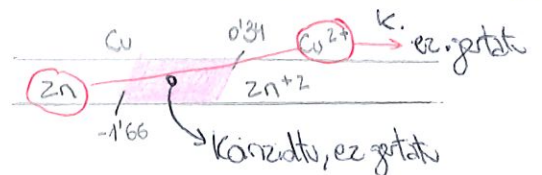
$$\left. \begin{array}{l} E_{H^+/H_2}^\circ = 0 \\ E_{Ag^+/Ag}^\circ = ? \end{array} \right\} \Delta E = E_{Ag^+/Ag}^\circ - E_{H^+/H_2}^\circ = E_{Ag^+/Ag}^\circ$$

$E^\circ \uparrow$  erreduzitzeko errazap (oxidatzeak)

- neurketa: elektrodo aktiboa, erredox bikoitako bat metala edo oxidoa  $[Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu^0] Cu/Cu^{2+} (xM)$   
 elektrodo inerteia (Pt) espezie bako disoluzioan  $[Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}] Pt | Fe^{3+} (xM), Fe^{2+} (yM)$

$$\Delta E^\circ = E_{erreduktza}^\circ - E_{oxidatza}^\circ = E_{zel}^\circ$$

$$\Delta G = -nFE_{zel} \quad [E_{zel}^\circ > 0 \text{ deneran berez gertatu}]$$



Nernsten ekuazioa.



$$E = E_{ox/err}^\circ + \frac{RT}{nF} \log \frac{[A_{ox}]}{[A_{err}]} = E_{ox/err}^\circ + \frac{0.059}{n} \log \frac{[A_{ox}]}{[A_{err}]}$$

Oreka ktea.



$$E = E_{A_{ox}/A_{err}}^\circ + \frac{0.059}{n_1} \log \frac{[A_{ox}]}{[A_{err}]} = E_{B_{ox}/B_{err}}^\circ + \frac{0.059}{n_2} \log \frac{[B_{ox}]}{[B_{err}]}$$

$$\downarrow \quad \Delta E = E_A - E_B \quad \downarrow$$

$$E_A \quad \quad \quad E_B$$

orekan  $\Delta E = 0 \quad E_A = E_B$

$$\log k = \frac{E_A - E_B}{0.059} n_1 n_2$$

$$k = \frac{[B_{ox}]^{n_1} [A_{err}]^{n_2}}{[B_{err}]^{n_1} [A_{ox}]^{n_2}}$$

$$E_{or} = \frac{n_A E_A^\circ + n_B E_B^\circ}{n_A + n_B}$$



# KIMIKA FISIKOA

Prozesu termodinamiko

- isoterma  $\Delta T = 0$
- isobara  $\Delta P = 0$
- isokora  $\Delta V = 0$
- Adiabotikoa  $\Delta q = 0$

1. Termodinamikaren printzipioa

Barne energia =  $U = e_z + e_{pk}$

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = -\Delta U_{BA}$$

$$\Delta U_{AA} = U_A - U_A = 0 \text{ [prozesu ziklikoa]}$$

Lana =  $W$  indar baten kontra sistema mugazatea

- sistemaren gainean  $U, p, W > 0$
- sistemak egin  $U$  baxatu,  $W < 0$

$$W = p\Delta V \quad / \quad W = -nRT \ln V_2/V_1$$

Beroa =  $q$

$(q > 0)$   $q$  erdo  $\xrightarrow{\text{Sistema}}$   $q$  erdo  $(q < 0)$

$$q = nC\Delta T = mc\Delta T \begin{cases} \rightarrow C_V \rightarrow V = kTe \\ \rightarrow C_P \rightarrow P = kTe \end{cases}$$

$\rightarrow$  Entalpia

$$p = kTe \quad \Delta U = q_p - P\Delta V \quad \Delta H = \Delta U + P\Delta V$$

$$H = U + PV \quad \Delta H = q_p$$

gasetan  $\rightarrow \Delta H = \Delta U + \Delta nRT$

$$\Delta U = q + w$$

• Prozesu isokora:  $V = kTe \quad W = 0$

$$\Delta U = q$$

$\Delta U > 0$  endotermiko (beroa behar)

$\Delta U < 0$  exotermiko (beroa askatu)

+ FASE ALDIAKETA EN TALPIA

$$L \rightarrow G \text{ bur. ent. } \Delta H_{\text{vap}} = H_g - H_l$$

$$S \rightarrow L \text{ fus. ent. } \Delta H_{\text{fus}} = H_l - H_s$$

$$L \rightarrow S \text{ iz. ent. } \Delta H_{\text{iz}} = -\Delta H_{\text{fus}} = H_s - H_l$$

• Erreakzio entalpiak

$$\sum \Delta H_f^{\circ}(\text{prod}) - \sum \Delta H_f^{\circ}(\text{err}) = \Delta H_{\text{err}}^{\circ} \quad [\text{Nerst}]$$

- Lotura entalpia

$$\Delta H_{\text{err}}^{\circ} = \Delta H_{\text{lotura hartuak}} + \Delta H_{\text{lotura eratuak}}$$



## ENTROPIA + GIBBS

### 2. Termodinamikaren printzipioa

$\Delta S = q_r / T$   $q_r$  = sistema ituljami batek ingururaren trukatutako beroa.

$$C_p = kT \rightarrow \Delta S = n C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad C_v = kT \rightarrow \Delta S = n C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$[T_2 > T_1, \Delta S > 0]$

$$\Delta S = \Delta H / T \quad (T = kT)$$

### 3. Termodinamikaren printzipioa

Kristal perfektuak  $T = 0K$   $S = 0$

→ erreaktzio entropia

$$\Delta S_{er} = \sum n S^{\circ}(\text{prod}) - \sum m S^{\circ}(\text{er})$$

• Gibbs energia askea

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

$\Delta G < 0$  prozesu espontaneoa

$\Delta G > 0$  prozesu ez espontaneoa

$\Delta G = 0$  oreka



# FASE OREKA

- Lurrin presioa likido-bapore oreka lurrak dafin presioa

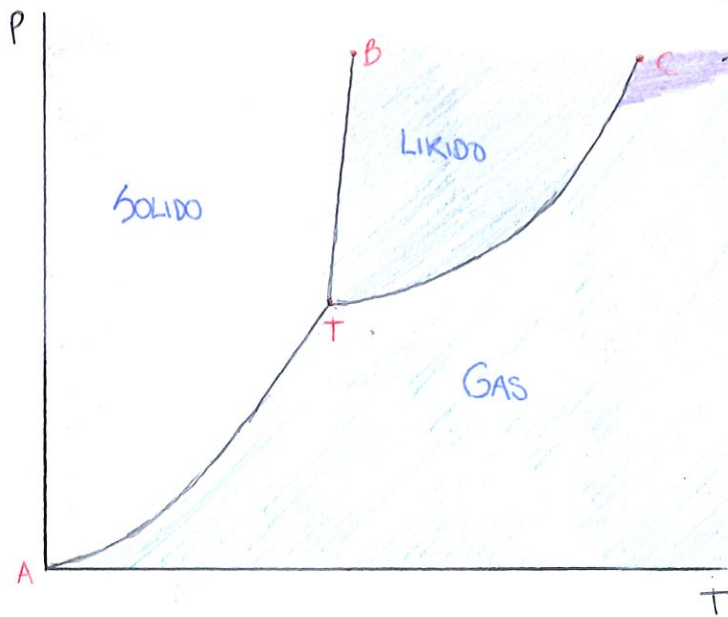
• Irakite temp. Kapoteo  $P = \text{lurrin } P \rightarrow l \rightarrow \text{gas}$ .

$$A(l) \rightleftharpoons A(g) \quad \Delta G_{\text{vap}} = RT \ln \frac{P}{P_v}$$

$$P > P_v \quad g \rightarrow l \text{ esp.}$$

$$P_v \geq P \quad l \rightarrow g \text{ esp.}$$

→ Fluido superkritikoa



A-T S-vap oreka

T-C l-vap oreka

T-B s-l. oreka

T 3 faseen oreka. Puntu inbentarioa



# OREKA KIMIKOA

gas idealen arteko oreka  $\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$

$$Q = \frac{(P_D/P^\circ)^d}{(P_A/P^\circ)^a (P_B/P^\circ)^b} \longrightarrow \text{orekan } \Delta G = 0 \quad \Delta G^\circ = -RT \ln K_p$$

$$K_p = \frac{P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

$Q = \uparrow$  orekatik at.

- Oreka K<sub>tea</sub> = K<sub>p</sub>

$$K_p = \left( \frac{[D]^d}{[A]^a [B]^b} \right) (RT)^{d-a-b} \longrightarrow K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$K_p = \left( \frac{X_D^d}{X_A^a X_B^b} \right) (P)^{d-a-b}$$

• Oreka kimikoa disoluzioan

$$\Delta G = 0 \quad \Delta G^\circ = -RT \ln K \quad // \quad K = \frac{[D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

K. propietateak



$$K = \frac{|B|}{|A|} \quad K' = \frac{|A|}{|B|} = 1/K$$



$$K = \frac{|B|}{|A|} \quad K' = \frac{|A|^2}{|B|^2} = K^2$$



$$K_1 = \frac{|B|}{|A|} \quad K_2 = \frac{|C|}{|B|} \quad K_3 = \frac{|C|}{|A|} = K_1 \cdot K_2 \quad (\text{kenketa } K_1/K_2)$$

$$\Delta G^\circ \gg 0 \quad K \ll 1$$

$$\Delta G^\circ \ll 0 \quad K \gg 1$$

$Q < K \quad \Delta G < 0$  espontaneoa

$Q > K \quad \Delta G > 0$  ez espontaneoa

$Q = K \quad \Delta G = 0$  oreka



Presioak

$$K_p = \frac{P_0^{\Delta n}}{P_A^a \cdot P_B^b} \quad P_A = P \cdot \chi_A$$

Aldaketak:

$$V \uparrow = P \downarrow \quad \begin{array}{l} \Delta n < 0 \text{ ezkerera} \\ \Delta n > 0 \text{ eskuinera} \end{array}$$

$$V \downarrow = P \uparrow \quad \begin{array}{l} \Delta n < 0 \text{ eskuinera} \\ \Delta n > 0 \text{ ezkerera} \end{array}$$

→ T aldaketa

$$\ln k = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \rightarrow \ln k_1/k_2 = \frac{-\Delta H^\circ}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

# ZINETIKA

Erreakzio abiadura:

batzbesteko abiadura  $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$

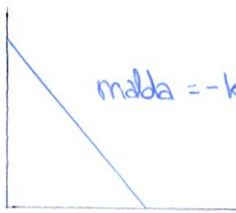


Abiadura legea:  $v = k[A]^a[B]^b$

$k$  = oreka ktea.

$a$  eta  $b$  erreakzio orden partzialak  $\left\{ \begin{array}{l} a+b : \text{erreakzio orden totala} \end{array} \right.$

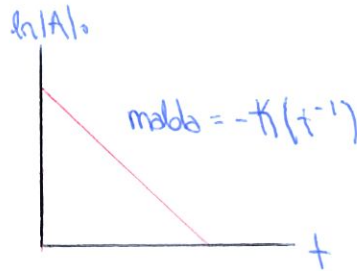
$[A] = [A]_0 - kt$



0. ordeneko er (nto)

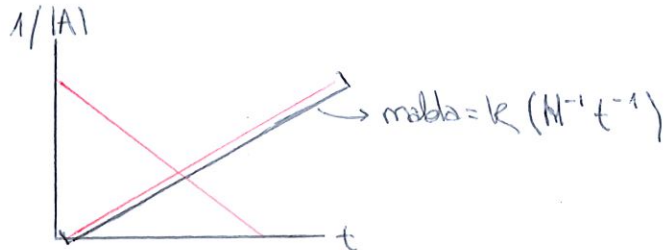
1. ordeneko erreakzioak

$\ln[A] = \ln[A]_0 - kt \quad \ln \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$



2. ordeneko ekuazioak

$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt \quad \frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$



$\rightarrow$  Erreakzio denbora

0. or. err. erditzita  $t_{1/2} = [A]_0 / 2k \rightarrow$  bizitza denbora  $\tau = \frac{(e-1)[A]_0}{ek}$

1. or. err. erditzita  $t_{1/2} = \ln 2 / k \rightarrow$  bizitza denbora  $\tau = 1/k$

2. or. err. erditzita  $t_{1/2} = 1 / k[A]_0 \rightarrow$  bizitza denbora  $\tau = e-1 / k[A]_0$

+ Arrhenius

$k = A \cdot e^{-E_a/RT}$

$A$  = murrizketa fakt.

$E_a$  = akt. energia

$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad // 2 \text{ Temp.} \quad \ln \frac{k_1}{k_2} = -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

$A + B \rightarrow \text{Prod.}$

a) Isolamenduaeren metodoa

$$\left. \begin{array}{l} |B| = k t^a \quad |B|_0 \gg \gg \quad a \text{ orden partziala} \\ |A| = k t^b \quad |A|_0 \gg \gg \quad b \text{ orden partziala} \end{array} \right\} v = k |A|^a |B|^b$$

ADB.  $|B|_0 \gg \gg |B| k t^a$

$$v = k' |A|^a$$

$$k' = k |B|^b$$

|       |       |           |       |           |       |           |           |
|-------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-----------|
| $ A $ | $t$   | $\ln A $  | $t$   | $\ln A $  | $t$   | $\ln A $  | $t$       |
| $A_0$ | $0$   | $\ln A_0$ | $0$   | $\ln A_0$ | $0$   | $\ln A_0$ | $0$       |
| $A_1$ | $t_1$ | $\ln A_1$ | $t_1$ | $\ln A_1$ | $t_1$ | $\ln A_1$ | $t_1$     |
| ...   | ...   | ...       | ...   | ...       | ...   | ...       | ...       |
|       | ↓     |           | ↓     |           | ↓     |           | ↓         |
|       | 1     | 0. or.    | 2     | 1. or.    | 3     | 2. or.    | 3 {ordena |

zuzena osatzen duena ordena

→ Berdina  $|A|_0 \gg \gg$  -rekin a eta b kalkulatu

$$v = k |A|^a |B|^b$$

b) Hazierako abiaduraren metodoa

$$v_0 \text{ neurtu } v_0 = k |A|_0^a |B|_0^b$$

$|A|_0$ -ren enjuna  $|B|_0$  k'te mantentuz  $\rightarrow a // b$

ADB  $|B|_0 = k t^b \quad v_0 = k' |A|_0^a \quad k' = k |B|_0^b$

$$|A|_0 \text{ aldatuz } v_0 \text{ neurtu } \log v_0 = \log k' + a \log |A|_0$$

|             |           |   |                  |                |   |
|-------------|-----------|---|------------------|----------------|---|
| $ A _0$     | $v_0$     |   | $\log  A _0$     | $\log v_0$     |   |
| $( A _0)_1$ | $(v_0)_1$ | → | $\log ( A _0)_1$ | $\log (v_0)_1$ | → zuzena bada molda = a    jat. ord = $\log k'$ |
| $( A _0)_2$ | $(v_0)_2$ |   | $\log ( A _0)_2$ | $\log (v_0)_2$ |   |
| ...         | ...       |   | ...              | ...            |   |