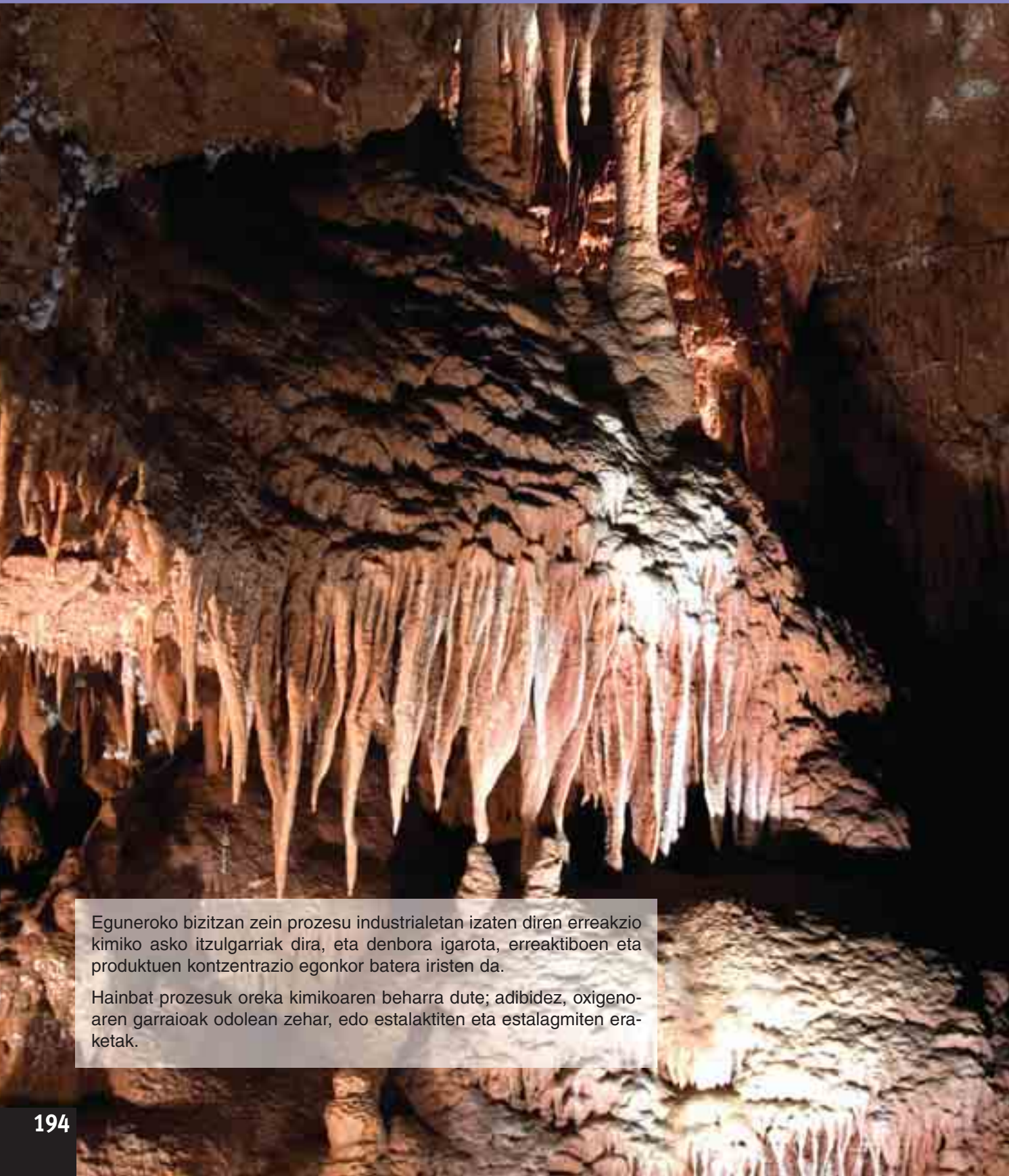


# 8

## Oreka kimikoa



Eguneroko bizitzan zein prozesu industrialetan izaten diren erreakzio kimiko asko itzulgarriak dira, eta denbora igarota, erreaktiboen eta produktuen kontzentrazio egonkor batera iristen da.

Hainbat prozesuk oreka kimikoaren beharra dute; adibidez, oxigenoaren garraioak odolean zehar, edo estalaktiten eta estalagmiten eraketak.

## OINARRIZKO GAITASUNAK

### Diziplinartekoak

- *Zientzia, teknologia eta osasun-kulturarako gaitasuna:*
  - Erreakzio itzulgarriak eta itzulezinak bereiztea.
  - Oreka homogeneoak eta heterogeneoak bereiztea, eta  $K_C$  eta  $K_p$  oreka-konstanteak zuzen adieraztea.
- *Matematikarako gaitasuna:* Le Chatelier-en printzipioa eta erreakzio-zatidura aplikatuz, asaldatu den oreka bat lehengoratzea.

### Zeharkakoak

- *Informazioa tratatzeko eta teknologia digitala erabiltzeko gaitasuna:* ikerketa-lanak aurrera eramateko behar den informazioa aukeratzeko, aztertzen eta kudeatzen jakitea.
- *Norberaren autonomiarako eta ekimenerako gaitasuna:* jarrera kritikoa baina errespetuzkoa izatea besteen iritziekiko.
- *Gizarterako eta herritartasunerako gaitasuna:* Le Chatelier-en printzipioari esker gauzatu ahal izan den prozesu industrialen bat ezagutzea.

## EDUKIAK

### 1. Erreakzio itzulgarriak. Oreka kimikoa

#### 2. $K_C$ oreka-konstantea

- 2.1. Oreka homogeneoak: masa-ekintzaren legea
- 2.2.  $K_C$  konstantearen balioaren esanahia

### 3. Oreka-konstantearen dedukzio zinetikoa

### 4. Kalkuluak oreka homogeneoetan eta fase gaseosoan

### 5. Erreakzio-zatidura

#### 6. $K_p$ oreka-konstantea

- 6.1.  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen arteko erlazioa

### 7. Oreka heterogeneoak

### 8. Energia askea eta oreka-konstantea

#### 9. Orekaren aldakuntza. Le Chatelier-en printzipioa

- 9.1. Kontzentrazio-aldakuntzak
- 9.2. Presio-aldakuntzak bolumenaren aldakuntzaren ondorioz
- 9.3. Tenperatura-aldakuntzak

**Kimika eta gizartea:** Amoniakoren sintesi industrialia

## ATARIAN

### Gogoratu

- **Erreakzio-abiadura** erreaktiboak produktu bilakatzeko gertatzen den tranformazio kimikoaren bizkortasuna da.

Erreakzioaren abiadura-ekuazioa:



non  $x$  eta  $y$  ez baitira beti  $a$  eta  $b$ -ren berdinak.

- Substantzia baten **kontzentrazio molarra** substantzia horren mol kopurua da, bolumen-unitateko.

$$\text{Molartasuna} = \frac{n}{V} \quad \text{unitatea} = \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Substantzia baten molartasuna adierazteko, substantzia horren formula kortxete artean jartzen dugu.

Adibidea:  $[N_2] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- **Funtsezko erreakzioa** da erreakzio batean gertatzen den tarteko etapa bakoitza. Horietan, substantzia bakoitzaren erreakzio-ordena ekuazio doituaren koefizientearen berdina da.

Adibidea: funtsezko erreakzio bat:



- **Gas idealen legea:**

$$pV = nRT$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

- **Magnitude intentsiboak** substantzien materia kantitatearen mende ez daudenak dira.

Adibideak: tenperatura, dentsitatea.

- Erreakzio **endotermikoetan**, sistemaren entalpiaren gehikuntza bat agertzen da:  $\Delta H > 0$

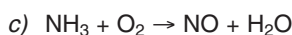
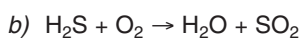
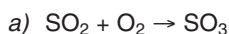
Erreakzio **exotermikoetan**, sistemaren entalpiaren gutxipen bat agertzen da:  $\Delta H < 0$

- **Katalizatzaileak** erreakzioaren abiadura bizkortzen du, aktibazio-energiarentzat beharrezko den balioa gutxituz.

Katalizatzaile heterogeneoa, erreakzionatzen duten substantzien fasean baino, beste fase desberdin batean dago.

## JARDUERAK

- Doitu ekuazioak:

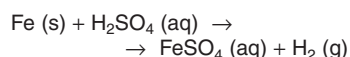


**ADI!**

Orain arte aztertutako erreakzioak erreaktibo batzuekin hasten ziren, eta erreaktiboetarikoa bat edo denak kontsumitzen zirenean bukatzen ziren.

Erreakzio horiek noranzko zuzenean baino ez dira gertatzen, eta **itzulezinak** edo osoak deritze.

Esaterako, burdin karraskautsek azido sulfurikoaren soberakin batekin erreakzionatzen duteneko erreakzioa, burdina zeharo kontsumitzen denean bukatzen da:



# 1. Erreakzio itzulgarriak. Oreka kimikoa

Erreakzio kimiko batzuetan, transformazio kimikoa noranzko batean zein alderantzizkoan gertatzen da. Erreakzio horietan egoera interesgarri bat agertzen da, *oreka kimikoko egoera*. Erreakzio horiei *itzulgarriak* deritze.

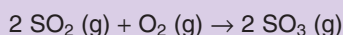
**Erreakzio itzulgarriak erreaktiboak produktu zeharo bilakatzen ez diren erreakzioak dira; izan ere, produktuek berriz ere erreaktiboak eratzen dituzte, noranzko bikoitzeko prozesu batean, azkenean oreka kimikora iristeko.**

*Erreakzio itzulgarria* erreakzioaren bi atalen artean  $\rightleftharpoons$  sinboloa jarri adierazten da.

Demagun ontzi huts batean sulfuro dioxidoaren,  $\text{SO}_2$ , kantitate bat eta oxigenoa,  $\text{O}_2$ , sartzen direla. Ontzia itxi egiten da, eta tenperatura 1000 K-eraino jotzen da, ondoren konstante mantenduz.



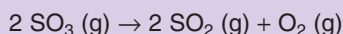
**Erreakzio zuzena** hasten da, non sulfuro trioxidoa,  $\text{SO}_3$ , eratzen baita:



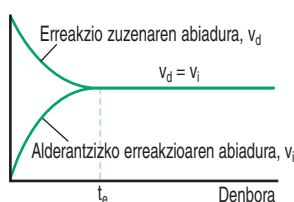
Erreakzio horren abiadura,  $v_d$ , gutxitu egiten da denborarekin,  $\text{SO}_2$ -aren eta  $\text{O}_2$ -aren kontzentrazioen gutxipenarekin batera.



Bestalde, eratutako  $\text{SO}_3$ -a deskonposatu egiten da,  $\text{SO}_2$ -a eta  $\text{O}_2$ -a berrituz. Hori **alderantzizko erreakzioa** da, eta horren abiadura,  $v_f$ ,  $\text{SO}_3$ -aren kontzentrazioarekin gehitzen da:

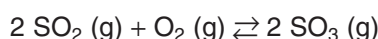


Erreakzio-abiadura



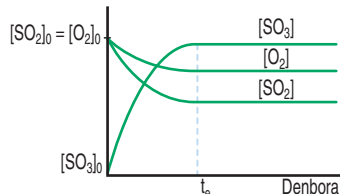
Denbora-tarte bat,  $t_e$ , pasatu ondoren, bi erreakzioen abiadurak, zuzenarena eta alderantzizkoarena, berdin izatera iritsiko dira. Puntu horretatik aurrera, hiru substantzien kontzentrazioak uneoro konstante mantentzen dira (1. eta 2. irud.).

Horrela, oreka kimikoko egoera lortzen da:



1. irud.

Kontzentrazio molarra



**Erreakzio itzulgarri baten oreka kimikoko egoera** sistemaren azken egoera da, zeinean erreakzio zuzenaren abiadura eta alderantzizko erreakzioaren abiadura elkarren berdinak diren, eta ondorioz, erreakzioan parte hartzen duten substantzien kontzentrazioek konstante irauten duten.

Oreka kimikoa *egoera dinamiko* da, erreakzio itzulgarriaren substantzien transformazio etengabea gertatzen baita *bi noranzkoetan*, baina erreaktiboaren eta produktuen kontzentrazioak konstante mantentzen dira, nahiz eta ez duten zertan berdinak izan.

2. irud.

## JARDUERAK

1. Azal itzazu oreka estatiko baten eta oreka dinamiko baten arteko desberdintasunak. Deskribatu bataren eta bestearen adibideak.
2. Oreka kimikoko erreakzio zuzenaren eta alderantzizkoaren abiadurak berdinak direla esatean, arrazoitu baieztapen horretan substantzien kontzentra-

zioak konstante mantentzearen egitea barnertzen den ala ez.

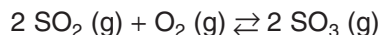
3. Azaldu zergatik nabarmendu den,  $\text{SO}_2$ -aren,  $\text{O}_2$ -aren eta  $\text{SO}_3$ -aren arteko oreka kimikoa deskribatzean, ontziak itxita jarraitzen duela eta tenperatura konstantea dela.



## 2. $K_C$ oreka-konstantea

Erreakzio itzulgarri baten oreka-egoera definitu eta gero, prozesuan zehar errektiboen eta produktuen kontzentrazioen aldakuntza esperimentalki aztertuko dugu.

Horretarako, hiru saio egingo ditugu, denak tenperatura berean, 1000 K-ean. Lehendabizikoan, errektibo hutsetatik abiatuko gara; bigarren, errektiboetatik eta produktutik abiatuko gara; eta hirugarrenean, produktu hutsetik.



Saiakuntza	Hasierako kontzentrazioa (mol · L <sup>-1</sup> )			Orekako kontzentrazioa (mol · L <sup>-1</sup> )			Orekako erlazioa
	[SO <sub>2</sub> ] <sub>0</sub>	[O <sub>2</sub> ] <sub>0</sub>	[SO <sub>3</sub> ] <sub>0</sub>	[SO <sub>2</sub> ]	[O <sub>2</sub> ]	[SO <sub>3</sub> ]	$\frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}$
1	0,200	0,200	0,000	0,030	0,115	0,171	282,5 L · mol <sup>-1</sup>
2	0,205	0,082	0,346	0,125	0,042	0,430	281,8 L · mol <sup>-1</sup>
3	0,000	0,000	0,100	0,032	0,016	0,068	282,2 L · mol <sup>-1</sup>
Batez besteko balioa							282,2 L · mol <sup>-1</sup>

Taula horrek, hasierako kontzentrazioez gain, saio guztietan lortu diren orekako kontzentrazioak ere erakusten ditu.

Egitate oso garrantzitsu bat ikus daiteke: *orekako produktuen kontzentrazioen eta errektiboen kontzentrazioen zatidura*, tenperatura zehatz batean, *konstantea* da, hasierako kontzentrazioen balioen independentea. Zatidura horri **oreka-konstantea** deritzo, laburki,  $K_C$ . Kasu honetan, zehazki:

$$K_C (1000 \text{ K}) = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} = 282,2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

### 2.1. Oreka homogeenok: masa-ekintzaren legea

Oreka batek **homogeneo** izena hartzen du, *espezie kimiko presente guztiak fase berean daudenean*. Hau da goiko orekaren kasua, eta, oro har, gasez soilik osaturiko oreken kasuak edo disoluzioan dauden substantziez osaturikoenak.

$a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$  modu orokorrean idatziriko oreka homogeneo guztientzat, tenperatura zehatz batean, *orekan dauden substantzien kontzentrazioen arteko erlazio konstante bat* dagoela egiaztatzen da, eta erlazio horren zenbakizko balioari **erreakzioaren oreka-konstantea**, deritzo,  $K_C$ .

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

Adierazpen hori **masa-ekintzaren legea** izenez ezagutzen da.

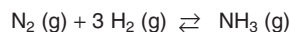
#### ADI!

$K_C$  oreka-konstantearen **c** azpiindizea konstantea substantzien **kontzentrazio molarren** funtzioan adierazten delako agertzen da.

Beste azpiindize batzuk erabiltzen dira oreka-konstante desberdinak bereizteko, esaterako,  $K_p$ ,  $K_w$ ,  $K_a$ ,  $K_b$ , etab.

#### ADI!

Amoniakoaren eraketaren Kasuan, 200 °C-an:



$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = 0,65 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$$

$K_C$ -aren unitateak kontzentrazioak, *mol · L<sup>-1</sup>*, ordezkatzean lortzen direnak dira, nahiz eta, kalkuluetan, oreka-konstanteari unitaterik esleitzen ez zaion, eta dimentsiorik gabeko kantitate moduan erabili ohi den.

#### ADI!

Oreka-konstantearen,  $K_C$ , adierazpenean, kontzentrazio molarren *berretzailak* eta doituriko ekuazio-ko substantzien *koefiziente estekio-metrikoek* bat egiten dute.

## 2.2. $K_C$ konstantearen balioaren esanahia

$K_C$  konstantearen zenbakizko balioa oso garrantzitsua da. Izan ere, informazioa ematen du erreakzioaren aurrerapenaz eta etekinaz, orekan presente dauden *produktuen eta erreaktiboaren kantitate erlatiboaren funtzioan*. Ikus dezagun bi adibideren bidez.

$2 \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad K_C(25^\circ\text{C}) = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} = 216$	$\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{I}(\text{g}) \quad K_C(727^\circ\text{C}) = \frac{[\text{I}]^2}{[\text{I}_2]} = 3,8 \cdot 10^{-5}$
<p><math>K_C</math>-k oso balio handia du (<math>K_C \gg \gg 1</math>).</p> <p>Horrek adierazten du ezen <math>\text{N}_2\text{O}_4</math>-aren eta <math>\text{NO}_2</math>-aren nahaste batean, orekan, <math>\text{N}_2\text{O}_4</math>-aren kantitatea <math>\text{NO}_2</math>-arena baino handiagoa dela, zeren <math>\text{N}_2\text{O}_4</math>-a zenbakitzaillean baitago. Edo, <math>\text{N}_2\text{O}_4</math>-aren eraketaren <i>etekina handia</i> dela: <b>oreka eskuinera desplazatuta dago</b>.</p>	<p><math>K_C</math>-k oso balio txikia du (<math>K_C \ll \ll 1</math>).</p> <p>Horrek adierazten du ezen orekako nahastean, I atomoen kantitate txikia dagoela <math>\text{I}_2</math> molekulen kontzentrazioarekiko. Emandako tenperaturan, iodo molekularren disoziazio-erreakzioaren <i>etekina baxua</i> da: <b>oreka ezkerrera desplazatuta dago</b>.</p>

## 2.3. $K_C$ -ren eta doituriko ekuazioaren arteko erlazioa

Garrantzitsua da honako honetaz konturatzea:  $K_C$ -ren balioa ekuazio estekiometrikoaren formulazioaren mende dago, eta zehatzago, koefiziente estekiometrikoen mende eta ekuazioaren bi atalen ordenaren mende.

Erreakzio honen kasua ikus dezagun:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$

$$K_C(229^\circ\text{C}) = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = 50$$

Koefiziente estekiometrikoen eragina	Bi atalen ordenaren eragina
<p>Erreakzioaren koefizienteak bider <math>\frac{1}{2}</math> egiten baditugu:</p> $\frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{HI}(\text{g})$ $K'_C = \frac{[\text{HI}]}{[\text{H}_2]^{\frac{1}{2}}[\text{I}_2]^{\frac{1}{2}}} = K_C^{\frac{1}{2}} = 50^{\frac{1}{2}} = 7,07$ <p><i>Baldin erreakzio itzulgarri baten koefizienteak n zenbaki batez biderkatzen badira, agertzen den konstante berriaren balioa aurrekoaren balioaren berdina da, baina n berretzailera berretuta.</i></p>	<p>Erreakzioa alderantzizko eran idazten badugu:</p> $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ $K''_C = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} = \frac{1}{K_C} = \frac{1}{50} = 0,02$ <p><i>Baldin erreakzio itzulgarri batean erreaktiboaren eta produktuen ordena alderantzikatzen bada, oreka-konstante berria aurreko oreka-konstantearen alderantzizko balioaren berdina da.</i></p>

## JARDUERAK

- Irudika itzazu aurreko orrialdeko taularen saiakuntzei dagozkien kontzentrazioa-denbora diagramak.
- Formula ezazu orekan dauden erreakzio itzulgarri hauen  $K_C$ -ren adierazpena:
  - $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOBr}(\text{g})$
  - $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
  - $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 2\text{SO}_2(\text{g})$
  - $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- Amoniakoaren sintesi-erreakzioa era askotara adieraz daiteke, adibidez:
  - $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$
  - $\frac{1}{2}\text{N}_2(\text{g}) + \frac{3}{2}\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$
  - $2\text{N}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{g})$

Idatzi ekuazio bakoitzaren oreka-konstantea. Bila ezazu lehen ekuazioaren oreka-konstantearen eta b eta c ekuazioen oreka-konstanteen artean dagoen erlazioa.

### 3. Oreka-konstantearen dedukzio zinetikoa

Erreakzio itzulgarri batentzat,  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ , orekan betetzen da masa-ekintzaren legearen adierazpen jadanik ezaguna:

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

Baina, ba ote dago egitate hori justifikatzen duen arrazoi teorikorik? Erreakzioen zinetikak zentzuzko azalpena eskaintzen du.

- Har dezagun erreakzio itzulgarri bat, bi noranzkoetan **funtsezko urrats bakar** batean gertatzen dena:



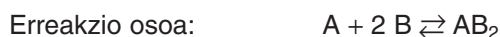
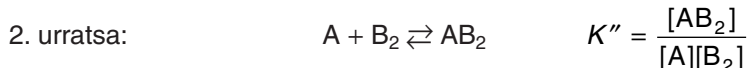
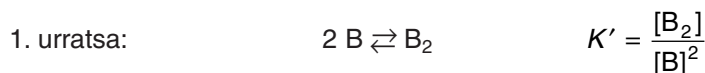
Erreakzio zuzenaren abiadura hauxe izango da:  $v_d = k_d [A] [B]^2$ , eta alderantzizko erreakzioaren abiadura,  $v_i = k_i [AB_2]$ . Orekan,  $v_d = v_i$  beteko da, hau da:

$$k_d [A] [B]^2 = k_i [AB_2]$$

$K_C$  oreka-konstantea adierazpen honek ematen digu:

$$K_C = \frac{k_d}{k_i} = \frac{[AB_2]}{[A][B]^2}$$

- Egoera arruntena ere pentsa daiteke: erreakzioa **funtsezko zenbait urratsez** osatuta dagoela. Adibidez, goiko erreakzioa funtsezko bi urratsen bidez gerta daiteke:



Azken erreakzio honen  $K_C$ -a,  $K'$  eta  $K''$  konstanteak elkarrekin biderkatuz lortuko da:

$$K_C = K' K'' = \frac{[B_2][AB_2]}{[B]^2 [A][B_2]} = \frac{[AB_2]}{[A][B]^2}$$

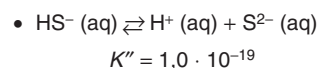
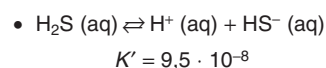
Ikusten denez, erreakzioa urrats bakar batean nahiz zenbait urratsetan gertatu, oreka-konstantea beti ekuazio doituari dagokion masa-ekintzaren legearen bidez formulatzen da.

#### Oreka anizkoitzak

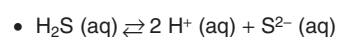
Oreka-konstantearen dedukzio zinetikoan, erreakzio itzulgarrien propietate garrantzitsu bat erabili da:

*Baldin erreakzio bat bi edo erreakzio gehiagoren batura moduan adierazi ahal bada, erreakzio osoaren oreka-konstantea erreakzio partzialen oreka-konstanteen biderkadura berdin da.*

Adibidez, 25 °C-an:



Bi erreakzioak batuz:



Ondorioz, oreka-konstantearen balioa, 25 °C-an, honako hau da:

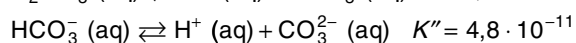
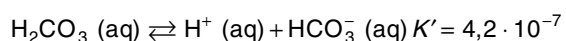
$$K_C = K' \cdot K'' = 9,5 \cdot 10^{-8} \cdot 1,0 \cdot 10^{-19} = 9,5 \cdot 10^{-27}$$

#### ADI!

$K_C$ -ren dedukzioak argitu egiten du abiadura-ekuazioaren berretzaileak eta koefiziente estekiometrikoak halaberrez berdinak ez izatearen itxurazko paradoxa, eta bai, aldiz, oreka-konstantearenak, oreka, abiadura zuzena eta alderantzizkoa berdinak direnean gertatzen baita.

## JARDUERAK

7. Azido karbonikoa, ur-disoluzioan, disoziatu egiten da, eta disoziazioa bi etapetan gertatzen da. Erreakzioak eta dagozkien oreka-konstanteak, 25 °C-an, hauexek dira:



Idatz ezazu  $H_2CO_3$ -aren disoziazioaren erreakzio osoa, eta kalkula ezazu  $K_C$  konstanteak tenperatura horretan duen balioa.

Sol.:  $K_C = 2,0 \cdot 10^{-17}$

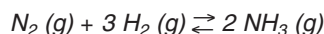
## 4. Kalkuluak oreka homogeneousan eta fase gaseosoan

Orekan dauden sistemen azterketa kuantitatiboa interes handikoa da. Azterketa horren oinarria sistema horiek beren oreka-konstantearen balio determinatuaz karakterizatzen direla da. Horrek kalkulu desberdinek egitea ahalbidetzen du, konstante hori substantzien hasierako kontzentrazioekin zein oreka lortzen duten substantzien kontzentrazioekin erlazionatuz.

Beheko adibideetan horrelako kalkulu batzuk jorratu dira:

### 1. ADIBIDEA

5,00 L-ko ontzi batean, nitrogenoz eta hidrogenoz osaturiko nahaste bat jarri da, 500 °C-an. Oreka lortu ondoren, 84,28 g N<sub>2</sub> (g), 4,20 g H<sub>2</sub> (g) eta 9,61 g amoniako daudela egiaztatzen da. Kalkulatu erreakzioaren oreka-konstantearen, K<sub>C</sub>, balioa aipaturiko tenperaturan.



— Datuak:  $V = 5,00 \text{ L}$      $m(\text{N}_2) = 84,28 \text{ g}$      $m(\text{H}_2) = 4,20 \text{ g}$      $m(\text{NH}_3) = 9,61 \text{ g}$

— Mol kopurua eta substantzia bakoitzak orekan duen kontzentrazio molarra kalkulatu ditugu:

$$n(\text{N}_2) = 84,28 \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{28 \text{ g}} = 3,01 \text{ mol}$$

$$[\text{N}_2] = \frac{3,01 \text{ mol}}{5,00 \text{ L}} = 0,602 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$n(\text{H}_2) = 4,20 \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ g}} = 2,10 \text{ mol}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{2,10 \text{ mol}}{5,00 \text{ L}} = 0,420 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$n(\text{NH}_3) = 9,61 \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{17 \text{ g}} = 0,565 \text{ mol}$$

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,565 \text{ mol}}{5,00 \text{ L}} = 0,113 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

— Oreka kontzentrazioak K<sub>C</sub>-ren adierazpenean ordezkatu ditugu:

$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} = \frac{(0,113 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{0,602 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (0,420 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^3} = 0,289 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$$

K<sub>C</sub>-ren balioa, 500 °C-an, **0,286 L<sup>2</sup> · mol<sup>-2</sup>** da.

### 2. ADIBIDEA

H<sub>2</sub> (g) + I<sub>2</sub> (g) ⇌ 2 HI (g) erreakzioaren K<sub>C</sub>-ren balioa, 490 °C-an, 46,00 da. Baldin orekan iodoaren eta hidrogeno iodoaren kontzentrazio molarra 0,0031 mol · L<sup>-1</sup> eta 0,0027 mol · L<sup>-1</sup> badira, hurrenez hurren, kalkulatu ezazu hidrogenoaren kontzentrazio molarra orekan.

— Datuak:  $K_C = 46,00$      $[\text{I}_2] = 0,0031 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$      $[\text{HI}] = 0,0027 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

— Emandako erreakzioaren oreka-konstantea idatziko dugu, eta adierazpen horretatik H<sub>2</sub>-aren kontzentrazio molarra askatuko dugu:

$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{[\text{HI}]^2}{K_C [\text{I}_2]}$$

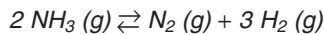
— Problemaren enuntziatuan agertutako datuak ordezkatu:

$$[\text{H}_2] = \frac{(0,0027 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{46,00 (0,0031 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})} = 5,11 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Oreka H<sub>2</sub>-aren kontzentrazioa **5,11 · 10<sup>-5</sup> mol · L<sup>-1</sup>** da.

### 3. ADIBIDEA

4,00 L-ko ontzi huts batean 15,64 g amoniako eta 9,80 g nitrogeno sartu dira. Temperatura batean oreka lortu da, eta orduan ontziak 0,70 mol amoniako ditu. Kalkula ezazu  $\text{NH}_3$ -aren disoziazioaren orekaren  $K_C$  konstantearen balioa, saiakuntza egin den temperaturan.



— Datuak:  $V = 4,00 \text{ L}$        $m(\text{NH}_3) = 15,64 \text{ g}$   
 $m(\text{N}_2) = 9,80 \text{ g}$        $n(\text{NH}_3)_{\text{oreka}} = 0,70 \text{ mol}$

— Emandako  $\text{NH}_3$ -aren eta  $\text{N}_2$ -aren kantitateak moletan adieraziko ditugu:

$$n_0(\text{NH}_3) = 15,64 \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{17,034 \text{ g}} = 0,92 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{N}_2) = 9,80 \text{ g} \frac{1 \text{ mol}}{28,02 \text{ g}} = 0,35 \text{ mol}$$

	$\text{NH}_3$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$
Hasierako molak, $n_0$	0,92	0,35	0
Orekara iristeko aldakuntzak (mol)			
Orekako molak, $n$	0,70		
Orekako kontzentrazioak ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )			

— Taula bat prestatuko dugu, eta bertan problemaren enuntziatuaren datuak eta orain arte lorturikoak jarriko ditugu.  
 — Taularen beste balioak ondorioztatzeko eta horrela osatu ahal izateko, honela arituko gara:

• **Orekara iristeko aldakuntzak.**

$\text{NH}_3$ : Hasieran 0,92 mol daude, eta orekan, 0,70 mol geratzen dira. Beraz, gastatu direnak  $0,92 - 0,70 = 0,22$  mol dira.  $\text{NH}_3$ -aren aldakuntza *negatiboa* adierazteko, **-0,22** idatziko dugu.

$\text{N}_2$ : Ekuazioaren estekiometriatik zera ondorioztatzen da: 2 mol  $\text{NH}_3$  kontsumitzen direnean, mol bat  $\text{N}_2$  eratzen da. Saioan 0,22 mol  $\text{NH}_3$  gastatzen direnez, 0,11 mol  $\text{N}_2$  eratuko dira.  $\text{N}_2$ -aren aldakuntza *positiboa* adierazteko, **+0,11** idatziko dugu.

$\text{H}_2$ : Eratzen den mol  $\text{N}_2$  bakoitzeko, 3 mol  $\text{H}_2$  eratzen dira. Saiakuntzan 0,11 mol  $\text{N}_2$  eratu dira, beraz,  $3 \cdot 0,11 = 0,33$  mol  $\text{H}_2$  ekoiztuko dira. *Aldaketa positiboa*enez, **+0,33** idatziko dugu.

• **Orekako molak.**

Oreka-egoerara substantzia bakoitzetik zenbat mol iritsi diren ondorioztatzeko, hasierako molak eta orekara iristeko izandako aldakuntzak algebraikoki batuko dira:

$$n(\text{NH}_3) = 0,92 - 0,22 = \mathbf{0,70 \text{ mol}} \quad n(\text{N}_2) = 0,35 + 0,11 = \mathbf{0,46 \text{ mol}} \quad n(\text{H}_2) = 0 + 0,33 = \mathbf{0,33 \text{ mol}}$$

• **Orekako kontzentrazioak.**

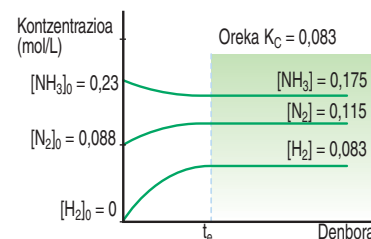
Orekara iritsitako espezieen kontzentrazioak lortzeko, zatiketa hau egingo dugu: orekako mol kopurua zati ontziaren bolumena:

$$[\text{NH}_3] = \frac{0,70 \text{ mol}}{4,00 \text{ L}} = \mathbf{0,175 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \quad [\text{N}_2] = \frac{0,46 \text{ mol}}{4,00 \text{ L}} = \mathbf{0,115 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \quad [\text{H}_2] = \frac{0,33 \text{ mol}}{4,00 \text{ L}} = \mathbf{0,083 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

	$\text{NH}_3$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$
Hasierako molak, $n_0$	0,92	0,35	0
Orekara iristeko aldakuntzak (mol)	$0,70 - 0,92 = \mathbf{-0,22}$	<b>+0,11</b>	<b>+0,33</b>
Orekako molak, $n$	0,70	$0,35 + 0,11 = \mathbf{0,46}$	$0 + 0,33 = \mathbf{0,33}$
Orekako kontzentrazioak ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\frac{0,70}{4} = \mathbf{0,175}$	$\frac{0,46}{4} = \mathbf{0,115}$	$\frac{0,33}{4} = \mathbf{0,083}$

$$\begin{aligned} K_C &= \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{0,115 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (0,083 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^3}{(0,175 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = \\ &= 2,15 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2} \end{aligned}$$

$K_C$  konstantearen balioa  $2,15 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  da.





#### 4. ADIBIDEA

0,50 L-ko ontzi batean 2 mol bromo,  $Br_2$ , eta 3 mol hidrogeno,  $H_2$ , sartu dira. Temperatura batean orekara iristean,  $K_C$ -ren balioa 0,50 da. Kalkula itzazu  $Br_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2 HBr(g)$  orekan presente dauden hiru substantzien kontzentrazioak.

— Datuak:  $V = 0,50 \text{ L}$   $n_0(Br_2) = 2 \text{ mol}$   $n_0(H_2) = 3 \text{ mol}$

— Aurreko adibidekoaren antzeko taula bat prestatuko dugu, eta prozedura berberari jarraituz beteko dugu:

- Orekara iristeko aldaketak.

$Br_2$ : Demagun  $x$  mol kontsumitu direla.

$H_2$ : Kontsumitzen den mol  $Br_2$  bakoitzeko, mol bat  $H_2$  kontsumitzen da. Baldin saiakuntzan  $x$  mol  $Br_2$  kontsumitu badira, orduan,  $x$  mol  $H_2$  ere kontsumitu beharko ziren.

HBr: Kontsumitzen den mol  $Br_2$  bakoitzeko, 2 mol HBr eratzen dira. Baldin saiakuntzan  $x$  mol  $Br_2$  kontsumitu badira, orduan  $2x$  mol ekoitzi beharko dira.

- Orekako molak.

Substantzia bakoitzaren hasierako molak eta izan dituzten aldakuntzak algebrakoki batuko ditugu.

- Orekako kontzentrazioak.

Kontzentrazioak kalkulatzeko, espezie bakoitzetik orekara iritsitako mol kopurua zati ontziaren bolumena egingo dugu.

	$Br_2$	$H_2$	HBr
Hasierako molak, $n_0$	2	3	0
Orekara iristeko aldakuntzak (mol)	$-x$	$-x$	$2x$
Orekako molak, $n$	$2 - x$	$3 - x$	$2x$
Orekako kontzentrazioak ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\frac{2 - x}{0,5}$	$\frac{3 - x}{0,5}$	$\frac{2x}{0,5}$

— Azken lerroan lorturiko balioak oreka-konstantearen adierazpenean ordezkatzeko ditugu:

$$K_C = \frac{[HBr]^2}{[Br_2][H_2]} \Rightarrow 0,50 = \frac{\left(\frac{2x}{0,5}\right)^2}{\left(\frac{2-x}{0,5}\right)\left(\frac{3-x}{0,5}\right)} \Rightarrow 0,50 \cdot \frac{2-x}{0,5} \cdot \frac{3-x}{0,5} = \frac{4x^2}{(0,5)^2}$$

$$0,50(2-x)(3-x) = 4x^2$$

$$0,50(6 - 5x + x^2) = 4x^2$$

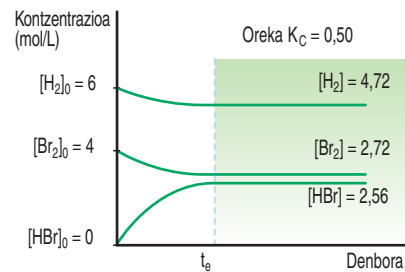
$$0,50x^2 - 2,5x + 3 = 4x^2$$

$$3,5x^2 + 2,5x - 3 = 0 \quad \Rightarrow \quad x_1 = 0,64 ; x_2 = -1,35$$

Emaitza negatiboak ez du esanahi errealik, kantitate negatibo bati legokiokeelako. Ondorioz,  $x_1 = 0,64$  emaitza soilik onartzen dugu, 0,64 molekoko kantitate bati dagokiona. Orain, lortu den  $x$ -aren balioa orekako kontzentrazioen adierazpenetan ordezkatzeko badugu, espezie bakoitzaren oreka-kontzentrazioa lortuko dugu.

$$[Br_2] = \frac{2-x}{0,5} = \frac{(2-0,64) \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 2,72 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [H_2] = \frac{3-x}{0,5} = \frac{(3-0,64) \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 4,72 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[HBr] = \frac{2x}{0,5} = \frac{(2 \cdot 0,64) \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 2,56 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



## 5. ADIBIDEA

0,80 L-ko matraze batean sufre trioxidaren,  $\text{SO}_3$ , kantitate bat jartzen da. Temperatura batean honako disoziazio-oreka hau lortzen da:  $2 \text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ . Orekan bi mol  $\text{O}_2$  daudela egiaztatuta da. Baldin oreka-konstantea saiakuntzaren temperaturan,  $0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  bada, kalkulatu hiru substantziek orekan dituzten kontzentrazioak eta  $\text{SO}_3$ -aren disoziazio-gradua.

— Datuak:  $V = 0,80 \text{ L}$   $n(\text{O}_2) = 2 \text{ mol}$   $K_C = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

— Problema honi dagokion taula prestatuko dugu, eta hasierako  $\text{SO}_3$ -aren mol kantitateari  $x$  deituko diogu

- Orekara iristeko aldaketak.

$\text{O}_2$ : Orekan bi mol daudenez, eta hasieran bat ere ez zegoenez, bi mol  $\text{O}_2$  ekoitzi dira.

$\text{SO}_3$ : Ekoitzen den  $\text{O}_2$  mol bakoitzeko, bi mol  $\text{SO}_3$  kontsumitu beharko dira. Erreakzioan 2 mol  $\text{O}_2$  ekoitzi direnez, lau mol  $\text{SO}_3$  gastatu beharko dira.

$\text{SO}_2$ : Eratzen den  $\text{O}_2$  mol bakoitzeko, bi mol  $\text{SO}_2$  ekoitzen dira. Saiakuntzan bi mol  $\text{O}_2$  eratu direnez, lau mol  $\text{SO}_2$  ekoitzi beharko dira.

- Orekako molak.

Substantzia bakoitzaren hasierako molak eta izan dituzten aldakuntzak algebrakoki batuko ditugu.

- Orekako kontzentrazioak.

Kontzentrazioak kalkulatzeko, espezie bakoitzetik orekara iritsitako mol kopurua zati ontziaren bolumena egingo dugu.

	$\text{SO}_3$	$\text{SO}_2$	$\text{O}_2$
Hasierako molak, $n_0$	$x$	0	0
Orekara iristeko aldakuntzak (mol)	-4	4	2
Orekako molak, $n$	$x - 4$	4	2
Orekako kontzentrazioak ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\frac{x - 4}{0,8}$	$\frac{4}{0,8} = 5$	$\frac{2}{0,8} = 2,5$

— Azken lerroan lorturiko balioak oreka-konstantearen adierazpenean ordezkatu ditugu:

$$K_C = \frac{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} \Rightarrow 0,22 = \frac{5^2 \cdot 2,5}{\left(\frac{x - 4}{0,8}\right)^2} \Rightarrow 0,22 \cdot \frac{x^2 - 8x + 16}{0,64} = 62,5$$

$$0,22x^2 - 1,76x + 3,52 = 40$$

$$0,22x^2 - 1,76x - 36,48 = 0 \Rightarrow x_1 = 17,48 ; x_2 = -4,17$$

Emitza negatiboak ez du esanahi errealik, kantitate negatibo bati legokiokeelako. Ondorioz,  $x_1 = 17,48$  emaitza soilik onartzen dugu, 17,48 molekoko kantitate bati dagokiona. Datu horretatik abiatuta,  $\text{SO}_3$ -aren orekako kontzentrazioa lortuko dugu, zeren bestea, hau da,  $\text{SO}_2$ -arena eta  $\text{O}_2$ -arena, ezagunak baitira.

$$[\text{SO}_3] = \frac{x - 4}{0,8} = \frac{17,48 - 4 \text{ mol}}{0,8 \text{ L}} = 16,85 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{SO}_2] = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{O}_2] = 2,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

— Substantzia baten disoziazio-gradua,  $\alpha$ , erlazio hau bat da: substantzia horrek duen mol kopuruaren aldakuntza zati hasierako mol kopurua

Gure kasu honetan, hau izango litzateke:

$$\alpha = \frac{\Delta n}{n_0} = \frac{4 \text{ mol}}{x \text{ mol}} = \frac{4}{17,48} = 0,2288 = \% 22,88$$

Emitza horrek zera adieraziko luke, orekako temperatura horretan  $\text{SO}_3$ -a % **22,88** disoziatuta dagoela.

## 6. ADIBIDEA

0,5 L-ko ontzi batean 0,075 mol  $\text{PCl}_5$  jarri dira, eta, temperatura batean honako oreka hau lortu da:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . Kalkula ezazu oreka-konstantea, jakinda  $\text{PCl}_5$ -a % 62,5 disoziatuta dagoela.

— Datuak:  $V = 0,5 \text{ L}$   $n_0(\text{PCl}_5) = 0,075 \text{ mol}$   $\alpha = 0,625$

— Kontsumitzen den mol  $\text{PCl}_5$  bakoitzeko, mol bat  $\text{PCl}_3$  eta mol bat  $\text{PCl}_2$  eratzen dira.  $n\alpha$  mol  $\text{PCl}_5$  desagertu dira, hau da,  $0,075 \cdot 0,625 = 0,047 \text{ mol}$   $\text{PCl}_5$ . Beraz, 0,047 mol  $\text{PCl}_3$  eta 0,047 mol  $\text{Cl}_2$  eratuko ziren. Datu horietatik abiatuta, eta aurreko adibideetan erabilitako irizpide berberari jarraituz, taula hau eraikiko dugu:

	$\text{PCl}_5$	$\text{PCl}_3$	$\text{Cl}_2$
Hasierako molak, $n_0$	0,075	0	0
Oreka iristeko aldakuntzak (mol)	-0,047	0,047	0,047
Oreako molak, $n$	0,028	0,047	0,047
Oreako kontzentrazioak ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$\frac{0,028}{0,5} = 0,056$	$\frac{0,047}{0,5} = 0,094$	$\frac{0,047}{0,5} = 0,094$

— Lorturiko balioak oreka-konstantearen adierazpenean ordezkatuko ditugu, eta honako hau lortuko dugu:

$$K_C = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,094 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,094 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,056 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,1578 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

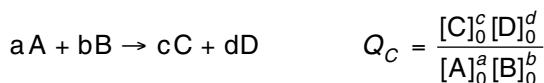
Temperatura horretan, oreka-konstantearen balioa **0,1578 mol · L<sup>-1</sup>** da.

## JARDUERAK

- 2,0 L-ko ontzi batean 4,0 g sulfuro dioxido, 4,0 g oxigeno eta 20 g sulfuro trioxido orekan aurkitzen dira temperatura batean. Temperatura horretarako, kalkulatu orekaren konstantearen,  $K_C$ , balioa:  $2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_3(\text{g})$ .  
Sol.: 258,08 L · mol<sup>-1</sup>
- 10,0 L-ko ontzi batean 104,39 g hidrogeno kloruro eta 2,00 g hidrogeno jartzen dira. Temperatura batean HCl-aren disoziazio-oreka lortu eta gero, 1,30 mol HCl geratzen dira. Kalkula ezazu  $2 \text{ HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  orekaren  $K_C$  konstantea.  
Sol.: 0,82
- 2,00 L-ko erreazio-matrazte batean eta temperatura batean, 0,10 mol  $\text{N}_2\text{O}_4$  jarri dira, eta  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2(\text{g})$  oreka lortu da. Jakinda  $K_C$  konstantearen balioa saikuntzako temperaturan (0,58 mol · L<sup>-1</sup>), kalkulatu zein diren substantzien kontzentrazioak oreka-egoeran.  
Sol.:  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $[\text{NO}_2] = 0,08 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- $\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ I}(\text{g})$  orekaren  $K_C$  konstantearen balioa, 1000 K-ean,  $3,80 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da. Baldin erreakzioa 2,30 L-ko ontzi batean 0,0456 mol  $\text{I}_2$  1000 K-ean jarritakoan hasi bada, kalkulatu  $\text{I}_2$ -aren eta  $\text{I}$ -aren kontzentrazioak orekan.  
Sol.:  $[\text{I}_2] = 0,0194 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $[\text{I}] = 8,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- Temperatura batean,  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  orekaren  $K_C$  konstantearen balioa 0,00793 mol · L<sup>-1</sup> da. Kalkulatu, temperatura horretan,  $\text{PCl}_5$ -aren disoziazio-gradua, jakinda hasieran 1,00 L-ko erreazio-matrazteak 3,13 mol  $\text{PCl}_5$  zituela.  
Sol.: 0,51
- Ontzi batek 1000 K-ean orekan dagoen sistema bat dauka, eta sistema hori 1,03 mol · L<sup>-1</sup> nitrogenoz, 1,62 mol · L<sup>-1</sup> hidrogenoz eta amoniakoaren kontzentrazio batez osatuta dago. Kalkula ezazu azken kontzentrazio hori, jakinda temperatura horretan  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{ H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NH}_3(\text{g})$  orekaren konstantearen;  $K_C$ , balioa  $2,38 \cdot 10^{-3} \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$  dela.  
Sol.: 0,102 mol · L<sup>-1</sup>
- Mol bat fosforo pentakloruro 10,0 L-ko ontzi batean sartzen da, eta temperatura batean, oreka lortu da, 0,30 mol  $\text{PCl}_5$  besterik geratzen ez denean. Kalkulatu temperatura horretan orekaren konstantea:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ .  
Sol.: 0,163 mol · L<sup>-1</sup>
- 1,00 L-ko ontzi batean 80,0 g sulfuro trioxido sartzen dira. Temperatura batean  $2 \text{ SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  oreka finkatzen denean, ontzian 0,60 mol  $\text{SO}_2$  daudela egiaztatzen da. Kalkula ezazu  $K_C$  konstantearen balioa.  
Sol.: 0,675 mol · L<sup>-1</sup>

## 5. Erreakzio-zatidura

Hauxe da *oreka lortu ez duen* erreakzio orokor batentzat masa-ekin-tzaren legearen aplikazioa:



### ADI!

Erreakzio-nahaste batek *noranzkoa batean aurreratzeko beste noranzkoan aurreratzeko baino joera handiagoa* izateak ez du ezer adierazten joera hori gauzatzeko bizkor-tasunaren gainean.

Izatez, substantzia-nahaste bat, praktikan, denbora mugagabe batean inolako aldaketarik gabe mantentzen daiteke, baldin noranzko batean aurreratzeko joeraren erreakzio-abiadura txikiagia bada.



**Erreakzio-zatidura,  $Q_C$ , balio bat da, eta erreakzioaren oreka-egoerari dagokion  $K_C$  konstantearen adierazpenetik lortzen da, erreakzionatzen ari den nahasketaren substantzien kontzentrazioak ordezkatur.**

$Q_C$ -a jakiteak erreakzionatzen ari den nahaste bat *orekan* dagoen ala ez finkatzeko balio du, eta orekan ez badago, orekarantz joateko erreakzioa zer *noranzkotan* joko jakitea ahalbidetuko digu.

$Q_C$  eta  $K_C$  erkatzean, hiru egoera hauek ager daitezke:  $Q_C > K_C$ ;  $Q_C = K_C$  eta  $Q_C < K_C$ .

$Q_C > K_C$	Sistema <b>ez dago orekan</b> , eta produktua/erreaktiboa erlazioa orekako baino handiagoa da. Ondorioz, oreka lortzeko, $Q_C$ gutxitu behar da, zenbakitzailea txikiagoa eginez, hau da, produktuak kontsumitu behar dira, eta erreaktiboa eratu. Beraz, sistema <b>gehiago aurreratuko da ezkerrera</b> eskuinera baino.
$Q_C = K_C$	Sistema <b>orekan dago</b> . Nahastearen kontzentrazioak orekako kontzentrazioak dira.
$Q_C < K_C$	Sistema <b>ez dago orekan</b> , eta produktua/erreaktiboa erlazioa orekako baino txikiagoa da. Ondorioz, oreka lortzeko, $Q_C$ handitu behar da, zenbakitzailea handiagoa eginez, hau da, erreaktiboa kontsumitu behar dira, eta produktuak eratu. Beraz, sistema <b>gehiago aurreratuko da eskuinera</b> ezkerrera baino.

## 7. ADIBIDEA

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$  erreakzio itzulgarriarentzat,  $K_C$  oreka-konstantearen balioa, 703 K-ean, 54,3 da. Baldin temperatura horretan erreakzio-ontzian  $0,21 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} I_2$ ;  $0,16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} H_2$  eta  $1,78 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} HI(g)$  badaude, aztertu ea sistema orekan dagoen ala ez. Ez badago, sistemak zer noranzkotan joko duen adierazi.

— Datuak:  $K_C = 54,3$     $[H_2]_0 = 0,21 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$     $[I_2]_0 = 0,16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$     $[HI]_0 = 1,78 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

— Problemaren kontzentrazioak oreka-konstantearen adierazpenean ordezkatur, erreakzio-zatidura hau lortzen da:

$$Q_C = \frac{[HI]_0^2}{[H_2]_0 [I_2]_0} = \frac{(1,78 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{0,21 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,16 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 94,3 \Rightarrow Q_C \neq K_C \Rightarrow \text{Sistema ez dago orekan.}$$

Ikusten denez,  $Q_C > K_C$  da, eta oreka-egoerara heltzeko beharrezkoa izango da  $Q_C$ -ren balioa gutxitzea; horretarako, zenbakitzailearen balioa gutxitu egin beharko da, edo izendatzailearen balioa handitu. Hau da, HI zerbait disoziatu egin beharko da,  $H_2$  eta  $I_2$  gehiago eratu. Ondorioz, orekara heldu ahal izateko, sistemak **ezkerrera joko du gehienbat**, alderantzizko erreakzioaren noranzkoan.

## JARDUERAK

16.  $2HF(g) \rightleftharpoons H_2(g) + F_2(g)$  erreakzioan, temperatura batean,  $K_C = 1,0 \cdot 10^{-13}$  da. Erreakzio-nahastea aztertu zen, eta balio honek aurkitu ziren:

$$[HF] = 0,45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; [H_2] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; [F_2] = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Kalkula ezazu erreakzio-koefizientearen,  $Q_C$ , balioa, eta aurrean sistema orekan dagoen edo orekara heltzeko zer noranzkotan jo beharko duen.

$$\text{Sol.: } 1,48 \cdot 10^{-5}$$

## 6. $K_p$ oreka-konstantea

Orain arte, oreka-konstantea orekan dauden substantzien kontzentrazio molarren funtzioan adierazi dugu, eta konstante hori  $K_C$  izendatu dugu.

Hala ere, orekan dauden gasen kasuan, beste konstante berri bat sartzea komeni da, oreka-legea kuantitatiboki *nahastearen gasen presio partzialen funtzioan* adieraziko duena; izan ere, presio partzialak gasen kontzentrazio molarren proportzionalak dira. Konstante berriari  $K_p$  deritzo.

### Gas baten presio partziala

Nahaste gaseoso bateko gas baten presio partziala *gas horrek nahastearen bolumen osoa beteko balu egingo lukeen presioa da*, temperatura berean.

Horren balioa *gas idealen legetik* abiatuta edo *Daltonen presio partzialen legetik* abiatuta adieraz daiteke.

- **Gas idealen legetik** abiatuta, honako hau daukagu:

$$p_A V = n_A RT \Rightarrow p_A = \frac{n_A}{V} RT = [A]RT \quad \text{non}$$

$$\begin{cases} p_A = \text{gasaren presio partziala} \\ [A] = \text{gasaren kontzentrazio molarra} \\ T = \text{temperatura absolutua} \\ R = \text{gasen konstantea} \end{cases}$$

*Gas baten presio partziala bere kontzentrazio molarren zuzenki proportzionala da.*

- **Daltonen presio partzialen legetik** abiatuta, honako hau daukagu:

$$p_A = \frac{n_A}{V} RT ; p_T = \frac{\sum n_i}{V} RT \quad \text{non}$$

$$\begin{cases} n_A = \text{nahastean dauden A-ren molak} \\ \sum n_i = \text{osagai guztien molen batura totala} \\ p_T = \text{nahastearen presio totala} \end{cases}$$

Bi adierazpenak atalka zatikatuz, honako hau lortzen da:

$$\frac{p_A}{p_T} = \frac{\frac{n_A RT}{V}}{\frac{\sum n_i RT}{V}} = \frac{n_A}{\sum n_i} = \chi_A \Rightarrow p_A = \chi_A \cdot p_T \quad \text{non}$$

$$\begin{cases} p_A = \text{gasaren presio partziala} \\ \chi_A = \text{nahastean, A gasaren frakzio molarra} \\ p_T = \text{nahastearen presio totala} \end{cases}$$

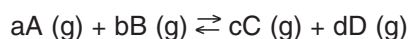
*Gas baten presio partziala bere frakzio molarren proportzionala da.*



Eguneroko bizi-prozesu askoren funtsa oreka kimikoa da. Horietako bat, odolak egiten duen oxigeno-garraioa, xeheago aztertzen da orrialde honetan:

<http://todoesquimica.blogia.com/2008/032201-equilibrio-del-oxigeno-y-dioxido-de-carbono-en-el-organismo.php>

Eskuarki, oreka homogeen dagoen gasen arteko sistema baten-tzat,



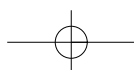
Oreka-konstantea presio partzialen funtzioan,  $K_p$ , honela definitzen da:

$$K_p = \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b}$$

$$\text{non} \begin{cases} p_C, p_D, p_A, p_B = \text{orekan dauden gasen presio partzialak} \\ c, d, a, b = \text{erreakzio itzulgarriaren koefiziente estekiometrikoak} \end{cases}$$

$K_C$ -rekin gertatzen den moduan,  $K_p$ -ren balioa:

- *Oreka bakoitzarentzat berezia da*, baina ekuazioaren koefiziente estekiometrikoen mende dago.
- *Temperaturaren arabera aldatzen da.*
- Erreaktiboaren eta produktuen *hasierako kantitateetatik independentea da.*





## 6.1. $K_C$ eta $K_p$ konstanteen arteko erlazioa

Orekan dagoen sistema honentzat,  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ ,  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteak honela adierazten dira:

$$K_C = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} \quad K_p = \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b}$$

Ikus dezagun haien artean dagoen erlazioa. Demagun  $A$ ,  $B$ ,  $C$  eta  $D$  gasak idealak direla; horren arabera,  $T$  temperatura konstantean gas horiei dagozkien presio partzialen balioak hauexek izango dira:

$$p_A = \frac{n_A}{V} RT = [A]RT \quad p_B = \frac{n_B}{V} RT = [B]RT$$

$$p_C = \frac{n_C}{V} RT = [C]RT \quad p_D = \frac{n_D}{V} RT = [D]RT$$

Balio horiek  $K_p$ -ren adierazpenean ordezkatzuz:

$$K_p = \frac{([C]RT)^c ([D]RT)^d}{([A]RT)^a ([B]RT)^b} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{c+d-(a+b)}$$

$$= \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{\Delta n} = K_C (RT)^{\Delta n}$$

Goiko adierazpen horretatik  $K_C$  askatuz:

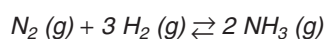
$$K_C = K_p (RT)^{-\Delta n}$$

Bi adierazpen horietan,  $\Delta n = (c + d) - (a + b)$  da, hots,  $\Delta n$  ekuazio doitu-tuko produktuen koefiziente estekiometrikoen baturaren eta erreaktibo-koefiziente estekiometrikoen baturaren arteko kenketa da.

Baldin  $\Delta n = 0$  bada, orduan  $K_C = K_p$  da.

## 8. ADIBIDEA

2,0 L-ko ontzi batean,  $N_2(g)$  eta  $H_2(g)$  nahasten dira, eta temperatura 1000 K-eraino igotzen da, sistemak oreka hau lortu arte:



Temperatura horretan,  $K_C$ -aren balioa  $2,37 \cdot 10^{-3} \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$  da. Kalkula ezazu  $K_p$ -ren balioa.

— Datuak:  $V = 2,0 \text{ L}$   $K_C = 2,37 \cdot 10^{-3} \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$

— Mol kopuruaren aldakuntza honako hau da:

$$\Delta n = (c + d) - (a + b) = 2 - (1 + 3) = -2$$

Baldin  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  balioa erabiltzen bada,  $K_p$ -ren balioa  $\text{atm}^{-2}$ -tan etorriko da adierazita. Ondorioz,

$$K_p = K_C (RT)^{\Delta n} = 2,37 \cdot 10^{-3} \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2} \left( 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1000 \text{ K} \right)^{-2} =$$

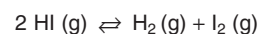
$$= 3,52 \cdot 10^{-7} \text{ atm}^{-2}$$

$K_p$  oreka-konstantearen balioa  $3,52 \cdot 10^{-7} \text{ atm}^{-2}$  da.

## ADI!

$K_p$ -ren unitateak, presioak atmosferatan ordezkatzean lortzen dira.

Erreakzio honen kasuan, beraz,

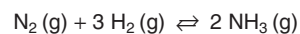


$K_p$  konstantearen balioa, 500 K-ean, hau da:

$$K_p = \frac{P(\text{H}_2) \cdot P(\text{I}_2)}{P^2(\text{HI})} = 160$$

Ikusten denez, kantitate adimentsionala da.

Beste oreka honentzat, aldiz,



$K_p$  konstantearen balioa, 500 K-ean, hau da:

$$K_p = \frac{P^2(\text{NH}_3)}{P(\text{N}_2) \cdot P^3(\text{H}_2)} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ atm}^{-2}$$

Hala ere, oreka konstanteak ez ohi zaio unitaterik esleitu, eta kantitate adimentsional baten gisa erabili ohi da, nahiz eta adimentsionala ez izan.

## 9. ADIBIDEA

Ontzi batean 2 mol  $N_2O_4$  sartu dira, eta presio totala 0,1 atm-koa denean,  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$  oreka lortu da. Baldin  $K_p$ -aren balioa 0,17 atm bada, kalkula itzazu  $N_2O_4$ -aren disoziazio-gradua eta orekan dauden bi gasen presio partzialak.

— Datuak:  $p_T = 0,1 \text{ atm}$      $K_p = 0,17 \text{ atm}$

— Doituriko ekuazioaren erlazio estekiometrikoa kontuan hartuta, aurreko ariketetan egin ditugun taulen antzeko bat egingo dugu, baina oraingo honetan *orekako kontzentrazioen* erroaren ordean, *orekako presio partzialak* idatziko dugu.

	$N_2O_4$	$NO_2$
Hasierako molak, $n_0$	2	0
Orekara heltzeko aldakuntzak (mol)	-x	+2x
Orekako molak, n	2 - x	2x
Frakzio molarrik	$\chi(N_2O_4) = \frac{2-x}{(2-x)+2x} = \frac{2-x}{2+x}$	$\chi(NO_2) = \frac{2x}{(2-x)+2x} = \frac{2x}{2+x}$
Orekako presio partzialak	$p(N_2O_4) = p_T \cdot \chi(N_2O_4) = 0,1 \cdot \frac{2-x}{2+x}$	$p(NO_2) = p_T \cdot \chi(NO_2) = 0,1 \cdot \frac{2x}{2+x}$

—  $K_p$ -ren adierazpenean ordezkatu dugu, eta x-aren balioa lortuko dugu:

$$K_p = \frac{p^2(NO_2)}{p(N_2O_4)} = \frac{\left(0,1 \cdot \frac{2x}{2+x}\right)^2}{0,1 \cdot \frac{2-x}{2+x}} = 0,17$$

Eta hortik honako hau ateratzen da:  $x_1 = -1,09$  eta  $x_2 = +1,09$  (emaitza negatiboa ez da kontuan hartuko).

—  $N_2O_4$ -aren disoziazio-gradua honako hau izango da:

$$\alpha = \frac{\Delta n}{n_0} = \frac{x}{2} = \frac{1,09}{2} = 0,55 \text{ (= 55\%)}$$

Orekako presio partzialak honako hauek izango dira:

$$p(N_2O_4) = 0,1 \cdot \frac{2-x}{2+x} = 0,1 \cdot \frac{2-1,09}{2+1,09} = 0,029 \text{ atm} \quad p(NO_2) = 0,1 \cdot \frac{2x}{2+x} = 0,1 \cdot \frac{2 \cdot 1,09}{2+1,09} = 0,070 \text{ atm}$$

## JARDUERAK

17.  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  orekaren  $K_p$  konstantearen balioa, 250 °C-an, 1,05 atm da.  $PCl_5$ -aren eta  $PCl_3$ -aren orekako presio partzialak, hurrenez hurren, 0,875 atm eta 0,463 atm direla jakinda, kalkula ezazu  $Cl_2$ -aren orekako presio partziala tenperatura horretan.

Sol.: 1,98 atm

18.  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$  orekarentzat, 25 °C-an,  $K_p$ -ren balioa 0,143 atm-koa da. 1,0 L-eko matrize batean  $N_2O_4$ -aren hasierako presioa 0,05 atm-koa dela jakinda, kalkula bi gasen presio partzialak eta orekako presio totala.

Sol.: 0,022 atm; 0,056 atm; 0,078 atm

19. 2 L-ko ontzi batean 0,1 mol  $PCl_5$  sartu dira, eta 250 °C-an, oreka hau lortu da:



Baldin  $K_p = 1,80 \text{ atm}$  bada, kalkula  $K_C$ -ren balioa, tenperatura berean, eta  $PCl_5$ -aren disoziazio-gradua.

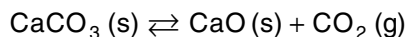
Sol.:  $K_C = 0,042$ ;  $\alpha = 0,59$

20. 423 K-eko tenperaturan eta 200 atm-ko presioan, amoniakoa % 30 disoziatzen da. Kalkula  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen balioa disoziazio-oreka honetan:  $2 NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3 H_2(g)$ .

Sol.:  $K_p = 658,3 \text{ atm}^2$ ;  $K_C = 0,55 \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$

## 7. Oreka heterogeneoak

Kaltzio karbonato solidoa ontzi itxi batean berotzen dugunean (3. irud.), oreka-egoera lortzen da substantzia horren eta haren deskonposizio termikoaren produktuen artean (kaltzio oxido solidoa eta karbono dióxido gaseosoa):



Substantzia horiek oreka heterogeneoan dagoen sistema kimiko bat osatzen dute.



**Oreka** batek **heterogeneo** izena hartzen du sistemaren substantzia guztiak fase berean ez daudenean.

Oreka horien  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteak adierazteko, kontuan hartzea da erreakzio batean zehar *solidoen eta likidoen kontzentrazio molarra, tenperatura jakin batean, konstantea dela*, zeren haien dentsitatearen mende besterik ez baitago. Dentsitatea magnitude intentsiboa denez, kontzentrazio molarra ere horrelakoa izango da, eta beraz, ez da substantzia kantitatearen mende egongo.

Masa-ekintzaren legeari jarraiki, oreka-konstantea kontzentrazio molarren funtzioan idatzi ahal izango dugu:

$$K'_C = \frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$$

CaO-aren eta CaCO<sub>3</sub>-aren kontzentrazio molarrek konstanteak dira, solidoak direlako. Horregatik, beste konstante errazago bat,  $K_C$ , defini dezakegu, kontzentrazio konstante horiek  $K'_C$ -ari esleituz.

$$K_C = K'_C \frac{[\text{CaCO}_3]}{[\text{CaO}]} = [\text{CO}_2]$$

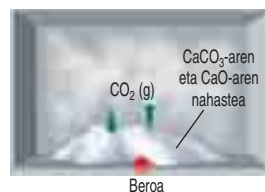
$K_C = [\text{CO}_2]$  adierazpenak zera esan nahi du:  $K_C$ -ren balioa, tenperatura batean, ez dago ez CaCO<sub>3</sub>-aren kontzentrazioaren ez CaO-arenaren mende, nahiz eta substantzia horiek, kantitate batean behintzat, orekan presente egon behar duten.

Antzera, presio partzialen funtzioan adierazitako oreka-konstanteak,  $K_p$ , CO<sub>2</sub>-aren presio partziala baino ez du hartzen, eta honela adierazten da:

$$K_p = p(\text{CO}_2)$$

Ontziko CO<sub>2</sub>-aren presio partziala esperimentalki neurtzen badugu (4. irud.), tenperatura horretako  $K_p$ -ren balioa neurtuko dugu. Azken hori ez dago orekan dauden CaCO<sub>3</sub>-aren eta CaO-aren kantitateen mepe.

Edozein oreka heterogeneotara hedatuz:  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen adierazpenetan ez dira sartzen, hurrenez hurren, solido puru gisa edo likido puru gisa presente dauden substantzien kontzentrazio molarrek, ezta presio partzialak ere.

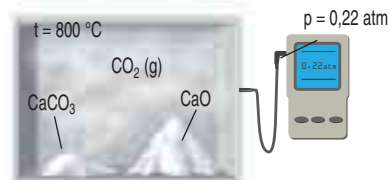
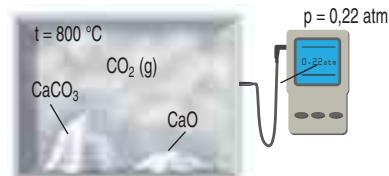


3. irud.

### ADI!

25 °C-ko tenperaturan, ur puruaren dentsitateak 1,0 g · mL<sup>-1</sup> balio du, eta kontzentrazioak, honako hau:

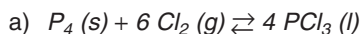
$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{1,0 \text{ g}}{\text{mL}} \cdot \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{18,016 \text{ g}} = 55,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



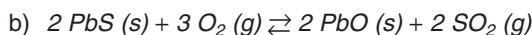
4. irud. 800°C-an, CaCO<sub>3</sub>-aren eta CaO-aren edozein kantitaterentzat, oreka lortzen da  $P(\text{CO}_2) = 0,22 \text{ atm}$  denean.

## 10. ADIBIDEA

Idatzi erreakzio hauen  $K_C$  eta  $K_p$  oreka-konstanteak:



$$K_C = \frac{1}{[Cl_2]^6} \quad K_p = \frac{1}{p^6(Cl_2)}$$



$$K_C = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3} \quad K_p = \frac{p^2(SO_2)}{p^3(O_2)}$$

## 11. ADIBIDEA

350 °C-an, orekan dagoen erreakzio-nahasketa honen presioa 0,105 atm-koa da:  $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ . Kalkula itzazu erreakzio horren  $K_C$  eta  $K_p$ .

Daukagun datua  $CO_2$ -aren presio partziala da. Beraz,  $K_p$  kalkulatu hasiko gara:

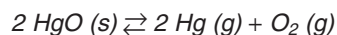
$$K_p = p(CO_2) = \mathbf{0,105}$$

$K_p = K_C (RT)^{\Delta n}$ , ekuaziotik honako hau lortuko dugu:

$$K_C = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{0,105}{(0,082 \cdot 623)^1} = \mathbf{2,06 \cdot 10^{-3}}$$

## 12. ADIBIDEA

Ontzi itxi batean dagoen merkurio (II) oxidoa, 380 °C-an, honako erreakzio honen arabera deskonposatzen da:



Jakinda tenperatura horretan  $K_p = 0,186$  dela, kalkula itzazu orekako  $O_2$ -aren eta Hg-aren presio partziala eta presio totala.

— Datuak:  $K_p = 0,186$

$$K_p = p^2(Hg) \cdot p(O_2)$$

Baldin  $O_2$ -aren presio partzialari  $x$  deitzen badiogu, orduan Hg (g)-aren presio partziala  $2x$  izango da. Beraz,

$$K_p = (2x)^2 x = 4x^3$$

$x$ -a askatuz:

$$x = \sqrt[3]{\frac{K_p}{4}} = \sqrt[3]{\frac{0,186}{4}} = \mathbf{0,36}$$

Eta, ondorioz,

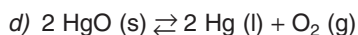
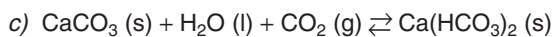
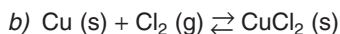
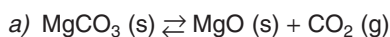
$$p(O_2) = \mathbf{0,36 \text{ atm}}$$

$$p(Hg) = 2 \cdot 0,36 \text{ atm} = \mathbf{0,72 \text{ atm}}$$

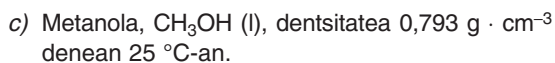
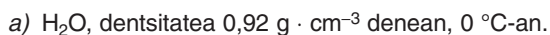
$$p_T = (0,36 + 0,72) \text{ atm} = \mathbf{1,08 \text{ atm}}$$

## JARDUERAK

21. Idatz itzazu honako oreka hauen  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen adierazpenak:



22. Kalkulatu substantia hauen kontzentrazio molarra:

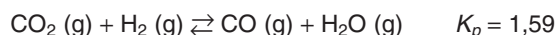
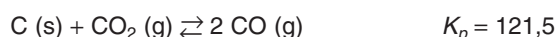


Sol.: 51,07 mol · L<sup>-1</sup>; 140,68 mol · L<sup>-1</sup>; 24,75 mol · L<sup>-1</sup>

23. Ontzi huts batean  $NaHCO_3$ -aren kantitate bat sartu zen. 120 °C-an eta ontzi barruko presioa 1720 mm-koa zenean, oreka hau lortu zen:  $2 NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$ . Kalkula itzazu  $CO_2$ -aren eta  $H_2O$ -aren presio partzialak, eta  $K_p$  eta  $K_C$ -ren balioak.

Sol.: 1,13 atm;  $K_p = 1,28 \text{ atm}^2$ ;  $K_C = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$

24. Erreakzio itzulgarri hauek eta haien  $K_p$  balioak 1000 °C-an emanda,



kalkula ezazu  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$  erreakzioaren  $K_p$ -ren balioa, tenperatura berean.

Sol.: 76,4 atm

25. 700 °C-an,  $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2 CO(g)$  orekan dagoen sistemaren presio totala 4,50 atm-koa da, eta  $K_p = 1,52$ . Kalkula itzazu  $CO_2$ -aren eta  $CO$ -aren orekako presio partzialak.

Sol.: 2,54 atm; 1,96 atm

26. 25 °C-an,  $2 ICl(s) \rightleftharpoons I_2(s) + Cl_2(g)$  orekaren  $K_p$ -ren balioa 0,24 da. Kalkula ezazu  $Cl_2$ -aren orekako presio partziala, baldin hasiera batean ontzi itxi batean 2,0 mol  $ICl$  sartu baziren. Ontziaren bolumena litro batekoa bazen, kalkula itzazu orekako kloro-kontzentrazioa.

Sol.: 0,24 atm;  $9,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

## 8. Energia askea eta oreka-konstantea

Prozesu kimiko guztietan, eta presio partzialen edo kontzentrazioen edozein balioentzat, erreazioaren energia askearen aldakuntza,  $\Delta G$ , eta energia aske estandarra,  $\Delta G^0$ , adierazpen honen bidez daude erlazionatuta:

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln Q$$

$$\text{non } \begin{cases} Q = \text{erreazio-zatidura} \\ R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{cases}$$

Baina, **orekan dagoen sistema** batekin ari garenean, baldintza hauek bete behar dira:

- Energia askearen aldakuntza zero da:  $\Delta G = 0$ .
- Erreakzio-koefizientea oreka-konstantearen berdina da:  $Q = K$ .

Hau da:

$$0 = \Delta G^0 + RT \ln K$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Adierazpen garrantzitsu horrek erlazionatzen ditu, alde batetik, erreakzio baten energia aske estandarren aldakuntza eta, bestetik, erreakzio horren oreka-konstantea, eta horietako bata jakiteak bestea kalkulatzeko ahalbidetzen du.

- Baldin  $\Delta G^0 < 0 \Rightarrow K > 1$ . Orekan, erreakzioak *produktuen eraketarantz desplazatua izateko joera du* ( $\rightarrow$ ).
- Baldin  $\Delta G^0 > 0 \Rightarrow K < 1$ . Orekan, erreakzioak *erreaktiboaren eraketarantz desplazatua izateko joera du* ( $\leftarrow$ ).

### ADI!

Energia aske estandarra,  $\Delta G^0$ , oreka-konstantearekin erlazionatzen duen ekuazioan, oreka-konstante hori oreka motaren mende dago:

- *Fase gaseosoan dauden oreken kasuan*,  $K = K_p$ .
- *Disoluzioan dauden oreken kasuan*,  $K = K_c$ .

### 13. ADIBIDEA

Kalkula ezazu  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 NO(g)$  erreakzioaren  $K_p$ -ren balioa, 25 °C-an, jakinda baldintza estandarretan  $\Delta G^0 = +173,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  dela.

$\Delta G^0 = -RT \ln K_p$  adierazpenetik,  $\ln K_p$  askatuko dugu:

$$\ln K_p = \frac{\Delta G^0}{-RT} = \frac{173,1 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}}{-(8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K})} = -69,90 \Rightarrow \\ \Rightarrow K_p = e^{-69,90} = 4,39 \cdot 10^{-31}$$

$K_p$ -ren balio hain txiki batek orekan presente dagoen NO-aren kantitatea oso txikia dela adierazten du.

## JARDUERAK

27. Jakinda  $2 H_2O(l) \rightleftharpoons 2 H_2(g) + O_2(g)$  erreakzioaren energia aske estandarren aldakuntza  $+474,4 \text{ kJ}$  dela, kalkula ezazu oreka-konstantearen balioa 298 K-ean.

$$\text{Sol.: } K = 6,34 \cdot 10^{-84}$$

28.  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$  erreakzioaren  $K_p$ -ren balioa, 25 °C-an, 0,350 da. Kalkula ezazu energia aske estandarren aldakuntza.

$$\text{Sol.: } +2,60 \cdot 10^3 \text{ J}$$

29. Etenetik etanorako hidrogenazioaren,  $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightleftharpoons C_2H_6(g)$ , oreka-konstantea, 25 °C-an,  $K_p = 5,0 \cdot 10^{17}$  da. Kalkula ezazu erreakzio horren  $\Delta G^0$ -a.

$$\text{Sol.: } -100,92 \text{ kJ}$$

30. Kalkulatu  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$  orekaren  $K_p$ -ren balioa 25 °C-an, jakinda  $N_2O_4$ -aren eta  $NO_2$ -aren eraketako energia askeak, hurrenez hurren, 97,9 kJ eta 51,3 kJ direla.

$$\text{Sol.: } 0,15 \text{ atm}$$



## HENRY L. LE CHATELIER

Kimikari frantziarra (1850-1936), kimika industrialean bereziki nabarmendu zena, batez ere metalurgian, porlanean, beiran, erregaletan eta lehergaletan.

1884an, bere izena daraman printzipioa enuntziatu zuen, oreka dinamikoetan —fisiko zein kimikoak— aplikatzen dena.

## 9. Orekaren aldakuntza. Le Chatelier-en printzipioa

*Oreka kimikoa* tenperatura batean lortzen denean, errektiboen eta produktuen *kontzentrazio molarra* eta *presio partzialak* mugagabeki *konstante* mantentzen dira, eta horrela jarraitzen dute sistemaren kanpoaldetik oreka-egoera aldatzen duen eraginen bat gertatzen ez den artean.

*Aldakuntza* horiek *kontzentrazioaren*, *presioaren* zein *tenperaturaren* aldaketak izan daitezke.

Temperatura da oreka-konstantearen balioan eragiten duen aldagai bakarra.

Oreka aldatutakoan, *sistema bilakatuz doa, baldintza berrien mendeko beste oreka-egoera berri bat lortu arte*. Sistemaren bilakaeraren noranzkoa zein izango den auresateko, **Le Chatelier-en printzipioa** erabiliko dugu:

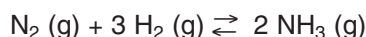


*Oreka batean eragina duten faktoreen (tenperatura, presioa edo kontzentrazioak) kanpo-aldakuntzak sistemaren birdoiketa dakar, aldakuntza horren efektua moteltzeko eta horrela oreka-egoera berria lortu ahal izateko.*

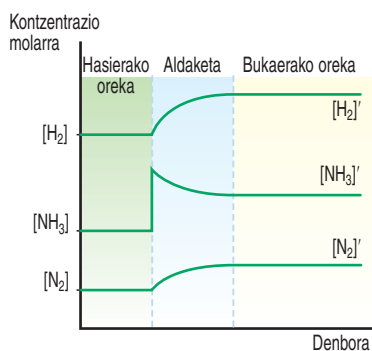
Ikus dezagun zer gertatzen den aipaturiko hiru faktoreetarik bat aldatzen denean eta Le Chatelierren printzipioa aplikatzen denean. Halaber, kasu bakoitzean, erreazio-zatidura aztertuz ondorio berberetara iristen garela egiaztatuko dugu.

### 9.1. Kontzentrazio-aldakuntzak

Demagun honako sistema orekan dagoela:



Presente dauden substantzien kontzentrazioen aldakuntzaren aurrean, sistemaren portaera zein izango den aztertzeko, *Le Chatelierren printzipiora* zein *erreazio-zatiduraren azterketara* jo daiteke.



5. irud.  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$  sistemaren kontzentrazioen aldaketa.

Le Chatelierren printzipioaren aplikazioa	Erreakzio-zatiduraren azterketa
<p><math>\text{H}_2</math>-aren kontzentrazioa handitzen bada, sistemak kontra egiten du, <math>\text{H}_2</math> eta <math>\text{N}_2</math> apur bat kontsumituz eta <math>\text{NH}_3</math> ekoiztuz, oreka-egoera berri bat lortu arte: <i>sistema eskuinera desplazatzen da</i>.</p> <p>Aldiz, <math>\text{NH}_3</math>-aren kontzentrazioa handitzen baldin bada, sistemak <math>\text{NH}_3</math> apur bat kontsumituko du, eta <math>\text{H}_2</math> eta <math>\text{N}_2</math> ekoiztiko ditu, oreka-egoera berri bat lortu arte.</p> <p>Esan daiteke, oro har:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Substantzia baten kontzentrazioa <b>handitzen</b> bada, sistemak substantzia kontsumitzeko noranzkora joko du.</li> <li>— Substantzia baten kontzentrazioa <b>txikitzen</b> bada, sistemak substantzia ekoizteko noranzkora joko du.</li> </ul>	$Q_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ <p>Baldin <math>[\text{H}_2]</math> gehitzen bada, <math>Q_C</math>-a <math>K_C</math> baino txikiago bilakatzen da. Oreka birlortzeko, <math>[\text{NH}_3]</math> handitu egin behar da: <i>sistema eskuinera desplazatuko da</i>, <math>Q_C = K_C</math> izan arte. Baldin <math>[\text{NH}_3]</math> gehitzen bada, <math>Q_C</math>-a <math>K_C</math> baino handiago bilakatzen da. Oreka birlortzeko, <math>[\text{H}_2]</math> eta <math>[\text{N}_2]</math> handitu behar dira: <i>sistema ezkerrera desplazatuko da</i>, <math>Q_C = K_C</math> izan arte. Oro har, <math>\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}</math> sistema batean:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <math>[\text{C}]</math> zein <math>[\text{D}]</math> gehitzen bada, edo <math>[\text{A}]</math> zein <math>[\text{B}]</math> gutxitzen bada, <math>Q_C &gt; K_C</math>. Sistema <b>eskuinera</b> desplazatzen da.</li> <li>— <math>[\text{C}]</math> zein <math>[\text{D}]</math> gutxitzen bada, edo <math>[\text{A}]</math> zein <math>[\text{B}]</math> gehitzen bada, <math>Q_C &lt; K_C</math>. Sistema <b>ezkerrera</b> desplazatzen da.</li> </ul>

## 9.2. Presio-aldakuntzak bolumenaren aldakuntzaren ondorioz

Solidoek edo likidoek ez bezala —ia-ia konprimaezinak dira— aplikatzen zaien presioa aldatzean, gasek bolumenaren aldakuntza handia pairatzen dute.

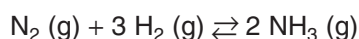
Gas idealen legetik abiatuta,  $P$  presioa eta  $\frac{n}{V}$  kontzentrazio molarra zuzenki proportzionalak direla ikusten dugu.

$$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{n}{V} RT$$

Formula horretan  $n$ ,  $R$  eta  $T$  konstanteak direnez, presioaren aldakuntzak bolumenaren gainean eragiten duela ikusten dugu, eta beraz, kontzentrazio molarraren gainean ere bai. Era berean, bolumen-aldakuntzak kontzentrazioaren eta presioaren gainean eragiten du.

Orekan dagoen sistema baten gasen presio totala aldatu egin daiteke sistemak betetzen duen bolumena aldatuz. Hori lor daiteke, esaterako, ontziak eduki dezakeen pistoi higikor bat desplazatuz, edo erreazio-nahastea bolumen desberdina duen beste ontzi batera pasatuz.

Ikus dezagun nola eragiten duen presio totalaren gehikuntza batek amoniakoaren sintesiaren orekaren gainean, sistema duen ontziaren bolumena gutxituz; Ohar zaitez, halaber, baldintza berrien mendeko oreka berria lortzeko zer noranzkotan joko duen erreazioak.



Horretarako, *Le Chatelierren printzipioa* aplikatuko dugu, edo *erreakzio-zatidura*,  $Q$ , aztertuko dugu.

### Gas geldo baten gehikuntza

Gasez osaturiko sistema baten presioa handitu egin daiteke erreazio-nahasteari gas geldo bat gehituz, nahastearen osagaiekin erreaziozatzen ez duena. Kasu horretan, argi dago presio totala gehitu egiten dela, baina gas bakoitzaren frakzio molarra gutxitu egiten denez, gasen presio partziala ez da aldatzen, ezta kontzentrazio molarra ere.

Gogoratu  $A$  gas baten presio partzialaren balioa hauxe dela:

$$p_A = \chi_A \cdot p_T$$

$\chi_A$  =  $A$  gasaren frakzio molarra

Ondorioz, orekako nahastearen gasen presio partzialak aldatzen ez direnez, ezta kontzentrazio molarrak ere, oreka ez da asaldatzen.

Le Chatelierren printzipioaren aplikazioa	Erreakzio-zatiduraren azterketa
<p>Presioaren <i>gehikuntzak</i>, temperatura konstantean, <i>bolumenaren gutxipena</i> eta gasen kontzentrazio molarraren handitzea sortzen ditu. Ondorioz, molekula kopurua, bolumen unitateko, gehitu egingo da.</p> <p>Orekaren aldaketa horren ondorioz, sistemak oreka birlortuko du <math>N_2</math> eta <math>H_2</math>-aren molekulak elkarrekin erreazioz, zeren, horrela, <math>NH_3</math>-aren molekulak eratu, molekula kopurua, bolumen unitateko, gutxitu egingo baita. Sistema <i>eskuinerantz</i> desplazatuko da.</p> <p>— Presioa <b>handitzen</b> denean, sistema gasen <b>molen kopurua gutxitzen deneko noranzkoan</b> desplazatuko da, hots, molekula gutxiago dagoen noranzkoan.</p> <p>— Presioa <b>gutxitzen</b> denean, sistema <b>gasen molen kopurua handitzen deneko noranzkoan</b> desplazatuko da, hots, molekula gehiago dagoen noranzkoan.</p> <p>Baldin ekuazioaren bi ataletan molekula kopurua berbera balitz (<math>\Delta n = 0</math>), <i>bolumenaren aldakuntzak ez luke edukiko eraginik orekan</i>.</p>	$Q_C = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{n(NH_3)}{V}\right)^2}{\left(\frac{n(N_2)}{V}\right)\left(\frac{n(H_2)}{V}\right)^3} = \frac{n^2(NH_3)}{n(N_2) \cdot n^3(H_2)} \cdot V^2$ <p>— <i>Presioaren gehikuntza</i> batek <math>V</math>-aren balioa gutxitu egiten du, eta beraz, <math>Q_C</math>-rena; ondorioz, <math>Q_C &lt; K_C</math> da. <math>Q_C</math>-a <math>K_C</math>-ren berdina izan dadin, zatidurak handiagoa izan behar du:</p> $\frac{n^2(NH_3)}{n(N_2) \cdot n^3(H_2)}$ <p>Hori lortzeko, <math>NH_3</math>-aren molekulen kopurua handitu egin behar da, eta <math>N_2</math> eta <math>H_2</math>-aren molekulena gutxitu. Sistema <i>eskuinerantz</i> desplazatuko da.</p> <p>— Bolumena gutxituta <i>presioa handituko balitz</i>, <math>Q_C</math> handitu egingo litzateke, eta <math>Q_C &gt; K_C</math> izango litzateke. Oreka birlortzeko eta <math>Q_C = K_C</math> izateko, <math>NH_3</math> molekulen kopurua gutxitu beharko litzateke, eta <math>H_2</math> eta <math>N_2</math> molekulena handitu. Sistema <i>ezkerrerantz</i> desplazatuko da.</p>



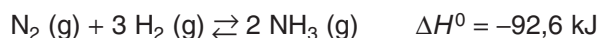
Orrialde honetan paratutako bideo batek, La Chatelierren printzipioa lantzekoak, erakusten du nola eragiten duen tenperaturaren aldaketak oreka batean:

<http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/Videos/EquilibrioQ/index.htm>

### 9.3. Temperatura-aldakuntzak

Temperatura-aldakuntzek sakonki eragiten dute orekako sistemetan, zeren  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen balioak aldatu egiten baitira.

Har dezagun, berriro, amoniakoaren sintesiaren sistema:



Entalpiaren aldakuntza horrek *erreakzio zuzena*, eskuineranzkoa, *exotermikoa* dela adierazten du; beraz, *alderantzizko erreakzioa*, ezkereranzkoa, *endotermikoa* izango da, eta horren entalpiaren aldakuntza, balio absolutuan, aurrekoarenaren berdina izango da.

Ikus dezagun nolako eragina duen tenperatura-aldakuntzak, presio konstantean, sistemaren gainean, eta oreka birlortzeko zer noranzkotan desplazatu den.

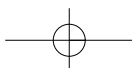
Le Chatelierren printzipioaren aplikazioa	Erreakzio-zatiduraren azterketa
<p><i>Beroa ematen bazaio</i> sistemari, horrek oreka-egoera birlortzera joko du, emandako beroa xurgatuz; horretarako, sistemak nagusiki erreakzio <i>endotermikoa</i> egingo du. Sistema <i>ezkerrerantz</i> desplazatu da.</p> <p>Temperatura jaitsiz sistematik <i>beroa xurgatu egiten bada</i>, sistema ekintza horren kontra arituko da, eta beroa askatuko du; horretarako, sistemak erreakzio <i>exotermikoa</i> egingo du. Sistema <i>eskuinerantz</i> desplazatu da.</p> <p>Esan daiteke, oro har:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Temperatura igotzen bada</b>, sistema erreakzio <b>endotermikoaren</b> noranzkoan desplazatu da.</li> <li>— <b>Temperatura jaisten bada</b>, sistema erreakzio <b>exotermikoaren</b> noranzkoan desplazatu da.</li> </ul>	$Q_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ <p>Esperimentalki gauza jakina da, tenperatura igotzean, <math>K_C</math> konstantea handitu egiten dela erreakzio zuzena endotermikoa denean, eta gutxitu egiten dela erreakzio zuzena exotermikoa denean.</p> <p><math>\text{NH}_3</math>-aren sintesiaren orekan, erreakzio zuzena <i>exotermikoa</i> da, eta hala denean:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Temperatura igotzen bada</i>, <math>K_C</math>-a <math>Q_C</math> baino txikiago bilakatuko da, eta ondorioz, azken horrek gutxitu egin beharko du. Hori gerta dadin, <math>[\text{NH}_3]</math> gutxitu egin behar da, eta <math>[\text{N}_2]</math> eta <math>[\text{H}_2]</math> handitu. Hori lortzeko, sistema <i>ezkerrerantz</i> desplazatu da.</li> <li>— <i>Temperatura jaisten bada</i>, <math>Q_C</math> handitu beharko da, eta horretarako <math>[\text{NH}_3]</math> handitu behar da, eta <math>[\text{N}_2]</math> eta <math>[\text{H}_2]</math> gutxitu. Sistema <i>eskuinerantz</i> desplazatu da.</li> </ul>

Taulak oreka-konstantearen,  $K_C$ , zenbait aldaketa erreakzioentzat erakusten du, bai erreakzio endotermikoetan bai exotermikoetan.

**Katalizatzaileen eragina orekaren gainean**

Katalizatzaileak orekan dagoen sistema batean neurri berean gutxitzen ditu erreakzio zuzenarentzat beharrezko den aktibazio-energia, eta alderantzizko erreakzioarentzat beharrezkoa dena. Beraz, katalizatzaile bat egoteak ez du eraginik oreka-konstantearen gainean, eta ez du oreka noranzkoa batera edo bestera desplazatzen; hala ere, oreka-egoera lortzeko bizkortasunaren gainean eragiten du, orekako kontzentrazioak denbora txikiagoan lortzea errazten baitu.

Erreakzioa	$\Delta H^0$	T (K)	$K_C$
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HCl}(\text{g})$	< 0	300	$4,0 \cdot 10^{31}$
		500	$4,0 \cdot 10^{18}$
		1000	$5,1 \cdot 10^8$
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$	< 0	298	794
		500	160
		700	54
$\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Cl}(\text{g})$	> 0	1000	$1,2 \cdot 10^{-7}$
		1200	$1,7 \cdot 10^{-5}$
$\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{I}(\text{g})$	> 0	800	$3,1 \cdot 10^{-5}$
		1000	$3,1 \cdot 10^{-3}$



## 14. ADIBIDEA

Har dezagun sistema bat, oreka honetan dagoena:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ ,  $\Delta H^0 = 58,0 \text{ kJ}$ ; aurrean ezazu aldaketa hauek egitean sistemaren desplazamendua noranzkoa izango den: a) nahasteari  $NO_2$  apur bat gehitzen zaio, temperatura eta bolumen konstantean; b) sistemaren gaineko presioa gutxitu egiten da, ontziaren bolumena handituz, eta temperatura konstantean; c) nahastea bolumen konstantean berotzen da; d) helio kantitate bat gehitzen da. Erantzunak arrazoitu, Le Chatelierren printzipioan eta erreakzio-zatiduran oinarrituta.

- a)  $[NO_2]$  handitzean, sistema  $NO_2$ -a kontsumitzen deneko noranzkoan desplazatuko da, hau da, **ezkerrerantz**.

Baldin  $[NO_2]$  gehitzen bada, orduan  $Q_C > K_C$  izango da.  $Q_C$ -a,  $K_C$ -ren berdina izan dadin, izendatzailea,  $[N_2O_4]$ , handitu behar da, eta horregatik, sistema **ezkerrerantz** desplazatuko da.

- b) Presioaren gutxipen batek molekula kopuruaren gutxipen bat sortzen du bolumen-unitateko. Horren kontra, sistema molekula kopurua gehituz arituko da, eta horretarako, **eskuinerantz** desplazatuko da.

Presioa gutxitzen bada, eta bolumena handitzen bada, erreakzio-zatidura gutxitu egingo da,  $Q_C < K_C$  izanik.  $Q_C = K_C$  bilakatzeko,  $n(NO_2)$  handitu egin behar da, hau da, sistema **eskuinerantz** desplazatu beharko da.

- c) Temperatura igotzean, sistemak eragin horren kontra joateko beroa xurgatuz erantzuten du, hau da, erreakzio endotermikoa eginez; ondorioz, sistema **eskuinerantz** desplazatuko da,  $NO_2$  eratuz.

Erreakzio zuzena endotermikoa denez, temperaturaren gehikuntza batek  $K_C$ -ren balioa handitu egiten du. Temperatura handitzen denean,  $Q_C$  handitu egingo da, eta hori gerta dadin,  $[NO_2]$  handiago bilakatu behar da, sistema **eskuinerantz** desplazatuz.

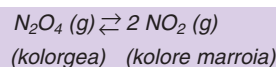
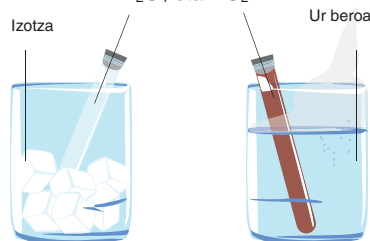
$$Q_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

- d) Erreakzio-nahasteari gas geldo bat gehitzeak sistemaren presio totalaren gainean eragingo du, eta  $N_2O_4$ -aren eta  $NO_2$ -aren frakzio molarrek gutxitu egingo dira, baina ez dira aldatzen ez kontzentrazio molarrek, ezta gasen presio partzialak ere. Ondorioz, **oreka ez da aldatzen**.

$$Q_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$$Q_C = \frac{\left(\frac{n(NO_2)}{V}\right)^2}{\frac{n(N_2O_4)}{V}} = \frac{n^2(NO_2)}{n(N_2O_4)} \cdot \frac{1}{V}$$

Erreakzio-nahastea:  
 $N_2O_4$  eta  $NO_2$

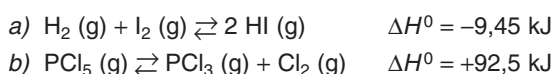


Temperatura igotzean, oreka eskuinerantz desplazatzen da,  $NO_2$ -a eratuz. Kolorea ilundu egiten da.

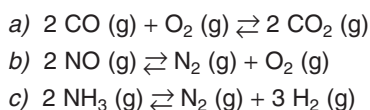
Temperatura jaistean, oreka ezkerrerantz desplazatzen da. Kolorea argitu egiten da.

## JARDUERAK

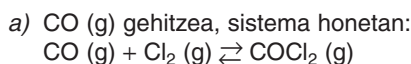
31. Arrazoi ezazu zein izango den temperaturaren gehikuntza batek orekan gainean izango dituen ondorioak.



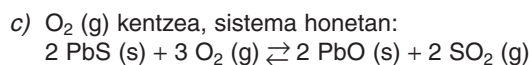
32. Adierazi bolumena gutxitzeagatik gertatutako presio-handitzeak zer ondorio edukiko duen honako oreka hauen gainean:



33. Arrazoitu zer ondorio dituen, sistema bakoitzean, proposatzen den kontzentrazio-aldakuntzak:



- b)  $SO_3(g)$  gehitzea, sistema honetan:  
 $MgO(s) + SO_3(g) \rightleftharpoons MgSO_4(s)$



34. Orekan dagoen sistema honetan,  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$  ( $\Delta H^0 = +92,5 \text{ kJ}$ ), arrazoitu nolako eragina edukiko duten honako aldaketa hauek: a) temperatura gutxitzea; b) presioa handitzea; c)  $PCl_3$ -aren kontzentrazioa handitzea; d)  $PCl_5$ -aren kontzentrazioa gutxitzea.

35. Oreka honen gainean,  $4 HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 H_2O(g) + 2 Cl_2(g)$  ( $\Delta H^0 = -115 \text{ kJ}$ ) arrazoitu aldaketa hauek nolako eragina izango duten: a) temperatura gehitzea; b) presio totala handituz, bolumena gutxitzea; c)  $O_2(g)$  gehitzea; d)  $H_2O(g)$  apur bat kentzea; e) katalizatzaile bat gehitzea; f) helio apur bat gehitzea.





# LABURPENA

- **Erreakzio itzulgarriak** erreaktiboak produktu zeharo bilakatzen ez diren erreakzioak dira; izan ere, produktuek erreaktiboak eratzen dituzte berriz ere, noranzko bikoitzeko prozesu bat emanez, eta azkenean, *oreka kimikora* iristen da.

Erreakzio itzulgarri baten **oreka kimikoko egoera** sistemaren azken egoera da, zeinean erreakzio zuzenaren abiadura eta alderantzizko erreakzioaren abiadura elkarren berdinak diren, eta, ondorioz, erreakzioan parte hartzen duten substantzien kontzentrazioek konstante irauten duten.

- Oreka batek **homogeneo** izena hartzen du *espezie kimiko presente guztiak fase berean daudenean*.

**Masa-ekintzaren legeak** orekan dauden substantzien kontzentrazioen arteko erlazioa finkatzen du. Erlazio horri *oreka-konstantea*,  $K_C$ , deritzo.



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

- $K_C$ -k parte hartzen ditueneko kalkuluak egiteko, **taula** bat eraikitzea komeni da, taula horretan *hasierako molak*, *orekara heltzeko eragindako aldakuntzak*, *orekako molak* eta *orekako kontzentrazioak* jarri.

	A	B	C	D
Hasierako molak, $n_0$				
Orekara heltzeko aldakuntzak				
Orekako molak, $n$				
Orekako kontzentrazioak				

- **Erreakzio-zatidura**,  $Q_C$ , balio bat da, eta erreakzioaren oreka-egoerari dagokion  $K_C$  konstantearen adierazpenean, erreakzionatzen ari den nahastearen substantzien kontzentrazioak ordezkatzearan lortzen da.

- Baldin  $Q_C > K_C$ , sistema *ezkerrerantz* aurreratuko da.
- Baldin  $Q_C = K_C$ , sistema *orekan* dago.
- Baldin  $Q_C < K_C$ , sistema *eskuinerantz* aurreratuko da.

Gasen arteko oreketan, oreka-konstantea gasen *presio partzialen* funtzioan adieraz daiteke. Orduan  $K_p$  izendatzen da.



$$K_p = \frac{p_C^c \cdot p_D^d}{p_A^a \cdot p_B^b}$$

$K_C$ -ren eta  $K_p$ -ren arteko erlazioari dagokionez:

$$K_p = K_C (RT)^{\Delta n} \quad K_C = K_p (RT)^{-\Delta n}$$

- $K_p$ -k parte hartzen ditueneko kalkuluak egiteko, komeni da **taula** bat eraikitzea, taula horretan *hasierako molak*, *orekara heltzeko eragindako aldakuntzak*, *orekako molak*, *frakzio molarak* eta *orekako presio partzialak* jarri.

	A	B	C	D
Hasierako molak, $n_0$				
Orekara heltzeko aldakuntzak				
Orekako molak, $n$				
Frakzio molarak				
Orekako presio partzialak				

- **Oreka** batek **heterogeneo** izena hartzen du substantzia guztiak *fase berean ez daudenean*.

Oreka heterogeneoen  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen adierazpenetan ez dira sartzen, hurrenez hurren, *solido puru* edo *likido puru gisa presente dauden substantzien* kontzentrazio molarak, ezta presio partzialak ere.

- Orekan dagoen sistema batean, erreakzioaren **energia aske estandarraren**,  $\Delta G^0$ , eta **oreka-konstantearen** arteko erlazioa honako adierazpen honek ematen du.

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

— Baldin  $\Delta G^0 < 0 \Rightarrow K > 1$ . Erreakzioak, orekan, *produktuen eraketarantz desplazatua* izateko joera du ( $\rightarrow$ ).

— Baldin  $\Delta G^0 > 0 \Rightarrow K < 1$ . Erreakzioak, orekan, *erreaktiboaren eraketarantz desplazatua* izateko joera du ( $\leftarrow$ ).

- **Le Chatelierren printzipioa** honela adierazten da: *oreka batean eragina duten faktoreen (temperatura, presioa edo kontzentrazioak) kanpo-aldakuntzak sistemaren birdoiketa dakar, aldakuntza horren efektua moteltzeko eta, horrela, oreka-egoera berria lortu ahal izateko*.

— Substantzia baten *kontzentrazioa gehitzen* bada, sistema substantzia hori *kontsumitzen* deneko noranzkoan desplazatzen da. Gutxituz gero, kontrako noranzkoan desplazatuko da.

— *Presioa handitzen* denean, sistema *gas molen kopurua gutxitzen* deneko noranzkoan desplazatuko da, hots, molekula gutxiago dagoen noranzkoan. Gutxiagotuz gero, kontrako noranzkoan desplazatuko da.

— *Temperatura igotzen* denean, sistema erreakzio *endotermikoaren* noranzkoan desplazatuko da. Beheratuz gero, *exotermikoaren* noranzkoan.

— *Katalizatzaileak egoteak ez du sistemaren oreka-egoera aldatzen*.

**A**

$K_C$  konstantearen balioa  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$  orekarentzat,  $22^\circ C$ -an,  $4,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$  da.

Baldin  $0,60 \text{ L}$ -ko ontzi batean  $0,80 \text{ mol } N_2O_4$  sartzen badira, kalkula itzazu bi gasen orekako kontzentrazioak.

Kalkulatu kontzentrazio horiek berriro, baldin, oreka lortutakoan, bolumena  $0,30 \text{ L}$ -raino murrizteagatik presioa gehitu egiten bada, temperatura konstante mantenduz.

Problemaren lehen atalean emandako baldintzetatik abiatuta, orekako kontzentrazioak kalkulatu behar dira.

— Datuak:  $V = 0,60 \text{ L}$        $n_0(N_2O_4) = 0,80 \text{ mol}$

$$K_C = 4,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

— Oreka lortzeko egin behar diren aldaketak:

Desagertzen den mol  $N_2O_4$  bakoitzeko, bi mol  $NO_2$  eratzen dira. Baldin  $x \text{ mol } N_2O_4$  kontsumitzen direla suposatzen badugu, orduan  $2x \text{ mol } NO_2$  eratuko dira.

Datu horietatik abiatuta, alboko taula eraikiko dugu.

— Azken lerroan lorturiko balioak oreka-konstantearen adierazpenean ordezkatuko ditugu, eta  $x$  kalkulatu dugu.

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow 4,66 \cdot 10^{-3} = \frac{\left(\frac{2x}{0,60}\right)^2}{\frac{0,80 - x}{0,60}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4,66 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,80 - x}{0,60} = \frac{4x^2}{(0,60)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4x^2 + 2,79 \cdot 10^{-3}x - 2,24 \cdot 10^{-3} = 0 \Rightarrow x_1 = 0,023 \quad ; \quad x_2 = -0,024$$

Emaitza positiboa soilik hartuko dugu,  $0,023$  molen kantitateari dagokiona.

— Orekako kontzentrazioak honako hauek dira:

$$[N_2O_4] = \frac{0,80 - x}{0,60} = \frac{(0,80 - 0,023) \text{ mol}}{0,60 \text{ L}} = \mathbf{1,295 \text{ mol} \cdot L^{-1}} \quad [NO_2] = \frac{2x}{0,60} = \frac{2 \cdot 0,023 \text{ mol}}{0,60 \text{ L}} = \mathbf{0,077 \text{ mol} \cdot L^{-1}}$$

Problemaren bigarren partean, orekako baldintzetatik abiatzen gara, eta bolumena aldatzean oreka berri bateraino iritsiko gara.

— Datuak:  $V = 0,30 \text{ L}$        $n_0(N_2O_4) = 0,80 - 0,023 = 0,777 \text{ mol}$        $n_0(NO_2) = 2 \cdot 0,023 = 0,046 \text{ mol}$

— Oreka berrira heltzeko egindako aldaketak:

Bolumena gutxitzen bada, sistemak mol gaseosoen kopurua gutxitzen deneko noranzkoan eboluzionatuko du, hau da,  $N_2O_4$ -aren eraketaren noranzkoan. Beraz,  $y \text{ mol } N_2O_4$  eratuko dira, eta  $2y \text{ mol } NO_2$  desagertuko dira. Datu horietatik abiatuta, beste taula bat eraikiko dugu.

— Problemaren lehen ataleko kalkuluaren prozedura errepikatuko dugu:

$$K_C = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow 4,66 \cdot 10^{-3} = \frac{\left(\frac{0,046 - 2y}{0,30}\right)^2}{\frac{0,777 + y}{0,30}} \Rightarrow \dots$$

$$\Rightarrow y_1 = 0,0395 \quad ; \quad y_2 = 0,0065$$

$y_1$  emaitzak ez du zentzu errealik, zeren  $0,046 - 2y$  adierazpenak emaitza negatiboa emango bailuke.  $y_2$  emaitzetik abiatuta, orekako kontzentrazio berriak kalkulatu dugu:

$$[N_2O_4] = \frac{(0,777 + 0,0065) \text{ mol}}{0,30 \text{ L}} = \mathbf{2,61 \text{ mol} \cdot L^{-1}} \quad [NO_2] = \frac{(0,046 + 2 \cdot 0,0065) \text{ mol}}{0,30 \text{ L}} = \mathbf{0,11 \text{ mol} \cdot L^{-1}}$$

	$N_2O_4$	$NO_2$
Hasierako molak, $n_0$	0,80	0
Orekarantzeko aldakuntzak (mol)	-x	+2x
Orekako molak, n	0,80 - x	2x
Orekako kontzentrazioak (mol · L <sup>-1</sup> )	$\frac{0,80 - x}{0,60}$	$\frac{2x}{0,60}$

	$N_2O_4$	$NO_2$
Hasierako molak, $n_0$	0,777	0,046
Orekarantzeko aldakuntzak (mol)	+y	-2y
Orekako molak, n	0,777 + y	0,046 - 2y
Orekako kontzentrazioak (mol · L <sup>-1</sup> )	$\frac{0,777 + y}{0,30}$	$\frac{0,046 - 2y}{0,30}$

**B**

Temperatura batean,  $SO_2(g) + NO_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g) + NO(g)$  orekari dagokion nahastea 0,75 L-ko matraxe batean dago, eta nahaste horretan 0,15 mol  $SO_2$ , 0,30 mol  $NO_2$ , 0,60 mol  $SO_3$  eta 0,45 mol  $NO$  daude. Temperatura aldatu gabe, orekako nahasteari 0,30 mol  $SO_3$  gehitzen zaizkio. Kalkula itzazu oreka birlortu osteko kontzentrazioak.

$$[SO_2] = \frac{0,15 \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,2 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[SO_3] = \frac{0,60 \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$K_C = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]} = \frac{0,8 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot 0,6 \text{ mol} \cdot L^{-1}}{0,2 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot 0,4 \text{ mol} \cdot L^{-1}} = 6,00 \text{ (adimentsionala)}$$

Ontziari 0,30 mol  $SO_3$  gehitzean, substantzia horren hasierako molak  $0,30 + 0,60 = 0,90$  izango dira. Le Chatelierren printzipioaren arabera, sistema  $SO_3$ -a kontsumitzearen noranzkoan desplazatuko da.

— Orekara heltzeko aldaketak.

Demagun  $x$  mol  $SO_3$  kontsumitu direla. Erreakzioaren estekiometriaren arabera, beste horrenbeste mol  $NO$  kontsumitu dira, eta  $x$  mol  $SO_2$  eta  $x$  mol  $NO_2$  eratu dira. Datu horietatik abiatuta, alboko taula eraikiko dugu:

— Azken lerroan lorturiko datuak oreka-konstantearen adierazpenean ordezkatzeko ditugu, eta horrela  $x$ -aren balioa kalkulatzeko dugu:

	$SO_2$	$NO_2$	$SO_3$	$NO$
Hasierako molak, $n_0$	0,15	0,30	0,90	0,45
Orekara heltzeko aldakuntzak (mol)	+x	+x	-x	-x
Orekako molak, n	0,15 + x	0,30 + x	0,90 - x	0,45 - x
Orekako kontzentrazioak (mol · L <sup>-1</sup> )	$\frac{0,15 + x}{0,75}$	$\frac{0,30 + x}{0,75}$	$\frac{0,90 - x}{0,75}$	$\frac{0,45 - x}{0,75}$

$$K_C = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]} \Rightarrow 6,00 = \frac{\left(\frac{0,90 - x}{0,75}\right)\left(\frac{0,45 - x}{0,75}\right)}{\left(\frac{0,15 + x}{0,75}\right)\left(\frac{0,30 + x}{0,75}\right)} \Rightarrow \dots \Rightarrow 5x^2 + 4,05x - 0,135 = 0$$

$$x_1 = 0,032 \quad ; \quad x_2 = -0,842$$

Emitza positiboa soilik hartuko dugu, hau da, 0,032 molekoko kantitateari dagokiona.

— Oreka berriaren kantitateak, beraz, honako hauek izango dira:

$$[SO_2] = \frac{(0,15 + 0,032) \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,243 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[NO_2] = \frac{(0,30 + 0,032) \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,443 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[SO_3] = \frac{(0,60 - 0,032) \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 1,157 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[NO] = \frac{(0,45 - 0,032) \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,557 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

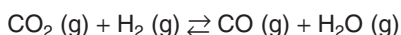
1. Demagun oreka hau:  $A(g) \rightleftharpoons B(g) + C(g)$ , eta jakina da 250 °C-an honako kontzentrazio molar hauek daudela presente:  $[A] = 0,30 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ;  $[B] = 0,20 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ;  $[C] = 0,20 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ . Kalkulatu:

a)  $K_C$  konstantearen balioa.

b) Orekako kontzentrazio berriak, baldin ontziaren bolumena bikoizteraino handitzen bada, temperatura aldatu gabe.

Sol.:  $K_C = 0,13 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ;  $[A] = 0,12 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ;  $[B] = [C] = 0,13 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

2. 10 L-ko ontzi batean, 1250 °C-an, 0,61 mol  $CO_2$  eta 0,39 mol  $H_2$  sartzen dira. Oreka hori lortutakoan,



0,35 mol  $CO_2$ -ren presentzia egiaztatu da. Kalkulatu  $K_C$  konstantearen balioa aipaturiko temperaturan. Orain 0,22 mol  $H_2$  gehitzen badira, temperatura aldatu gabe, kalkula itzazu oreka berrian dauden substantzien kontzentrazioak.

Sol.:  $K_C = 1,49$ ;  $[CO_2] = [H_2] = 0,028 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ ;  $[CO] = [H_2O] = 0,034 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

— Datuak:

$$n_0(SO_2) = 0,15 \text{ mol} \quad n_0(NO_2) = 0,30 \text{ mol}$$

$$n_0(SO_3) = 0,60 \text{ mol} \quad n_0(NO) = 0,45 \text{ mol}$$

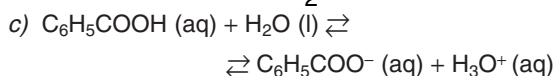
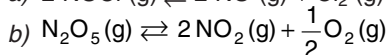
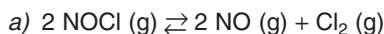
$$V = 0,75 \text{ L} \quad n_0'(SO_3) = 0,30 \text{ mol}$$

—  $K_C$  oreka-konstantearen balioa jakin behar dugu saiakuntza egiten deneko temperaturan. Balio hori orekan dauden espezioen kontzentrazioetatik abiatuta lortzen da:

$$[NO_2] = \frac{0,30 \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[NO] = \frac{0,45 \text{ mol}}{0,75 \text{ L}} = 0,6 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

1. Idatzi orekan dauden honako erreakzio itzulgarri hauetako bakoitzaren  $K_C$  konstantearen adierazpena:



2. Kalkula ezazu erreakzio itzulgarri baten  $K_C$ -ren balioa nola aldatuko den, doitutako ekuazioaren koefiziente estekiometrikoak bi zenbakiaz biderkatzen edo zatikatzen direnean.

3.  $\text{Cl}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{Cl (g)} + \text{Cl (g)}$  erreakzioaren oreka-konstanteak,  $K_C$ ,  $1,4 \cdot 10^{-38}$  balio du,  $25^\circ\text{C}$ -an. Azaldu zer adierazten duen  $K_C$ -ren hain balio txiki horrek. Idatz ezazu erreakzio horren eta alderantzizkoaren oreka-konstantearen adierazpena. Deduzitu alderantzizkoaren konstantearen,  $K'_C$ , balioa, eta aurki ezazu  $K_C$ -ren eta  $K'_C$ -ren arteko erlazioa.

4. Erreakzio itzulgarri batean oreka-konstantea, gutxi gorabehera, 1 da:

$$K_C = \frac{[\text{C}][\text{D}]}{[\text{A}][\text{B}]} \equiv 1$$

Adierazi zer auresan daitekeen erreaktiboen eta produktuen orekako kantitateei buruz.

5. Saio batean egiaztatu denez,  $25^\circ\text{C}$ -an,  $\text{N}_2\text{O}_4 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 \text{(g)}$  sistemaren orekako kontzentrazioak honako hauek direla:  $[\text{NO}_2] = 0,048 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  eta  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0,491 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Emandako tenperaturan, kalkulatu  $K_C$  konstantea, eta halaber, kalkulatu haren balioa oreka honela formulatuko balitz:  $\frac{1}{2} \text{N}_2\text{O}_4 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 \text{(g)}$ .

Sol.:  $4,69 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $6,85 \cdot 10^{-2}$

6.  $2 \text{NO (g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 \text{(g)}$  orekarentzat, eta  $230^\circ\text{C}$ -an,  $K_C$  konstantearen balioa  $6,44 \cdot 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  da. Baldin  $\text{NO}$ -aren eta  $\text{NO}_2$ -aren orekako kontzentrazioak  $0,054 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  eta  $15,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  badira, hurrenez hurren, kalkulatu  $\text{O}_2$ -aren orekako kontzentrazioa.

Sol.:  $0,128 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

7.  $0,76 \text{ L}$ -ko ontzi batean, orekan,  $0,60 \text{ mol SO}_3$ ,  $0,40 \text{ mol NO}$ ,  $0,10 \text{ mol NO}_2$  eta  $0,80 \text{ mol SO}_2$  daude.

Idatz ezazu dagokion ekuazioa, eta kalkulatu ezazu baldintza berberetan ontzira sartu beharko litzatekeen  $\text{NO}$  mol kopurua, orekan  $0,30 \text{ mol NO}_2$  egon daitezen.

Sol.:  $2,07 \text{ mol}$

8.  $3 \text{ mol CO}_2$ -z eta  $1 \text{ mol H}_2$ -z osatutako nahastea bat ontzi itxi batean  $1000^\circ\text{C}$ -an berotuz, beherago

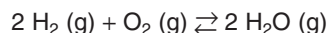
agertzen den oreka lortu zen, eta orduan  $0,8 \text{ mol CO}$  eta  $0,8 \text{ mol H}_2\text{O}$  zeuden:



Kalkula ezazu  $K_C$  oreka-konstantea.

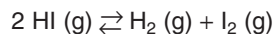
Sol.:  $1,45$

9.  $1,0 \text{ L}$ -eko ontzi batek  $1,04 \text{ g H}_2$  eta  $8,32 \text{ g O}_2$  ditu. Tenperatura balio bateraino igo ondoren, oreka lortu zen, ontzian  $2,16 \text{ g H}_2\text{O}$  zeudela. Kalkulatu ezazu uraren sintesi-orekaren  $K_C$ -a:



Sol.:  $0,45 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

10. Ontzi bateko hidrogeno ioduroaren kontzentrazioa  $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da, eta  $490^\circ\text{C}$ -raino berotzen da. Tenperatura horretan  $K_C$ -aren balioa  $0,022$  bada, kalkulatu itzazu orekan dauden hiru substantzien kontzentrazioak:



Sol.:  $0,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

11.  $1,0 \text{ L}$ -eko ontzian, tenperatura batean,  $1,0 \text{ mol PCl}_5$  sartu ziren, eta  $\text{PCl}_5 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_3 \text{(g)} + \text{Cl}_2 \text{(g)}$  oreka lortu zen. Baldin tenperatura horretan  $K_C$ -ren balioa  $0,045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  bada, kalkulatu hiru substantzien orekako kontzentrazioak.

Sol.:  $0,19 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $0,81 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

12. Tenperatura batean, amoniakoaren sintesiaren oreka-konstantea  $K_C = 2,0 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$  da. Baldin erreakzioaren hasieran  $1,0 \text{ L}$ -eko ontzi batean  $\text{NH}_3$ -kantitate bat sartu bazen, eta orekan  $2,0 \text{ mol N}_2$  zeudela egiaztatu bazen, kalkulatu ezazu orekan dagoen substantzia bakoitzaren kontzentrazioa:  $\text{N}_2 \text{(g)} + 3 \text{H}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 \text{(g)}$ .

Sol.:  $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $29,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

13.  $\text{N}_2\text{O}_4 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 \text{(g)}$  orekaren konstantearen,  $K_C$ , balioa, tenperatura batean,  $5,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da. Kalkulatu ezazu  $\text{N}_2\text{O}_4$ -aren disoziazio-gradua, tenperatura horretan, baldin hasierako kontzentrazioa  $0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  bada.

Sol.:  $0,24$

14. Erreakzio-nahasketa bat honako substantzia eta kontzentrazio hauekin prestatzen da:  $0,003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2$ ,  $0,001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ N}_2$  eta  $0,002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NH}_3$ , eta  $500^\circ\text{C}$ -raino berotzen da. Tenperatura horretan  $K_C = 0,11 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$  dela jakinda, auresan ezazu amoniakoa ekoiztuko den ala deskonposatuko den, honako oreka hau lortu ahal izateko:  $\text{N}_2 \text{(g)} + 3 \text{H}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 \text{(g)}$ .

15. Hidrogenoz, iodoz eta hidrogeno ioduroz osaturiko erreakzio-nahaste bat, substantzia bakoitzaren kontzentrazioa  $0,002 \text{ M}$  izanik, erreakzio-ontzi batean sartu da, eta  $490^\circ\text{C}$ -an berotu. Jakinda  $\text{H}_2 \text{(g)} +$

- $I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$  sistemaren  $K_C$  konstantearen balioa 46,0 dela, aurrean ezazu zein noranzkotan aurreratuko den erreakzioa oreka lortu arte, baldin eta, dagoeneko, lortu ez bada.
16. 1,00 L-eko ontzi batean, 300 °C-an, 0,50 mol  $SO_3$ , 1,30 mol  $SO_2$  eta 1,06 mol  $O_2$  orekan daude. Kalkula itzazu hiru gas horien presio partzialak, eta halaber,  $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 SO_3(g)$  orekaren  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteak.  
Sol.: 61,08 atm; 49,81 atm; 23,49 atm; 0,14 L · mol<sup>-1</sup>; 0,003 atm<sup>-1</sup>
17. Ontzi itxi batean, 600 K-ean, oreka hau gertatzen da:  $2 NO_2(g) \rightleftharpoons 2 NO(g) + O_2(g)$ . Kalkula ezazu  $K_p$ -aren balioa baldin gasen orekako kontzentrazioak hauexek badira:  $[NO_2] = 0,0146 M$ ,  $[NO] = 0,0382 M$  eta  $[O_2] = 0,00191 M$ .  
Sol.:  $6,44 \cdot 10^{-3}$  atm
18. Ontzi bat fosgenoz betetzen da, hasierako presioa 1 atm-ekoa eta temperatura 573 K-ekoa direla, eta oreka hau lortzen da:  $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ ; oreka horren konstantearen balioa,  $K_p$ ,  $1,0 \cdot 10^{-3}$  atm da. Kalkula itzazu orekako presio partzialak eta presio totala.  
Sol.: 0,969 atm; 0,031 atm; 0,031 atm; 1,031 atm
19.  $N_2O_4(g)$ -aren lagin batek ontzi itxi batean eta 298 K-ean disoziazio-oreka hau lortzen du:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ . Temperatura horretan,  $K_p = 0,140$  atm da. Baldin orekako presio totala 2,0 atm-koa bada, kalkulatu gas presio partzialak.  
Sol.: 1,54 atm; 0,46 atm
20. 1300 K-ean,  $CO_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2O(g)$  orekaren  $K_p$ -aren balioa 0,70 da. Matrize batean 10 mol  $CO_2$  eta 10 mol  $H_2$  jarri dira, eta aipaturiko temperaturan oreka lortzen denean presio totalaren balioa 10 atm-koa da. Kalkula itzazu orekan dauden lau gasen presio partzialak.  
Sol.: 2,72 atm; 2,72 atm; 2,28 atm; 2,28 atm
21. 7,5 L-ko ontzi batean 0,50 mol  $H_2$  eta 0,50 mol  $I_2$  nahastu dira. Temperatura 448 °C-raino igotzen da,  $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$  oreka lortu arte, eta orduan  $K_C = 50$  da. Kalkula itzazu  $K_p$ -ren balioa, orekako presio totala, eta orekan presente dauden substantzien kontzentrazioa eta presio partziala.  
Sol.: 50; 7,88 atm; 0,1102 mol; 0,1102 mol; 0,7796 mol; 0,87 atm; 0,87 atm; 6,15 atm
22.  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$  orekan,  $K_p$  konstantearen balioa 0,17 atm-koa da, 300 K-ean. Kalkula itzazu  $N_2O_4$ -aren disoziazio-gradua, presio totala 1 atm-ekoa bada.  
Sol.: % 20
23. Idatzi erreakzio hauetako  $K_C$  eta  $K_p$  konstanteen adierazpenak:
- a)  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$   
b)  $(NH_4)_2Se(s) \rightleftharpoons 2 NH_3(g) + H_2Se(g)$
24.  $4 NH_4HS(s) \rightleftharpoons 4 NH_3(g) + 2 H_2S(g)$  orekan,  $K_p$ -ren balioa 0,12 atm<sup>2</sup>-koa da, 25 °C-an. Kalkula ezazu oreka horren  $K_C$ -ren balioa temperatura berean.  
Sol.:  $2,01 \cdot 10^{-4} mol^2 \cdot L^{-2}$
25. Arrazoitu ezazu zein izango den temperatura igoztearen eragina oreka hauetan:  
a)  $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 SO_3(g) \quad \Delta H^0 = -198 kJ$   
b)  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g) \quad \Delta H^0 = +131 kJ$
26. Azal ezazu zer ondorio ekarriko duen, beheko oreken gainean, bolumena gutxitzearen osteko presioaren handitzeak.  
a)  $2 NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$   
b)  $2 SO_3(g) \rightleftharpoons 2 SO_2(g) + O_2(g)$
27. Arrazoitu ezazu zer ondorio ekarriko duten, honako oreka hauen gainean, aipatzen diren aldaketek:  
a)  $Cl_2(g)$  gehitzea:  
 $CO(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons COCl_2(g)$ .  
b)  $PCl_3(g)$  kentzea:  
 $PCl_3(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons PCl_5(g)$ .  
c)  $Cl_2$  kentzea:  
 $NH_4Cl(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + Cl_2(g)$ .
28.  $N_2F_4(g) \rightleftharpoons 2 NF_2(g)$  orekan,  $\Delta H^0 = +38,5 kJ$  da. Arrazoitu ezazu zer ondorio ekarriko duten aldaketa hauek:  
a) Nahastea bolumen konstantean berotzea.  
b) Nahastetik  $NF_2$  apur bat kentzea.  
c) Bolumena gutxitzea presioa handituz.  
d) Gas geldo bat gehitzea, bolumen konstantean.



29. Ekuazio-editore batez, idatzi erreakzio bakoitzari dagokion oreka-konstantea,  $K_C$ :
- a)  $CO(g) + 2 H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$   
b)  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$   
c)  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$   
d)  $4 HCl(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 H_2O(g) + 2 Cl_2(g)$
30. Begiratu, Interneten, nola sortu ziren estalagmitak eta estalaktitak, eta egin gaiaren aurkezpena.