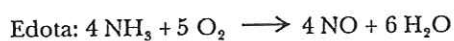
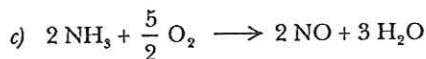
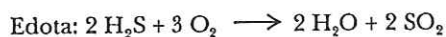
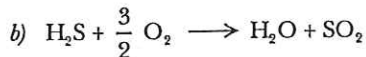
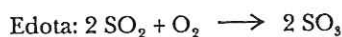
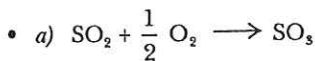


# 8. Oreka kimikoa

## JARDUERAK (195. or.)



## 1. ERREAKZIO ITZULGARRIAK. OREKA KIMIKOA (196. or.)

- ① *Oreka estatikoan* ez dago inolako aldaketarik. Oreka dinamikoan, berriz, aldaketak daude, baina norantza bateko abiadura eta alderantzizko norantzakoa berdinak dira. Beraz, sistemak ez du aldaketa nabarmenik aurkezten.

Ontzi bateko substantzia bat oreka estatikoaren adibidea da: ez dago inolako aldaketarik.

Erreakzio bateko errektiboan eta produktuen nahasketa dugu *oreka dinamikoaren* adibidea: norantza bateko erreakzio-abiadura alderantzizko norantzaren abiaduraren berdina da.

- ② Substantzia baten kontzentrazioak konstante iraun behar du, norantza batean desagertzeko daraman abiadura eta alderantzizko norantzan agertzeko abiadura berdinak direlako.
- ③ Ontziak itxita iraun behar du, inguruneke substantziekin elkartrukerik ekiditzeko, bestela, ez litzateke inoiz ere orekara helduko.

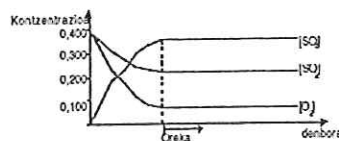
Beste alde batetik, tenperaturak konstantea izan behar du. Hori aldatuko balitz, beste oreka-egoera bat izango litzateke, eta ez litzateke inoiz helduko egoera konkretu batera.

## 2. $K_c$ OREKA-KONSTANTEA (198. or.)

- ④ 1. saiakuntza:

$[\text{SO}_2]_0$	$[\text{O}_2]_0$	$[\text{SO}_3]_0$	$[\text{SO}_2]$	$[\text{O}_2]$	$[\text{SO}_3]$
0,200	0,200	0,080	0,030	0,115	0,171

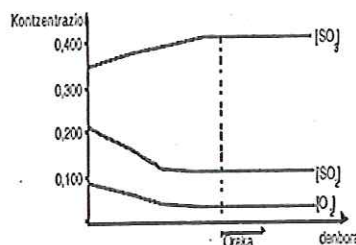
(kontzentrazioak mol·L<sup>-1</sup>-etan)



## 2. saiakuntza:

$[\text{SO}_2]_0$	$[\text{O}_2]_0$	$[\text{SO}_3]_0$	$[\text{SO}_2]$	$[\text{O}_2]$	$[\text{SO}_3]$
0,205	0,082	0,346	0,125	0,042	0,430

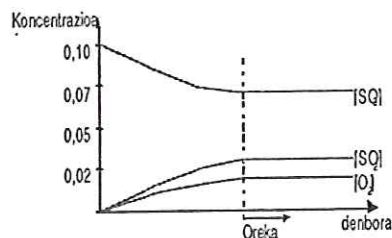
(kontzentrazioak mol·L<sup>-1</sup>-etan)



## 3. saiakuntza:

$[\text{SO}_2]_0$	$[\text{O}_2]_0$	$[\text{SO}_3]_0$	$[\text{SO}_2]$	$[\text{O}_2]$	$[\text{SO}_3]$
0,000	0,000	0,000	0,032	0,016	0,068

(kontzentrazioak mol·L<sup>-1</sup>-etan)



⑤ a)  $K_c = \frac{[\text{NOBr}]^2}{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{Br}_2]}$

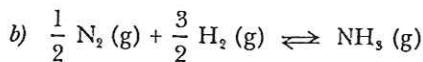
b)  $K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$

c)  $K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \cdot [\text{SO}_2]^2}{[\text{H}_2\text{S}]^2 \cdot [\text{O}_3]^3}$

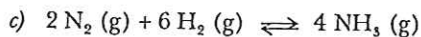
d)  $K_c = \frac{[\text{NO}]^4 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^6}{[\text{NH}_3]^4 \cdot [\text{O}_2]^5}$

⑥ a)  $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (\text{g})$

$$K_{C(a)} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$



$$K_{C(b)} = \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{N}_2]^{1/2} \cdot [\text{H}_2]^{3/2}}$$

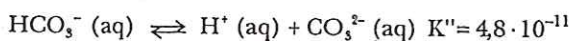
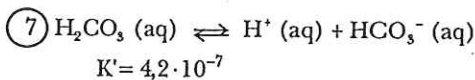


$$K_{C(c)} = \frac{[\text{NH}_3]^4}{[\text{N}_2]^2 \cdot [\text{H}_2]^6}$$

$$K_{C(b)} = K_{C(a)}^{1/2}$$

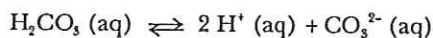
$$K_{C(d)} = K_{C(a)}^2$$

### 3. OREKA-KONSTANTEAREN DEDUKZIO ZINETIKOA (199. or.)



$$K' = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad K'' = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

Erreakzio globala:



$$K_C = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$K_C$  ateratzeko, aurreko bi konstanteak biderkatuko ditugu, erreakzio globala aurreko bi erreakzioen batura baita.

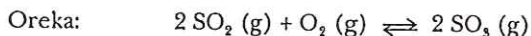
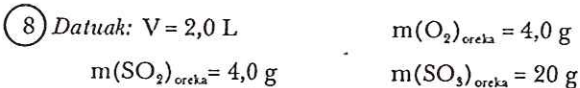
$$K_C = K' \cdot K'' = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \cdot \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$K_C = \frac{[\text{H}^+]^2 \cdot [\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$K_C = 4,2 \cdot 10^{-7} \cdot 4,8 \cdot 10^{-11} = 2,0 \cdot 10^{-17}$$

$K_C$  oreka-konstantearen balioa  $2,0 \cdot 10^{-17}$  da.

### 4. KALKULUA OREKA HOMOGENEOETAN ETA FASE GASEOSOAN (204. or.)



Lehenik orekan dauden substantzia bakoitzaren

mol-kopurua kalkulatuko ditugu:

$$n(\text{O}_2)_{\text{oreka}} = 4,0 \text{ g O}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol O}_2}{32,00 \text{ g O}_2} = 0,125 \text{ mol O}_2$$

$$n(\text{SO}_2)_{\text{oreka}} = 4,0 \text{ g SO}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_2}{64,07 \text{ g SO}_2} = 0,062 \text{ mol SO}_2$$

$$n(\text{SO}_3)_{\text{oreka}} = 20 \text{ g SO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80,07 \text{ g SO}_3} = 0,250 \text{ mol SO}_3$$

Ateratako datuez baliatuz eta ontziaren bolumena kontuan hartuz, orekako kontzentrazioak kalkulatu ditugu:

$$[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,062 \text{ mol SO}_2}{2,0 \text{ L}} = 0,031 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{O}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,125 \text{ mol O}_2}{2,0 \text{ L}} = 0,063 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} = \frac{0,250 \text{ mol SO}_3}{2 \text{ L}} = 0,125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$K_C$ -ren adierazpidean kontzentrazioen balioak ordezkatu ditugu

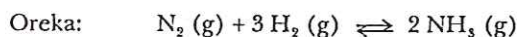
$$K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{(0,125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(0,031 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \cdot 0,063 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 258,08 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$K_C$  oreka-konstantearen balioa  $258,08 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  da.



$$[\text{N}_2]_{\text{oreka}} = 1,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{oreka}} = 1,62 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

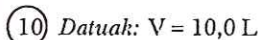


$[\text{NH}_3]_{\text{oreka}}$ -a kalkulatzeko oreka-konstantearen adierazpidean kontzentrazioak ordezkatu ditugu:

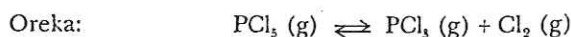
$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} \Rightarrow [\text{NH}_3] = \sqrt{K_C \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

$$[\text{NH}_3] = \sqrt{2,38 \cdot 10^{-3} \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2} \cdot 1,03 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \left(1,62 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^3} = 0,102 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Orekako  $\text{NH}_3$ -aren kontzentrazioa  $0,102 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da.



$$n_0(\text{PCl}_5) = 1 \text{ mol} \quad n_{\text{oreka}}(\text{PCl}_5) = 0,30 \text{ mol}$$





1 - 0,3 = 0,7 mol  $\text{PCl}_5$  desagertu badira, 0,7 mol  $\text{PCl}_3$  eta 0,7 mol  $\text{Cl}_2$  sortuko dira.

	$\text{PCl}_5$ (g)	$\text{PCl}_3$ (g)	$\text{Cl}_2$ (g)
Hasierako molak	1	0	0
Aldaketak	-0,7	0,7	0,7
Oreako molak	0,3	0,7	0,7

Oreako kontzentrazioak kalkulatu ditugu:

$$[\text{PCl}_5]_{\text{oreka}} = \frac{0,3 \text{ mol}}{10,0 \text{ L}} = 0,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{PCl}_3]_{\text{oreka}} = \frac{0,7 \text{ mol}}{10,0 \text{ L}} = 0,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,7 \text{ mol}}{10,0 \text{ L}} = 0,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Oreako-konstantearen adierazpidean honako balio hauek ordezkatu ditugu, eta horrela balioa aterako dugu:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$$K_c = \frac{0,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,163 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$K_c$  oreako-konstantearen balioa  $0,163 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da.

(11) Datuak:  $V = 1,0 \text{ L}$

$$m_0(\text{SO}_3) = 80,0 \text{ g} \quad n(\text{SO}_2)_{\text{eq}} = 0,60 \text{ mol}$$

Oreaka:  $2 \text{ SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

Aurretik,  $\text{SO}_3$ -aren hasierako mol-kopurua aterako dugu:

$$n_0(\text{SO}_3) = 80,0 \text{ g SO}_3 \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80,07 \text{ g SO}_3} \approx 1 \text{ mol SO}_3$$

$\text{SO}_2$ -aren 0,60 mol sortu badira, erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, 0,60 mol  $\text{SO}_3$ -k erreakzionatuko dute eta 0,30 mol  $\text{O}_2$  eratuko dira.

	$\text{SO}_3$ (g)	$\text{SO}_2$ (g)	$\text{O}_2$ (g)
Hasierako molak	1	0	0
Aldaketak	-0,60	+0,60	+0,30
Oreako molak	0,40	0,60	0,30

Oreako kontzentrazioak kalkulatu ditugu:

$$[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} = \frac{0,40 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,60 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0,60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{O}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,30 \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Oreako-konstantearen adierazpidean honako balio hauek ordezkatu ditugu, eta horrela konstantea-

ren balioa aterako dugu:

$$K_c = \frac{[\text{O}_2] \cdot [\text{SO}_2]^2}{[\text{SO}_3]^2}$$

$$K_c = \frac{0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (0,60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = 0,675 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$K_c$  oreako-konstantearen balioa  $0,675 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da.

(12) Datuak:  $m_0(\text{HCl}) = 104,39 \text{ g}$   $n_{\text{eq}}(\text{HCl}) = 1,30 \text{ mol}$

$$m_0(\text{H}_2) = 2,00 \text{ g} \quad V = 10,0 \text{ L}$$

Oreaka:  $2 \text{ HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

Hasierako  $\text{HCl}$ -aren eta  $\text{H}_2$ -aren mol-kopuruak kalkulatu ditugu:

$$n_0(\text{HCl}) = 104,39 \text{ g HCl} \cdot \frac{1 \text{ mol HCl}}{36,458 \text{ g HCl}} = 2,86 \text{ mol HCl}$$

$$n_0(\text{H}_2) = 2,00 \text{ g H}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2}{2,016 \text{ g H}_2} = 0,99 \text{ mol H}_2$$

$2,86 - 1,30 = 1,56 \text{ mol HCl}$  desagertu dira, ondorioz, erreakzioaren estekiometriatik abiatuz,  $0,78 \text{ mol H}_2$  eta  $0,78 \text{ mol H}_2\text{O}$  sortu dira.

	$\text{HCl}(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Hasierako molak	2,86	0,99	0
Aldaketak	-1,56	+0,78	+0,78
Oreako molak	1,30	1,77	0,78

Oreako kontzentrazioak kalkulatu ditugu:

$$[\text{HCl}]_{\text{oreka}} = \frac{1,30 \text{ mol}}{10,0 \text{ L}} = 0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{oreka}} = \frac{1,77 \text{ mol}}{10,0 \text{ L}} = 0,177 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,78 \text{ mol}}{10,0 \text{ L}} = 0,078 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Oreako-konstantearen adierazpidean honako balio hauek ordezkatu ditugu, eta horrela konstantearen balioa aterako dugu:

$$K_c = \frac{[\text{Cl}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{HCl}]^2}$$

$$K_c = \frac{0,177 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,078 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = 0,82$$

$K_c$  oreako-konstantearen balioa  $0,82$  da (dimentsiogabekoa).

(13) Datuak:  $V = 2,00 \text{ L}$   $K_c = 0,58 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$n_0(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,10 \text{ mol}$$

Oreaka:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2(\text{g})$

Erreakzioaren estekiometria kontuan izanik, orekara

heldutakoan  $x$  mol  $N_2O_4$  desagertu eta  $2x$  mol  $NO_2$  sortuko dira.

	$N_2O_4$ (g)	$NO_2$ (g)
Hasierako molak	0,1	0
Aldaketak	-x	+2x
Oreako molak	0,1-x	2x

Oreako kontzentrazioen adierazpidea idatziko dugu:

$$[N_2O_4]_{oreka} = \frac{0,10 - x}{2,00} = \frac{0,10 - x}{2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[NO_2]_{oreka} = \frac{2x}{2,00} = x \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Oreako-konstantearen adierazpidean ordezkatu eta  $x$  kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow 0,58 = \frac{x^2}{\frac{0,10 - x}{2}} \Rightarrow x = 0,08 \text{ mol}$$

Oreako-konstantearen adierazpidean ordezkatu eta  $x$  kalkulatu dugu:

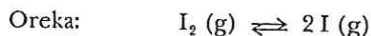
$$[N_2O_4]_{oreka} = \frac{0,10 - x}{2} = \frac{0,10 - 0,08}{2} = 0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[NO_2]_{oreka} = x = 0,08 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Oreako substantzien kontzentrazioak honako hauek izango dira:  $[N_2O_4] = 0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  eta  $[NO_2] = 0,08 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

14) Datuak:  $K_c = 3,80 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$   $T = 1000 \text{ K}$

$$n_0(I_2) = 0,0456 \text{ mol} \quad V = 2,30 \text{ L}$$



Erreakzioaren estekiometriatik abiatuz, orekara heldutakoan  $x$  mol  $I_2$  desagertu eta  $2x$  mol  $I$  sortuko dira.

	$I_2$ (g)	$I$ (g)
Hasierako molak	0,0456	0
Aldaketak	-x	+2x
Oreako molak	0,0456-x	2x

Oreako kontzentrazioen adierazpidea idatziko dugu:

$$[I_2]_{oreka} = \frac{0,0456 - x}{2,30} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[I]_{oreka} = \frac{2x}{2,30} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Oreako-konstantearen adierazpidean ordezkatu eta  $x$  kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[I]^2}{[I_2]} \Rightarrow 3,80 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1} = \frac{\left(\frac{2x}{2,30}\right)^2}{\frac{0,0456 - x}{2,30}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3,80 \cdot 10^{-5} = \frac{4x^2}{0,0456 - x} \Rightarrow x = 9,87 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Behin  $x$  ezaguturik, oreako kontzentrazioak kalkulatu dugu:

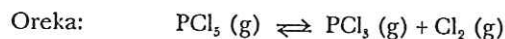
$$[I_2]_{oreka} = \frac{0,0456 - x}{2,30} = \frac{0,0456 - 9,87 \cdot 10^{-4}}{2,30} = 0,0194 \frac{\text{mol}}{L}$$

$$[I]_{oreka} = \frac{2x}{2,30 \text{ L}} = \frac{2 \cdot 9,87 \cdot 10^{-4}}{2,30} = 8,58 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{L}$$

Oreako substantzien kontzentrazioak hurrengoak izango dira:  $[I_2] = 0,0194 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  eta  $[I] = 8,58 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$

15) Datuak:  $K_c = 0,00793 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

$$V = 1,00 \text{ L} \quad m_0(PCl_5) = 3,13 \text{ g}$$



Hasierako  $PCl_5$ -aren mol-kopurua kalkulatu dugu:

$$n_0(PCl_5) = 3,13 \text{ g } PCl_5 \cdot \frac{1 \text{ mol } PCl_5}{208,5 \text{ g } PCl_5} = 1,50 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$PCl_5$ -aren disoziazio-graduari edo-mailari  $\alpha$  deritzogula kontuan izanik, orekan lortzen den erlazio molarra hurrengo taulan ikus daiteke:

	$PCl_5$ (g)	$PCl_3$ (g)	$Cl_2$ (g)
Hasierako molak	n	0	0
Aldaketak	-n $\alpha$	n $\alpha$	n $\alpha$
Oreako molak	n(1- $\alpha$ )	n $\alpha$	n $\alpha$

Oreako-kontzentrazioen adierazpideak,  $\alpha$ -aren funtzioan zehaztu dugu:

$$[PCl_5]_{oreka} = \frac{n(1-\alpha)}{V} = \frac{1,50 \cdot 10^{-2}(1-\alpha)}{1,00} = 1,50 \cdot 10^{-2}(1-\alpha) \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[PCl_3]_{oreka} = \frac{n\alpha}{V} = \frac{1,50 \cdot 10^{-2} \alpha}{1,00} = 1,50 \cdot 10^{-2} \alpha \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[Cl_2]_{oreka} = \frac{n\alpha}{V} = \frac{1,50 \cdot 10^{-2} \alpha}{1,00} = 1,50 \cdot 10^{-2} \alpha \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Oreako-konstantean ordezkatu,  $\alpha$ -aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]}$$



$$0,00793 = \frac{1,50 \cdot 10^{-2} \alpha \cdot 1,50 \cdot 10^{-2} \alpha}{1,50 \cdot 10^{-2} (1 - \alpha)}$$

$$1,19 \cdot 10^{-4} - 1,19 \cdot 10^{-4} \alpha = 2,25 \cdot 10^{-4} \alpha^2$$

$$\alpha = 0,51$$

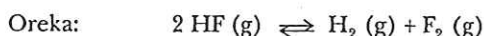
Disoziazio-gradua:  $\alpha = 0,51$

### 5. ERREAKZIO-ZATIDURA (205. or.)

16) Datuak:  $K_C = 1,0 \cdot 10^{-13}$

$$[\text{HF}] = 0,45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{F}_2] = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



$Q_C$  ateratzeko,  $K_C$ -ren adierazpidean honako balio hauek ordezkatu ditugu:

$$K_C = \frac{[\text{H}_2]_{\text{oreka}} \cdot [\text{F}_2]_{\text{oreka}}}{[\text{HF}]_{\text{oreka}}^2} \Rightarrow Q_C = \frac{[\text{H}_2] \cdot [\text{F}_2]}{[\text{HF}]^2}$$

$$Q_C = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(0,45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2} = 1,48 \cdot 10^{-5}$$

Erreakzio-zatidura  $1,48 \cdot 10^{-5}$ - da.

$Q_C > K_C$  denez, sistema ez dago orekan, eta oreka berri lortzeko  $Q_C$ -ren balioak jaitsi egin behar du. Beharpen hori gertatzeko izandatazeileak igo egin behar du eta zenbakitzaileak jaitsi. Horretarako, orekara heltzeko, sistemak *ezkerralderantz* desplazatu behar du, erreakzioak adierazten duen alderantzizko norantzan.

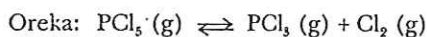
### 6. $K_p$ OREKA-KONSTANTEA (208. or.)

17) Datuak:  $K_p = 1,05 \text{ atm}$   $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$

$$P_{\text{oreka}}(\text{PCl}_5) = 0,875 \text{ atm}$$

$$P_{\text{oreka}}(\text{PCl}_3) = 0,463 \text{ atm}$$

$$V = 1 \text{ L}$$



Ezgunak diren balioak  $K_p$  oreka-konstantearen ekuazioan ordezkatu ditugu eta  $P_{\text{eq}}(\text{Cl}_2)$ -aren balioa kalkulatu ditugu.

$$K_p = \frac{P_{\text{oreka}}(\text{Cl}_3) \cdot P_{\text{oreka}}(\text{Cl}_2)}{P_{\text{oreka}}(\text{Cl}_5)} \Rightarrow$$

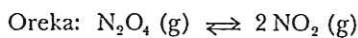
$$\Rightarrow P_{\text{oreka}}(\text{Cl}_2) = \frac{K_p \cdot P_{\text{oreka}}(\text{Cl}_5)}{P_{\text{oreka}}(\text{Cl}_3)}$$

$$P(\text{Cl}_2) = \frac{1,05 \text{ atm} \cdot 0,875 \text{ atm}}{0,463 \text{ atm}} = 1,98 \text{ atm}$$

Orekako  $\text{Cl}_2$ -aren presio partziala  $1,98 \text{ atm}$  da.

18) Datuak:  $K_p = 0,143 \text{ atm}$   $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

$$P_0(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,05 \text{ atm} \quad V = 1,0 \text{ L}$$



Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, aurreko ariketetan egin den bezala, taula bat deskribatuko dugu, baina molak erabili beharrean, presioak erabiliko ditugu.

	$\text{N}_2\text{O}_4 \text{ (g)}$	$\text{NO}_2 \text{ (g)}$
Hasierako presioak	0,05	0
Aldaketak	-x	+2x
Orekako presioak	0,05 - x	2x

$K_p$  oreka-konstantearen adierazpidean ordezkatu x-aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_p = \frac{P_{\text{oreka}}(\text{NO}_2)^2}{P_{\text{oreka}}(\text{N}_2\text{O}_4)} \Rightarrow 0,143 = \frac{(2x)^2}{0,05 - x} \Rightarrow x = 0,028 \text{ atm}$$

Behin x ezaguturik, presio partzialak kalkulatu ditugu:

$$P_{\text{oreka}}(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,05 - x = 0,022 \text{ atm}$$

$$P_{\text{oreka}}(\text{NO}_2) = 2x = 0,056 \text{ atm}$$

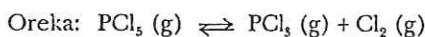
Dalton-en legea aplikatuz, presio totala kalkulatu dugu:

$$P_T = P_{\text{oreka}}(\text{N}_2\text{O}_4) + P_{\text{oreka}}(\text{NO}_2) = 0,078 \text{ atm}$$

Orekako  $\text{N}_2\text{O}_4$ -aren eta  $\text{NO}_2$ -aren presio partzialak,  $0,022 \text{ atm}$  eta  $0,056 \text{ atm}$  dira, hurrenez hurren. Presio totala,  $0,078 \text{ atm}$ -koa da.

19) Datuak:  $K_p = 1,80 \text{ atm}$   $t = 250 \text{ }^\circ\text{C}$

$$n_0(\text{PCl}_5) = 0,1 \text{ mol} \quad V = 2 \text{ L}$$



$K_c = K_p \cdot (\text{RT})^{-\Delta n}$  adierazpidearen bitartez,  $K_c$  kalkulatu dugu.

Kasu honetan:  $\Delta n = 2 - 1 = 1$ ;  $T = 250 + 273 = 523 \text{ K}$ ;

$$\text{eta } R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$K_c = 1,80 \text{ atm} \cdot \left( 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 523 \text{ K} \right)^{-1} = 0,042 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Disoziazio-maila kalkulatzeko, desagertu den mol-kopura kalkulatu behar da. Horretarako, erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, hurrengo taula diseinatu dugu:

	PCl <sub>5</sub> (g)	PCl <sub>3</sub> (g)	Cl <sub>2</sub> (g)
Hasierako molak	0,1	0	0
Aldaketak	-x	x	x
Oreako molak	0,1-x	x	x

Oreako kontzentrazioen adierazpidea aterako dugu:

$$[PCl_5]_{\text{oreka}} = \frac{0,1-x}{2,00} = \frac{0,1-x}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[PCl_3]_{\text{oreka}} = \frac{x}{2,00} = \frac{x}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[Cl_2]_{\text{oreka}} = \frac{x}{2,00} = \frac{x}{2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Horiek oreka-konstantearen adierazpidean ordezkatu dugu eta x aterako dugu:

$$K_C = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]} \Rightarrow 0,042 = \frac{\frac{x}{2} \cdot \frac{x}{2}}{0,1-x} = \frac{x^2}{2(0,1-x)}$$

$$x = 0,059$$

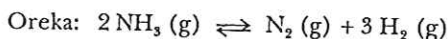
Datu horietatik, disoziazio-maila aterako dugu:

$$\alpha = \frac{x}{n_0} = \frac{0,059}{0,1} = 0,59$$

K<sub>C</sub> oreka-konstantearen balioa 0,042 mol · L<sup>-1</sup> da eta α disoziazio-mailarena edo-graduarena 0,59.

20) Datuak: α = 0,3

$$T = 423 \text{ K } P = 200 \text{ atm}$$



Hasieran, NH<sub>3</sub> besterik ez dagoela suposatuko dugu. Substantzia horren mol-kopuruari n<sub>0</sub> izena esleituko diogu.

Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuta, honako taula hau aterako dugu:

	NH <sub>3</sub> (g)	N <sub>2</sub> (g)	H <sub>2</sub> (g)
Hasierako molak	n <sub>0</sub>	0	0
Aldaketak	-n <sub>0</sub> α	$\frac{1}{2}n_0\alpha$	$\frac{3}{2}n_0\alpha$
Oreako molak	n <sub>0</sub> (1-α)	$\frac{1}{2}n_0\alpha$	$\frac{3}{2}n_0\alpha$

Oreako dauden mol totalen kopurua hauxe izango da:

$$n_T = n_0(1-\alpha) + \frac{1}{2}n_0\alpha + \frac{3}{2}n_0\alpha = n_0(1+\alpha)$$

Eta substantzia bakoitzaren oreka frakzio molarra:

$$\chi(\text{NH}_3) = \frac{n_0(1-\alpha)}{n_0(1+\alpha)} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha} = \frac{1-0,3}{1+0,3} = 0,538$$

$$\chi(\text{N}_2) = \frac{\frac{1}{2}n_0\alpha}{n_0(1+\alpha)} = \frac{\alpha}{2(1+\alpha)} = \frac{0,3}{2(1+0,3)} = 0,115$$

$$\chi(\text{H}_2) = \frac{\frac{3}{2}n_0\alpha}{n_0(1+\alpha)} = \frac{3\alpha}{2(1+\alpha)} = \frac{3 \cdot 0,3}{2(1+0,3)} = 0,346$$

Substantzia bakoitzaren presio partzialak ere kalkulatu ditugu:

$$P(\text{NH}_3) = \chi(\text{NH}_3) \cdot P = 0,538 \cdot 200 \text{ atm} = 107,6 \text{ atm}$$

$$P(\text{N}_2) = \chi(\text{N}_2) \cdot P = 0,115 \cdot 200 \text{ atm} = 23,0 \text{ atm}$$

$$P(\text{H}_2) = \chi(\text{H}_2) \cdot P = 0,346 \cdot 200 \text{ atm} = 69,2 \text{ atm}$$

Datu horiek, K<sub>P</sub>-ren adierazpidean ordezkatu dugu, horren balioa ateratzeko:

$$K_P = \frac{P(\text{N}_2) \cdot P^3(\text{H}_2)}{P^2(\text{NH}_3)} = \frac{23,0 \text{ atm} \cdot (69,2 \text{ atm})^3}{(107,6 \text{ atm})^2} = 658,3 \text{ atm}^2$$

K<sub>P</sub>-ren datua erabiliz, K<sub>C</sub> aterako dugu; honetarako, K<sub>C</sub> = K<sub>P</sub> · (RT)<sup>-Δn</sup> adierazpidea erabiliko dugu:

$$\text{Kasu horretan: } \Delta n = 4 - 2 = 2; T = 423 \text{ K}; \text{ eta } R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

$$K_C = 658,3 \text{ atm}^2 \cdot \left(0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 423 \text{ K}\right)^{-2} = 0,55 \frac{\text{mol}^2}{\text{L}^2}$$

Oreka-konstanteen balioak K<sub>P</sub> = 658,3 atm<sup>2</sup> eta K<sub>C</sub> = 0,55 mol<sup>2</sup> · L<sup>-2</sup> dira.

## 7. OREKA HETEROGENEOAK (210. or.)

21) a) MgCO<sub>3</sub> (s) ⇌ MgO (s) + CO<sub>2</sub> (g)

$$K_C = [\text{CO}_2] \quad K_P = P(\text{CO}_2)$$

b) Cu (s) + Cl<sub>2</sub> (g) ⇌ CuCl<sub>2</sub> (s)

$$K_C = \frac{1}{[\text{Cl}_2]} \quad K_P = \frac{1}{P(\text{Cl}_2)}$$

c) CaCO<sub>3</sub> (s) + H<sub>2</sub>O (l) + CO<sub>2</sub> (g) ⇌ Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (s)

$$K_C = \frac{1}{[\text{CO}_2]} \quad K_P = \frac{1}{P(\text{CO}_2)}$$

d) 2 HgO (s) ⇌ 2 Hg (l) + O<sub>2</sub> (g)

$$K_C = [\text{O}_2] \quad K_P = P(\text{O}_2)$$

22) a) Datuak: d = 0,92 g · cm<sup>-3</sup>

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1,008 \text{ u} + 16,00 \text{ u} = 18,016 \text{ u}$$

$$M = 0,92 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{18,016 \text{ g H}_2\text{O}} \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 51,07 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b) Datuak: d = 8,94 g · cm<sup>-3</sup>

$$A_r(\text{Cu}) = 63,55 \text{ u}$$



$$M = 8,94 \frac{\text{g Cu}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ mol Cu}}{63,55 \text{ g Cu}} \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 140,68 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

c) *Datuak:*  $d = 0,793 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

$$M_r(\text{CH}_3\text{OH}) = 12,01 \text{ u} + 4 \cdot 1,008 \text{ u} + 16,00 \text{ u} = 32,042 \text{ u}$$

$$M = 0,793 \frac{\text{g CH}_3\text{OH}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{32,042 \text{ g CH}_3\text{OH}} \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 24,75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

23) *Datuak:*  $t = 120 \text{ }^\circ\text{C}$   $P_T = 1\,720 \text{ Hg} \cdot \text{mm}$

Oreka:



Hasieran  $\text{NaHCO}_3$  soilik sartu bazen, orekako  $P_T$ -a  $\text{CO}_2$ -aren eta ur-lurrinaren presio partzialen batura izango da, eta erreazioaren estekiometriaren arabera  $P(\text{CO}_2) = P(\text{H}_2\text{O})$ . Beraz:

$$P_T = P(\text{CO}_2) + P(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot P(\text{CO}_2)$$

$$P(\text{CO}_2) = \frac{P_T}{2} = \frac{1\,720 \text{ Hg} \cdot \text{mm}}{2} = 860 \text{ Hg} \cdot \text{mm}$$

Unitateak aldatuko ditugu:

$$P(\text{CO}_2) = 860 \text{ Hg} \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ Hg} \cdot \text{mm}} = 1,13 \text{ atm}$$

$$P(\text{H}_2\text{O}) = P(\text{CO}_2) = 1,13 \text{ atm}$$

Datu horiek erabiliz,  $K_p$  kalkulatu dugu:

$$K_p = P(\text{CO}_2) \cdot P(\text{H}_2\text{O}) = 1,13 \text{ atm} \cdot 1,13 \text{ atm}$$

$$K_p = 1,28 \text{ atm}^2$$

$K_c = K_p \cdot (\text{RT})^{-\Delta n}$  adierazpidean  $K_p$ -ren balioa ordezkatzuz,  $K_c$ -a aterako dugu;

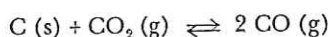
Kasu honetan:  $\Delta n = 2$ ;  $T = 120 + 273 = 423 \text{ K}$ ; eta

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

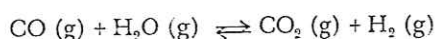
$$K_c = 1,28 \text{ atm}^2 \cdot \left( 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 393 \text{ K} \right)^{-2} = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$$

$\text{CO}_2$ -aren eta  $\text{H}_2\text{O}$ -aren presio partzialak  $1,13 \text{ atm}$ -koak dira. Oreka-konstanteen balioak  $K_p = 1,28 \text{ atm}^2$  eta  $K_c = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  dira.

24) Eskatutako erreazioa lortzeko, ezagutzen ditugun erreazioak batu egingo ditugu:



$$K_p = \frac{P^2(\text{CO})}{P(\text{CO}_2)} = 121,5$$



$$K'_p = \frac{1}{K_p} = \frac{P(\text{CO}_2) \cdot P(\text{H}_2)}{P(\text{H}_2\text{O}) \cdot P(\text{CO})} = \frac{1}{1,59}$$



$$K''_p = \frac{P(\text{CO}) \cdot P(\text{H}_2)}{P(\text{H}_2\text{O})}$$

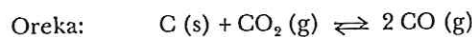
Atera nahi dugun  $K''$  konstantea,  $K_p$  eta  $K_c$  biderkatuz lor daiteke:

$$K''_p = K_p \cdot K'_p = \frac{P^2(\text{CO})}{P(\text{CO}_2)} \cdot \frac{P(\text{CO}_2) \cdot P(\text{H}_2)}{P(\text{H}_2\text{O}) \cdot P(\text{CO})} = \frac{P(\text{CO}) \cdot P(\text{H}_2)}{P(\text{H}_2\text{O})}$$

$$K''_p = 121,5 \cdot \frac{1}{1,59} = 76,4 \text{ atm}$$

$K_p$ -ren balioa  $76,4 \text{ atm}$  da.

25) *Datuak:*  $K_p = 1,52$   $P_T = 4,50 \text{ atm}$   $t = 700 \text{ }^\circ\text{C}$



Hurrengo aldagaiak aukeratuko ditugu:  $x = P(\text{CO}_2)$  eta  $y = P(\text{CO})$ . Orain,  $K_p$ -ren eta  $P_T$ -aren adierazpideetan ordezkatu ditugu.

$$K_p = \frac{P^2(\text{CO})}{P(\text{CO}_2)} = \frac{y^2}{x} = 1,52$$

$$P_T = P(\text{CO}_2) + P(\text{CO}) = x + y = 4,50$$

Ekuazio-sistema ebartziko dugu, ordezkapenaren bidez:

$$4,50 = x + y \Rightarrow x = 4,50 - y$$

$$1,52 = \frac{y^2}{x} = \frac{y^2}{4,50 - y}$$

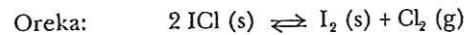
$$y^2 + 1,52y - 6,84 = 0 \Rightarrow y = 1,96 \text{ atm}$$

$$x = 4,50 - y = 4,50 - 1,96 = 2,54$$

Presio partzialak honako hauek izango dira:  $P(\text{CO}_2) = 2,54 \text{ atm}$  eta  $P(\text{CO}) = 1,96 \text{ atm}$ .

26) *Datuak:*  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$   $K_p = 0,24$

$$n_0 (\text{ICl}) = 2,0 \text{ mol} \quad V = 1,0 \text{ L}$$



$$K_p = P(\text{Cl}_2) \quad K_c = [\text{Cl}_2]$$

Orekako  $\text{Cl}_2$ -aren presio partziala  $K_p$  konstantearen balioaren berdina da. Beraz:

$$P(\text{Cl}_2) = K_p = 0,24 \text{ atm}$$

Orekako  $\text{Cl}_2$ -aren presio partziala kalkulatzeko,  $K_c$  kalkulatu behar da. Honetarako,  $K_c = K_p \cdot (\text{RT})^{-\Delta n}$  adierazpidea erabiliko dugu:

Kasu honetan:  $\Delta n = 1$ ;  $T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$ ; eta

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

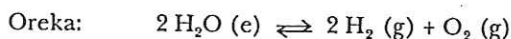
$$K_C = 0,24 \text{ atm} \cdot \left( 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K} \right)^{-1} =$$

$$= 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = [\text{Cl}_2]_{\text{eq}}$$

Orekako  $\text{Cl}_2$ -aren presio partziala  $0,24 \text{ atm}$ -koa da eta kontzentrazioa  $9,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ -ekoa.

## 8. ENERGIA ASKEA ETA OREKA-KONSTANTEA (211. or.)

(27) *Datuak:*  $\Delta G^\circ = 474,4 \text{ kJ} = 474,4 \cdot 10^3 \text{ J}$   $T = 298 \text{ K}$



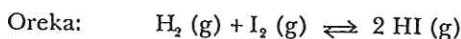
$\ln \Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K$  adierazpidetik  $\ln K$  askatuko dugur

$$\ln K = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = \frac{475,4 \cdot 10^3 \text{ J}}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}} = -191,57$$

$$K = e^{-191,57} = 6,34 \cdot 10^{-84}$$

Oreka-konstanteak  $K = 6,34 \cdot 10^{-84}$  balioa hartzen du.

(28) *Datuak:*  $K_p = 0,350$   $t = 25^\circ \text{ C}$

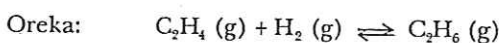


$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K$  adierazpidea aplikatuz, non  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; eta  $T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$  diren:

$$\Delta G^\circ = -8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln 0,350 = 2,60 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Entalpia askearen aldakuntza estandarra  $2,60 \cdot 10^3 \text{ J}$  da.

(29) *Datuak:*  $K_p = 5,0 \cdot 10^{17}$   $t = 25^\circ \text{ C}$



$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K$  adierazpidea aplikatuz, non  $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$ ;  $T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$

$$\Delta G^\circ = -8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln (5,0 \cdot 10^{17})$$

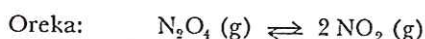
$$\Delta G^\circ = -100,92 \cdot 10^3 \text{ J} = -100,92 \text{ kJ}$$

Entalpia askearen aldakuntza estandarra  $-100,92 \text{ kJ}$  da.

(30) *Datuak:*  $\Delta G_f^\circ (\text{N}_2\text{O}_4) = 97,9 \text{ kJ}$

$$\Delta G_f^\circ (\text{NO}_2) = 51,3 \text{ kJ}$$

$$t = 25^\circ \text{ C}$$



$\Delta G^\circ = \Delta G^\circ (\text{produktuak}) - \Delta G^\circ (\text{erreaktiboak})$  adierazpidea erabiliz, ekuazioaren  $\Delta G^\circ$ -a kalkulatu da:

$$\Delta G^\circ = 2 \cdot \Delta G_f^\circ (\text{NO}_2) - \Delta G_f^\circ (\text{N}_2\text{O}_4)$$

$$\Delta G^\circ = 2 \cdot 51,3 \text{ kJ} - 97,9 \text{ kJ} = 4,7 \text{ kJ} = 4,7 \cdot 10^3 \text{ J}$$

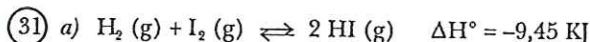
$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K$  adierazpidetik  $\ln K$  askatuko dugur, non  $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$  eta  $T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$  diren.

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G^\circ}{RT} = \frac{4,7 \cdot 10^3 \text{ J}}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K}} = -1,9$$

$$K = e^{-1,9} = 0,15$$

$K_p$  konstantearen balioa  $0,15 \text{ atm}$  da.

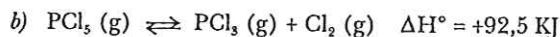
## 9. OREKAREN ALDAKUNTZA. LE CHATELIER-EN PRINTZIPIOA (215. or.)



Temperatura emendatzean, sistema igoera hori biguntzeko desplazatu da, hau da, beroa zurgatzeko. Erreakzioa exotermikoa denez, beroa zurgatzeko ezkeralderantz (erreakzio endotermikoaren norantzan) desplazatu da.

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

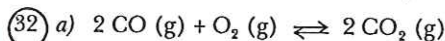
Erreakzio zuzena exotermikoa denez, temperatura igo ahala  $K_c$  jeitsiko da.  $Q_c$  ere jaisteko,  $[\text{HI}]$ -ak jaitsi egin beharko du, eta sistema ezkeralderantz desplazatu da.



Temperatura igotzean, sistema igoera hori biguntzeko desplazatu da, hau da, beroa zurgatzeko. Erreakzioa endotermikoa denez, erreakzio zuzenaren norantzan desplazatu da, hots, eskuinalderantz.

$$Q_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

Erreakzio zuzena endotermikoa denez, temperatura igotzean  $K_c$  igoko da.  $Q_c$  ere igotzeko,  $[\text{PCl}_3]$ -ak eta  $[\text{Cl}_2]$ -ak igo egin beharko dute, hau da, sistema eskuinalderantz desplazatu da.

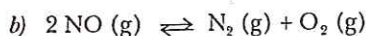


Bolumena jaistean, presioa igotzen da. Horrek bolumen-unitateko molekula-kopuruaren igoera suposatzen du. Sistemak molekula-kopurua jaitsiz biguntzen du efektu hori, eta beraz, eskuinalderantz desplazatu da.

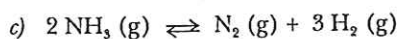
$$Q_c = \frac{\left( \frac{n(\text{CO}_2)}{V} \right)^2}{\left( \frac{n(\text{CO})}{V} \right)^2 \cdot \frac{n(\text{O}_2)}{V}}$$



V-a jeistean,  $Q_c$   $K_c$  baino baxuago bihurtuko da, eta berdinak izateko  $n(\text{CO}_2)$ -ak igo beharko du, hau da, sistemak *eskuinalderantz* desplazatu beharko du.



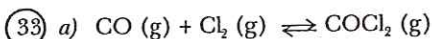
Bolumena jaistean, presioa igotzen da, eta ondorioz, baita bolumen-unitateko molekula-kopurua ere. Sistemak efektu hori molekula-kopurua jaitsez biguntzen du, baina kasu horretan, *ez da aldatuntzarik izango*, desplazamenduak bai norantza batean bai bestean efektua aldatuko ez duelako.



Bolumena jaistean, presioa igotzen da, ondorioz, baita bolumen-unitateko molekula-kopurua ere. Sistemak efektu hori molekula-kopurua jaitsez biguntzen du, hain zuzen, oreka *ezkerralderantz* desplazatuko da.

$$Q_c = \frac{\frac{n(\text{N}_2)}{V} \cdot \left(\frac{n(\text{H}_2)}{V}\right)^3}{\left(\frac{n(\text{NH}_3)}{V}\right)^2}$$

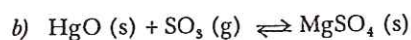
V-a jeistean,  $Q_c$   $K_c$  baino altuago bihurtuko da, eta berdinak izateko  $Q_c$ -k jaitsei egin beharko du, hau da,  $n(\text{NH}_3)$ -ak igo behar du, horrela, sistemak *ezkerralderantz* desplazatu beharko du.



$\text{CO}$ -a gehitzeak sistemak  $\text{CO}$ -aren gehiegizko kontzentrazioa kontsumitzeko norantzan desplazatuko dela suposatzen du, hots, *eskuinalderantz*.

$$Q_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2]}$$

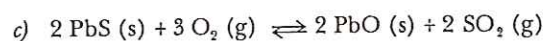
$[\text{CO}]$ -a emendatzean,  $Q_c$   $K_c$  baino txikiago bihurtuko da. Biak berdintzeko,  $Q_c$ -k igo egin behar du, hau da, oreka *eskuinalderantz* desplazatuko da,  $[\text{COCl}_2]$ -a igoko den norantzan.



$\text{SO}_3$ -a gehitzeak sistemak  $\text{SO}_3$ -aren gehiegizko kontzentrazioa kontsumitzeko norantzan desplazatuko dela suposatzen du, hots, *eskuinalderantz*.

$$Q_c = \frac{1}{[\text{SO}_3]}$$

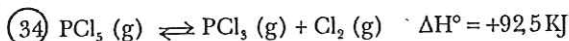
$[\text{SO}_3]$ -a igotzean,  $Q_c$   $K_c$  baino txikiago bihurtuko da. Biak berdintzeko,  $Q_c$ -k igo egin behar du, hau da, oreka *eskuinalderantz* desplazatuko da,  $[\text{SO}_3]$ -a jaitseko den norantzan.



$\text{O}_2$ -a kentzean, sistema  $\text{O}_2$ -a sortzeko norantzan desplazatuko da, hots, *ezkerralderantz*.

$$Q_c = \frac{[\text{SO}_2]^2}{[\text{O}_2]^3}$$

$\text{O}_2$ -a kentzean,  $Q_c$   $K_c$  baino altuago bihurtuko da. Honela, biak berdintzeko,  $Q_c$ -k jaitsei egin beharko du, hau da, oreka *ezkerralderantz* desplazatuko da,  $[\text{O}_2]$  igoko den norantzan.



a) *Temperatura gutxitzea.*

Sistema aldaketaren kontra desplazatuko da, hau da, inguruneari beroa emango dio. Erreakzio zuzena endotermikoa denez, oreka alderantzizko erreakzioaren norantzan desplazatuko da, hots, *ezkerralderantz*.

$$Q_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

Temperatura jaistean,  $K_c$  ere jaisten da, erreakzioa endotermikoa delako. Orduan,  $Q_c$  jaitseko,  $[\text{PCl}_5]$ -ak jaitsei beharko du eta oreka *ezkerralderantz* desplazatuko da.

b) *Presioa handitzea.*

Sistema bolumen-unitateko molekula kopurua jaitseko desplazatuko da, eta horrela, presioa jaitseko da. Honetarako, *ezkerralderantz* desplazatuko da.

c)  $[\text{PCl}_3]$ -aren kontzentrazioa handiagotzea.

Sistema gehiegizko  $\text{PCl}_3$ -a sobera kontsumitzeko norantzan desplazatuko da, hau da, *ezkerralderantz* desplazatuko da.

$$Q_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

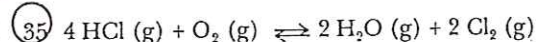
$[\text{PCl}_3]$ -a igotzean,  $Q_c$   $K_c$  baino altuago bihurtzen da. Bi balioak berriz ere berdintzeko,  $Q_c$ -k jaitsei egin beharko du,  $[\text{PCl}_5]$ -a igoz. Honela, oreka *ezkerralderantz* desplazatuko da.

d)  $[\text{PCl}_5]$ -aren kontzentrazioa gutxiagotzea.

Sistema  $\text{PCl}_5$  gehiago sortzeko desplazatuko da, hau da, *ezkerralderantz* desplazatuko da.

$$Q_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$[\text{PCl}_5]$ -a jaistean,  $Q_c$   $K_c$  baino altuago bihurtzen da. Bi balioak berriz ere berdintzeko,  $Q_c$ -k jaitsei egin beharko du, eta horretarako  $[\text{PCl}_5]$ -a igoko da. Horrela, oreka *ezkerralderantz* desplazatuko da.



$$\Delta H^\circ = -11,5 \text{ KJ}$$

a) *Temperatura handitzea.*

Sistema beroa zurgatzeko norantzan desplazatuko da. Erreakzio zuzena exotermikoa denez, oreka alderantzizko erreakzioaren norantza desplazatuko da, hots, *ezkerralderantz*.

$$Q_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]}$$

Erreakzio endotermikoetan, temperatura igotzean,  $K_c$  baxuago bihurtzen da.  $Q_c$  jaisteko erreaktiboen kontzentrazioak igotzeko norantzan desplazatu beharko du erreakzioak, hau da, oreka *ezkerralderantz* desplazatuko da.

b) *Presioa igotzea, bolumena jaitsiz.*

Sistema bolumen-unitateko molekula-kopurua jaisteko desplazatuko da, hau da, *eskuinalderantz*.

$$Q_c = \frac{\left(\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{V}\right)^2 \cdot \left(\frac{n(\text{Cl}_2)}{V}\right)^2}{\left(\frac{n(\text{HCl})}{V}\right)^4 \cdot \left(\frac{n(\text{O}_2)}{V}\right)}$$

V-a jeistean,  $Q_c$  ere baxuago egiten da. Hauxe igotzeko,  $n(\text{H}_2\text{O})$ -ak eta  $n(\text{Cl}_2)$ -ak igo beharko dute. Beraz, sistema *eskuinalderantz* desplazatuko da.

c) *O<sub>2</sub>-a gehitzea.*

Sistema gehiagizko O<sub>2</sub>-a kontsumitzeko norantzan desplazatuko da, hau da, *eskuinalderantz* desplazatuko da.

$$Q_c = \frac{[\text{Cl}_2]^2 \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{HCl}]^4 \cdot [\text{O}_2]}$$

O<sub>2</sub>-a gehitzean,  $Q_c$   $K_c$  baino baxuago bihurtzen da. Bi balioak berriz ere berdintzeko,  $Q_c$ -k igo egin beharko du, beraz oreka *eskuinalderantz* desplazatuko da,  $[\text{Cl}_2]$  eta  $[\text{H}_2\text{O}]$  kontzentrazioak igotzeko.

d) *H<sub>2</sub>O apur bat kentzea.*

Sistema H<sub>2</sub>O gehiago sortzeko norantzan desplazatuko da, hau da, *eskuinalderantz*.

H<sub>2</sub>O-a kentzean,  $Q_c$   $K_c$  baino baxuago bihurtzen da. Berriz ere berdintzeko,  $Q_c$ -k jaitsi egin beharko du, eta horretarako oreka *eskuinalderantz* desplazatuko da,  $[\text{Cl}_2]$  eta  $[\text{H}_2\text{O}]$  kontzentrazioak igotzeko.

e) *Katalizatzailea gehitzea.*

Ez du orekan eraginik izango. Norantza bietako abiadura arintzen da soilik, aktibazio-energiaren jaitsieraren ondorioz.

f) *Helio apur bat gehitzea.*

Edozein gas geldo gehitzean, erreakzioan parte hartzen duten gasen hasierako presio partzialak ez dira aldatzen, horrela, hasierako oreka-egoerak iraungo du.

## ARIKETA ETA PROBLEMEN EBAZPENEA (219. or.)

① *Datuak:*  $T = 250 \text{ }^\circ\text{C}$   $[\text{A}]_{\text{oreka}} = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[\text{B}]_{\text{oreka}} = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $[\text{C}]_{\text{oreka}} = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Oreka:  $\text{A (g)} \rightleftharpoons \text{B (g)} + \text{C (g)}$

a)  $K_c = \frac{[\text{C}] \cdot [\text{B}]}{[\text{A}]}$

Emandako balioak ordezkatu eta  $K_c$  kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{0,20 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,20 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{0,30 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b) Bolumena bikoitzen bada, kontzentrazioak erdira diluituko dira:

$[\text{A}]_0 = 0,15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[\text{B}]_0 = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[\text{C}]_0 = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Bestetik, bolumena igotzen bada, sistema gasaren mol-kopurua igotzeko aurreratuko da, hau da, *eskuinalderantz* desplazatuko da.

Oreka-kontzentrazio berriak kalkulatzeko hurrengo taulaz baliatuko gara. Taula egiteko erreakzioaren estekiometria kontuan izan behar dugu:

	A (g)	B (g)	C (g)
Hasierako []-ak	0,15	0,10	0,10
Aldaketak	-x	+x	+x
Orekako []-ak	0,15 - x	0,10 + x	0,10 + x

Orekako kontzentrazio berriak  $K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu ditugu, eta hemendik, x-aren balioa aterako dugu:

$$K_c = \frac{[\text{C}] \cdot [\text{B}]}{[\text{A}]} = \frac{(0,10 + x) \cdot (0,10 + x)}{0,15 - x} = 0,13$$

$$x^2 + 0,33x - 0,0095 = 0 \Rightarrow x = 0,03$$

Kontzentrazio berriak hurrengoak izango dira:

$[\text{A}]_{\text{oreka}} = 0,15 - x = 0,15 - 0,03 = 0,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[\text{B}]_{\text{oreka}} = 0,10 + x = 0,10 + 0,03 = 0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$[\text{C}]_{\text{oreka}} = 0,10 + x = 0,10 + 0,03 = 0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$K_c$  konstantearen balioa  $0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da, eta orekako kontzentrazio berriak  $[\text{A}] = 0,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $[\text{B}] = [\text{C}] = 0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

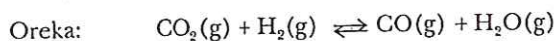
② *Datuak:*  $V = 10 \text{ L}$

$t = 1250 \text{ }^\circ\text{C}$



$$n_0(\text{CO}_2) = 0,61 \text{ mol} \quad n_0(\text{H}_2) = 0,39 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oreka}}(\text{CO}_2) = 0,35 \text{ mol} \quad n'(\text{H}_2) = 0,22 \text{ mol}$$



Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, espezie bakoitzak orekan daukan mol-kopurua kalkulatzeko hurrengo taula egingo dugu:

	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
$n_0$	0,61	0,39	0	0
Aldaketak	-0,26	-0,26	+0,26	+0,26
$N_{\text{oreka}}$	0,35	0,13	0,26	0,26

Orekan dauden espezieen kontzentrazioak kalkulatu ditugu eta  $K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu:

$$[\text{CO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,35 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,035 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,13 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,013 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{CO}]_{\text{oreka}} = \frac{0,26 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,026 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2\text{O}]_{\text{oreka}} = \frac{0,26 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,026 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{CO}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]} = \frac{0,026 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,026 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,035 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,013 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 1,49$$

Oreka berrian dauden kontzentrazioak kalkulatzeko: aurreko balioak hartuko ditugu eta 0,22 mol  $\text{H}_2$  gehitu.

Erreaktiboaren mol-kopurua igotzean, sistema eskuinalderantz desplazatuko da  $K_c$ -ren balioa konstante irauteko. Ondorioz,  $\text{CO}_2$ -aren eta  $\text{H}_2$ -aren kontzentrazioak jaitsiko dira.

	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
$n_0$	0,35	0,13 + 0,22	0,26	0,26
Aldaketak	-x	-x	+x	+x
$N_{\text{oreka}}$	0,35 - x	0,35 x	0,26 + x	0,26 + x

Orekan dauden kontzentrazio berriak determinatuko ditugu,  $K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu eta x-aren balioa kalkulatu dugu.

$$[\text{CO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,35 - x}{10} \quad [\text{H}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,35 - x}{10}$$

$$[\text{CO}]_{\text{oreka}} = \frac{0,26 + x}{10} \quad [\text{H}_2\text{O}]_{\text{oreka}} = \frac{0,26 + x}{10}$$

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}] \cdot [\text{CO}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]} = \frac{\frac{(0,26 + x)}{10} \cdot \frac{(0,26 + x)}{10}}{\frac{(0,35 - x)}{10} \cdot \frac{(0,35 - x)}{10}} = 1,49$$

$$0,49 x^2 - 1,563 x + 0,1149 = 0 \Rightarrow x = 0,075$$

Orekan dauden kontzentrazioak honako hauek dira:

$$[\text{H}_2\text{O}] = \frac{0,26 + x}{10} = 0,034 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{CO}] = \frac{0,26 + x}{10} = 0,034 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{CO}_2] = \frac{0,35 - x}{10} = 0,028 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{0,35 - x}{10} = 0,028 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

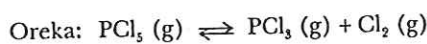
$K_c$  konstantearen balioa 1,49 (dimentsiorik gabekoa) da; eta oreka berrian dauden substantzien kontzentrazioak:

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,028 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ eta}$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,034 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

③ Datuak:  $V = 10 \text{ L}$   $[\text{PCl}_5] = 0,80 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$[\text{PCl}_3] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{Cl}_2] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$



Datu horiek  $K_c$  oreka-konstantearen adierazpidean ordezkatu ditugu; horren balioa ateratzeko:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{0,20 \cdot 0,20}{0,80} = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Oreka-konstantea:  $K_c = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

a) 2 mol  $\text{PCl}_5$  gehitzen dira:

$\text{PCl}_5$ -aren kontzentrazio berria aterako dugu:

$$10 \text{ L} \cdot \frac{0,80 \text{ mol PCl}_5}{1 \text{ L}} = 8,0 \text{ mol PCl}_5$$

$$n_0 = 8,0 \text{ mol} + 2,0 \text{ mol} = 10,0 \text{ mol PCl}_5$$

$$[\text{PCl}_5]_0 = \frac{10,0 \text{ mol PCl}_5}{10,0 \text{ L}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Erreaktiboaren mol-kopurua igotzean, oreka eskuinalderantz desplazatuko da,  $K_c$ -ren balioa irauteko:

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\text{PCl}_3(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Hasierako []-ak	1,0	0,2	0,2
Aldaketak	-x	+x	+x
Oreko []-ak	1,0 - x	0,2 + x	0,2 + x

Kontzentrazio berriak  $K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu ditugu eta x-aren balioa kalkulatu dugu.

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{(0,2 + x) \cdot (0,2 + x)}{1 - x} = 0,05$$

$$x^2 + 0,45 x - 0,01 = 0 \Rightarrow x = 0,02$$

Oreko kontzentrazio berriak honako hauek izango dira:

$$[\text{PCl}_5]_{\text{oreka}} = 1 - x = 1 - 0,02 = 0,98 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{PCl}_3]_{\text{oreka}} = 0,2 + x = 0,2 + 0,02 = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{oreka}} = 0,2 + x = 0,2 + 0,02 = 0,22 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b) Ontziaren bolumena 5 L-ra jaisten da:

Ontziaren bolumena erdira jaisten bada, aurreko kontzentrazioak orain bikoiztuko dira:

$$[\text{PCl}_5] = 1,60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = 0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Bolumena jaistean, presioa igoko da eta oreka ezkeralderantz desplazatuko da, mol-kopurua jaisteko hain zuzen.

	$\text{PCl}_5$ (g)	$\text{PCl}_3$ (g)	$\text{Cl}_2$ (g)
Hasierako []-ak	1,60	0,40	0,40
Aldaketak	+ x	- x	- x
Oreako []-ak	1,60 + x	0,40 - x	0,40 - x

Kontzentrazio berriak  $K_C$ -ren adierazpidean ordezkatu ditugu eta x-aren balioa kalkulatu du.

$$K_C = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} = \frac{(0,4 - x) \cdot (0,4 - x)}{1,6 + x} = 0,05$$

$$x^2 + 0,85x - 0,08 = 0 \Rightarrow x = 0,11$$

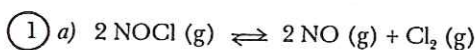
Orekan dauden kontzentrazio berriak honako hauek izango dira:

$$[\text{PCl}_5]_{\text{oreka}} = 1,60 + x = 1,60 + 0,11 = 1,71 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

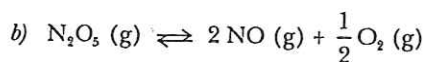
$$[\text{PCl}_3]_{\text{oreka}} = 0,4 - x = 0,4 - 0,11 = 0,29 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{oreka}} = 0,4 - x = 0,4 - 0,11 = 0,29 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

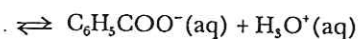
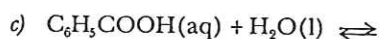
ARIKETAK ETA PROBLEMAK (220 eta 221. orr.)



$$K_C = \frac{[\text{Cl}_2] \cdot [\text{NO}]^2}{[\text{NOCl}]^2}$$



$$K_C = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]^{1/2}}{[\text{N}_2\text{O}_5]}$$



$$K_C = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$$

② Erreakzio itzulgarri baten adierazpide orokorra

hauxe da:



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

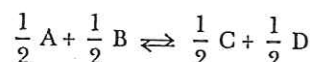
a) Koeffizienteak bi zenbakiaz biderkatzen badira:



$$K_C' = \frac{[\text{C}]^2 \cdot [\text{D}]^2}{[\text{A}]^2 \cdot [\text{B}]^2} = \left[ \frac{[\text{C}] \cdot [\text{D}]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]} \right]^2 = K_C^2$$

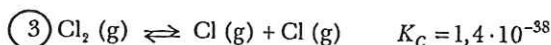
Koeffizienteak bi zenbakiaz biderkatzean, konstantearen balioa berbitzen da.

b) Koeffizienteak bi zenbakiaz zatitzen badira:



$$K_C'' = \frac{[\text{C}]^{1/2} \cdot [\text{D}]^{1/2}}{[\text{A}]^{1/2} \cdot [\text{B}]^{1/2}} = \left[ \frac{[\text{C}] \cdot [\text{D}]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]} \right]^{1/2} = K_C^{1/2}$$

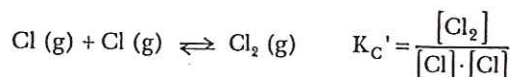
Koeffizienteak bi zenbakiaz zatitzean, konstantearen balioa ber  $\frac{1}{2}$  izango da.



$$K_C = \frac{[\text{Cl}] \cdot [\text{Cl}]}{[\text{Cl}_2]}, \text{ dela kontuan hartuz, balio hau hain}$$

baxua izateak zenbakitzaila oso txikia dela eta izendatzaile oso handia dela adierazten du, hots, orekan, errektiboen kontzentrazioak produktuenak baino askoz altuagoak dira eta oreka ezkeralderantz desplazatuta dago.

Alderantzizko ekuazioaren kasuan:



Eta  $K_C$  eta  $K_C'$ -ren arteko erlazioa izango da:

$$K_C' = \frac{[\text{Cl}_2]}{[\text{Cl}] \cdot [\text{Cl}]} = \frac{1}{\frac{[\text{Cl}] \cdot [\text{Cl}]}{[\text{Cl}_2]}} = \frac{1}{K_C}$$

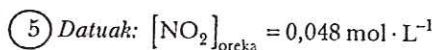
Erlazio hori erabiliz  $K_C'$  kalkulatu dugu:

$$K_C' = \frac{1}{K_C} = \frac{1}{1,4 \cdot 10^{-38}} = 7,1 \cdot 10^{37}$$



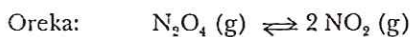
Esan dezakegu errektiboen eta produktuen kontzentrazioak ia berdinak direla:

$$[\text{C}] \cdot [\text{B}] \cong 1 \cdot [\text{A}] \cdot [\text{B}] \Rightarrow [\text{C}] \cdot [\text{B}] \cong [\text{A}] \cdot [\text{B}]$$





$$[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{oreka}} = 0,491 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

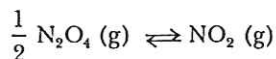


$$K_C = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

Kontzentrazioak  $K_C$ -ren adierazpidean ordezkatuko ditugu eta horren balioa lortuko dugu:

$$K_C = \frac{(0,048 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{0,491 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 4,69 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Oreka horrela adierazten bada:



Oreka-konstantearen adierazpide berria hauxe izango da:

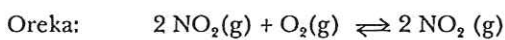
$$K_C' = \frac{[\text{NO}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_4]^{1/2}}$$

eta balioa:

$$K_C' = \frac{0,048 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(0,491 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^{1/2}} = 6,85 \cdot 10^{-2} \text{ mol}^{1/2} \cdot \text{L}^{-1/2}$$

⑥ *Datuak:*  $K_C = 6,44 \cdot 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$[\text{NO}]_{\text{oreka}} = 0,054 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} = \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$K_C = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{NO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

Ezagututako datuak  $K_C$ -ren adierazpidean ordezkatuko ditugu, orduan,  $[\text{O}_2]$ -a kalkulatu dugu:

$$6,44 \cdot 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = \frac{(15,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(0,054 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

$$[\text{O}_2] = \frac{(15,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(0,054 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \cdot 6,44 \cdot 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,128 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Orekan dagoen  $[\text{O}_2]$ -a  $0,128 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  da.

⑦ *Datuak:*  $V = 0,76 \text{ L}$

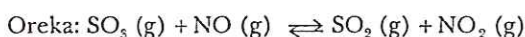
$$n(\text{SO}_3)_{\text{oreka}} = 0,60 \text{ mol}$$

$$n(\text{NO})_{\text{oreka}} = 0,40 \text{ mol}$$

$$n(\text{NO}_2)_{\text{oreka}} = 0,10 \text{ mol}$$

$$n(\text{SO}_2)_{\text{oreka}} = 0,80 \text{ mol}$$

$$n'(\text{NO}_2)_{\text{oreka}} = 0,30 \text{ mol}$$



$$K_C = \frac{[\text{SO}_2] \cdot [\text{NO}_2]}{[\text{SO}_3] \cdot [\text{NO}]}$$

Espezie bakoitzaren orekako kontzentrazioak kalkulatu ditugu eta  $K_C$ -ren adierazpidean ordezkatu

$$[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} = \frac{0,60 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 0,789 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{NO}]_{\text{oreka}} = \frac{0,40 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 0,526 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,80 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 1,053 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{NO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,10 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 0,132 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K_C = \frac{[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} \cdot [\text{NO}_2]_{\text{oreka}}}{[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} \cdot [\text{NO}]_{\text{oreka}}} = \frac{1,053 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,132 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0,789 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,526 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = 0,33$$

$x$  mol NO sartzean,  $0,30$  mol  $\text{NO}_2$  orekan egoteko, beste kontzentrazio guztiak ere aldatuko dira:  $0,2$  mol errektibo desagertuko dira eta  $0,2$  mol produktu eratuko dira, hurrengo taulan adierazten den bezala:

	$\text{SO}_3(\text{g})$	$\text{NO}(\text{g})$	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{NO}_2(\text{g})$
$n_0$	0,60	$0,40 + x$	0,80	0,10
Aldaketak	-0,20	-0,20	+0,20	+0,20
$N_{\text{oreka}}$	0,40	$0,20 + x$	1,00	0,30

Kontzentrazio berrien adierazpideak determinatu eta oreka-konstantean ordezkatuko ditugu. Horrela  $x$ -aren balioa kalkula daiteke:

$$[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} = \frac{0,40 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 0,526 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{NO}]_{\text{oreka}} = \frac{(0,20 + x)}{0,76} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{1,00 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 1,316 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{NO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,30 \text{ mol}}{0,76 \text{ L}} = 0,395 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K_C = \frac{[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} \cdot [\text{NO}_2]_{\text{oreka}}}{[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} \cdot [\text{NO}]_{\text{oreka}}} = \frac{1,316 \cdot 0,395}{0,526 \cdot \frac{(0,20 + x)}{0,76}} = 0,33$$

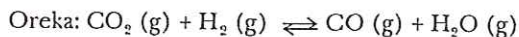
$$0,395 = 0,035 + 0,173 x \Rightarrow x = 2,07$$

2,07 mol NO sartu behar dira.

⑧ *Datuak:*  $t = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$

$$n_0(\text{CO}_2) = 3 \text{ mol} \quad n_0(\text{H}_2) = 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oreka}}(\text{CO}) = 0,8 \text{ mol} \quad n_{\text{oreka}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,8 \text{ mol}$$



Erreakzioaren estekiometriatik abiatuz, 0,8 mol produktu eratu badira, 0,8 mol errektibo desagertu behar izan dira. Honako taula egingo dugu:

	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
$n_0$	3	1	0	0
Aldaketak	-0,8	-0,8	+0,8	+0,8
$N_{\text{oreka}}$	2,2	0,20	0,8	0,8

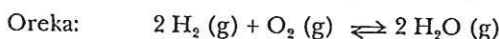
Eta oreka-konstantean ordezkatuz:

$$K_C = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]} = \frac{\frac{0,8 \text{ mol}}{V} \cdot \frac{0,8 \text{ mol}}{V}}{\frac{2,2 \text{ mol}}{V} \cdot \frac{0,2 \text{ mol}}{V}} = 1,45$$

$K_C$ -ren balioa 1,45 da (dimentsiorik gabekoa).

9) *Datuak:*  $V = 1 \text{ L}$   $m_0(\text{H}_2) = 1,04 \text{ g}$

$m_0(\text{O}_2) = 8,32 \text{ g}$   $m_{\text{oreka}}(\text{H}_2\text{O}) = 2,16 \text{ g}$



$$K_C = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{H}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

Substantzia bakoitzaren mol-kopurua kalkulatu dugu:

$$n_0(\text{H}_2) = 1,04 \text{ g H}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2}{2,016 \text{ g H}_2} = 0,52 \text{ mol H}_2$$

$$n_0(\text{O}_2) = 8,32 \text{ g O}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol O}_2}{32,00 \text{ g O}_2} = 0,26 \text{ mol O}_2$$

$$n_{\text{eq}}(\text{H}_2\text{O}) = 2,16 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18,016 \text{ g H}_2\text{O}} = 0,12 \text{ mol H}_2\text{O}$$

0,12 mol  $\text{H}_2\text{O}$  eratu badira, erreakzioaren estekiometriaren arabera, 0,12 mol  $\text{H}_2$  eta 0,6 mol  $\text{O}_2$  desagertu dira, hurrengo taulan ikus daitezenez:

	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
Hasierako molak	0,52	0,26	0
Aldaketak	-0,12	-0,6	+0,12
Orekako molak	0,40	0,20	0,12

Espezie bakoitzaren orekako kontzentrazioak kalkulatu ditugu eta  $K_C$ -ren adierazpidean ordezkatu:

$$[\text{H}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,40 \text{ mol}}{1,00 \text{ L}} = 0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

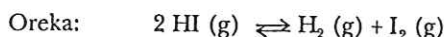
$$[\text{O}_2]_{\text{oreka}} = \frac{0,20 \text{ mol}}{1,00 \text{ L}} = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2\text{O}]_{\text{oreka}} = \frac{0,12 \text{ mol}}{1,00 \text{ L}} = 0,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$K_C = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{H}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{(0,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2}{(0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})^2 \cdot (0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1})} = 0,45 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Konstantearen balioa:  $K_C = 0,45 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

10) *Datuak:*  $[\text{HI}]_0 = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $K_C = 0,022$



Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, hurrengo taula egingo dugu

	$\text{HI}(\text{g})$	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{I}_2(\text{g})$
Hasierako [ ]-ak	$2,1 \cdot 10^{-3}$	0	0
Aldaketak	-2x	+x	+x
Orekako [ ]-ak	$2,1 \cdot 10^{-3} - 2x$	x	x

Kontzentrazioak  $K_C$ -ren adierazpidean ordezkatu eta x-aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_C = \frac{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2} \Rightarrow 0,022 = \frac{x \cdot x}{(2,1 \cdot 10^{-3} - 2x)^2}$$

$$0,022 \cdot \left[ (2,1 \cdot 10^{-3})^2 - 2 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3} + 4x^2 \right] = x^2$$

Ekuazioa ebatzi eta gero:  $x = 2,40 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$[\text{HI}]_{\text{oreka}} = 2,1 \cdot 10^{-3} - 2x = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{oreka}} = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

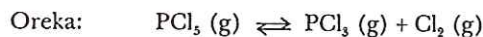
$$[\text{I}_2]_{\text{oreka}} = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Orekako espezieen kontzentrazioak hauexek izango dira:  $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$[\text{HI}] = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

11) *Datuak:*  $V = 1,0 \text{ L}$   $K_C = 0,045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$n_0(\text{PCl}_5) = 1 \text{ mol}$



Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, hurrengo taula egingo dugu:

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\text{PCl}_3(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Hasierako molak	1	0	0
Aldaketak	-x	+x	+x
Orekako molak	1-x	x	x

Orekako kontzentrazioen adierazpidea determinatu dugu:



$$[\text{PCl}_5]_{\text{oreka}} = \frac{1-x \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 1-x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{PCl}_3]_{\text{oreka}} = \frac{x \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{oreka}} = \frac{x \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Kontzentrazioak  $K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu eta  $x$ -aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]} \Rightarrow 0,045 = \frac{x \cdot x}{1-x}$$

$$0,045 \cdot (1-x) = x^2 \Rightarrow x = 0,19 \text{ mol}$$

$$[\text{PCl}_3]_{\text{oreka}} = x = 0,19 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{Cl}_2]_{\text{oreka}} = x = 0,19 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

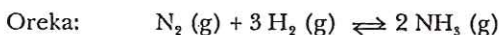
$$[\text{PCl}_5]_{\text{oreka}} = 1-x = 1-0,19 = 0,81 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Orekako espezieen kontzentrazioak honakoak dira:  
 $[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = 0,19 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$[\text{PCl}_5] = 0,81 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(12) *Datuak:*  $K_c = 2,0 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$   $V = 1,0 \text{ L}$

$$n_{\text{oreka}}(\text{N}_2) = 2,0 \text{ mol}$$



Hasieran  $\text{NH}_3$  besterik sartzen ez bada eta orekan 2 mol  $\text{N}_2$  agertzen badira, erreakzioaren estequiometriari begiratuz, 6 mol  $\text{H}_2$  ere agertu behar dira eta  $x$  mol  $\text{NH}_3$  geratuko dira oraindik:

Orekako kontzentrazioak idatziko ditugu:

$$[\text{N}_2]_{\text{oreka}} = \frac{2,0 \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2]_{\text{oreka}} = \frac{6,0 \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{oreka}} = \frac{x \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

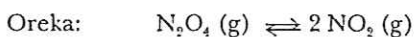
Kontzentrazioak  $K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu eta  $x$ -aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} \Rightarrow 2,0 = \frac{x^2}{2 \cdot 6^3}$$

$$x^2 = 864 \Rightarrow x = \sqrt{864} = 29,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Beraz, orekako kontzentrazioak hauexek izango dira:  
 $[\text{N}_2] = 2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $[\text{H}_2] = 6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  eta  
 $[\text{NH}_3] = 29,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(13) *Datuak:*  $K_c = 5,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$   $[\text{N}_2\text{O}_4]_0 = 0,02 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$



Disoziazio-maila, erreakzioaren estequiometriaren araberakoa bada:  $[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{oreka}} = 0,02 \cdot (1-\alpha)$  eta  $[\text{NO}_2]_{\text{oreka}} = 0,02 \cdot 2\alpha$ .

$K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu eta  $\alpha$ -ren balioa kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \Rightarrow 5,8 \cdot 10^{-3} = \frac{(0,02 \cdot 2\alpha)^2}{0,02 \cdot (1-\alpha)}$$

$$5,8 \cdot 10^{-3} = \frac{0,0016\alpha^2}{0,02-0,02\alpha} \Rightarrow \alpha = 0,24$$

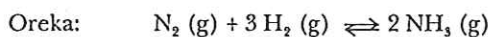
$\text{N}_2\text{O}_4$ -aren disoziazio-maila  $\alpha = 0,24$  da.

(14) *Datuak:*  $[\text{N}_2]_0 = 0,003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$[\text{H}_2]_0 = 0,001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{NH}_3]_0 = 0,002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$t = 500 \text{ }^\circ\text{C} \quad K_c = 0,11 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$



$K_c$ -ren adierazpidean kontzentrazioak ordezkatzuz,  $Q_c$  erreakzio-zatidura kalkulatu dugu:

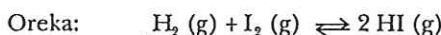
$$Q_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{\left(0,002 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2}{0,003 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \left(0,001 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^3} = 1,33 \cdot 10^6 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$$

$Q_c \neq K_c$ enez, sistema ez dago orekan.

$Q_c \gg K_c$ enez,  $Q_c$ -k jaitsi behar du orekara heltzeko; hau da, izendatzaileak igo behar du eta zenbakitzaileak jaitsi. Hortaz, erreakzioa amoniakoa-ren deskonposizioaren norantzan gertatuko da, hau da, ezkerralderantz.

(15) *Datuak:*  $[\text{H}_2]_0 = [\text{I}_2]_0 = [\text{HI}]_0 = 0,002 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$K'_c = 46,0 \quad t = 490 \text{ }^\circ\text{C}$$



$K_c$ -ren adierazpidean kontzentrazioak ordezkatzuz,  $Q_c$  erreakzio-zatidura kalkulatu dugu:

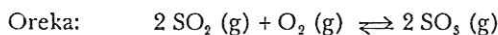
$$Q_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{(0,002)^2}{0,002 \cdot 0,002} = 1 < 46,0$$

$Q_c < K_c$ enez,  $Q_c$ -k igo behar du oreka-egoerara heltzeko; hau da, izendatzaileak jaitsi behar du eta zenbakitzaileak igo. Hortaz, erreakzioa eskuinalderantz desplazatuko da,  $\text{HI}$ -aren kontzentrazioa igotzeko eta erreaktiboak jaitzeko.

(16) *Datuak:*  $V = 1,00 \text{ L}$   $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$

$$n_{\text{oreka}}(\text{SO}_3) = 0,50 \text{ mol} \quad n_{\text{oreka}}(\text{SO}_2) = 1,30 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oreka}}(\text{O}_2) = 1,06 \text{ mol}$$



Orekako kontzentrazioak kalkulatu ditugu, eta horiekin batera,  $K_C$ -ren balioa:

$$[\text{SO}_3]_{\text{oreka}} = \frac{0,50 \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 0,50 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{oreka}} = \frac{1,30 \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 1,30 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{O}_2]_{\text{oreka}} = \frac{1,06 \text{ mol}}{1,0 \text{ L}} = 1,06 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$K_C = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]} = \frac{\left(0,50 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2}{\left(1,30 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2 \cdot 1,06 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 0,14 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

$K_P$  kalkulatu behar da,  $K_P = K_C \cdot (RT)^{\Delta n}$  adierazpidea erabiliz

Kasu horretan:  $\Delta n = 2 - 3 = -1$ ;  $T = 300 + 273 = 573 \text{ K}$ ; eta  $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

$$K_P = 0,14 \frac{\text{L}}{\text{mol}} \cdot \left(0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 573 \text{ K}\right)^{-1} = 0,003 \text{ atm}^{-1}$$

Egoera-ekuazioa erabiliz, gas bakoitzaren presio partziala kalkulatu dugu:

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V} = [\cdot] \cdot RT$$

$$P_{\text{SO}_3} = [\text{SO}_3] \cdot RT = 0,50 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 573 \text{ K} = 23,49 \text{ atm}$$

$$P_{\text{SO}_2} = [\text{SO}_2] \cdot RT = 1,30 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 573 \text{ K} = 61,08 \text{ atm}$$

$$P_{\text{O}_2} = [\text{O}_2] \cdot RT = 1,06 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 573 \text{ K} = 49,81 \text{ atm}$$

Presio partzialak honako hauek dira:  $P(\text{SO}_3) = 23,49 \text{ atm}$ ;  $P(\text{SO}_2) = 61,08 \text{ atm}$  eta  $P(\text{O}_2) = 49,81 \text{ atm}$ . Konstanteen balioak:  $K_C = 0,14 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$  eta  $K_P = 0,003 \text{ atm}^{-1}$ .

17) Datuak:  $T = 600 \text{ K}$

$$[\text{NO}_2]_{\text{oreka}} = 0,0146 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{NO}]_{\text{oreka}} = 0,00382 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{O}_2]_{\text{oreka}} = 0,00191 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Oreka:  $2 \text{ NO}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$

Aurretik,  $K_C$  kalkulatu dugu orekako kontzentrazioak ordezkatuz:

$$K_C = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{NO}_2]^2} = \frac{0,00191 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \left(0,00382 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2}{\left(0,0146 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2} = 1,31 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$K_P$  ere kalkulatu dugu, horretarako  $K_P = K_C \cdot (RT)^{\Delta n}$  adierazpidea erabil daiteke:

Kasu horretan:  $\Delta n = 3 - 2 = 1$ ;  $T = 600 \text{ K}$ ; eta  $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

$$K_P = 1,31 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \left(0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 600 \text{ K}\right)^1 = 6,44 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

$K_P$  konstantearen balioa  $6,44 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$  da.

18) Datuak:  $P = 1,0 \text{ atm}$   $T = 573 \text{ K}$

$$K_P = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

Oreka:  $\text{COCl}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO} (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g})$

Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, hurrengo taula egingo dugu:

	$\text{COCl}_2 (\text{g})$	$\text{CO} (\text{g})$	$\text{Cl}_2 (\text{g})$
Hasierako P	1,0	0	0
Aldaketak	-x	+x	+x
Orekako P	1,0 - x	x	x

Presioak  $K_P$ -ren adierazpidean ordezkatu eta x-aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_P = \frac{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{COCl}_2}} \Rightarrow 1,0 \cdot 10^{-3} = \frac{x \cdot x}{1,0 - x}$$

$$x^2 + 10^{-3}x - 10^{-3} = 0 \Rightarrow x = 0,031$$

Gasen orekako presio partzialak hurrengoak izango dira:

$$P(\text{COCl}_2) = 1,0 - x = 1,0 - 0,031 = 0,969 \text{ atm}$$

$$P(\text{CO}) = 0,031 \text{ atm}$$

$$P(\text{Cl}_2) = 0,031 \text{ atm}$$

Dalton-en legea kontuan hartuz, presio totala hauxe izango da:

$$P_T = P(\text{COCl}_2) + P(\text{CO}) + P(\text{Cl}_2) =$$

$$= 0,969 \text{ atm} + 0,031 \text{ atm} + 0,031 \text{ atm} = 1,031 \text{ atm}$$

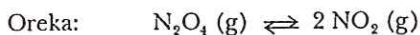
$\text{POCl}$ -aren,  $\text{CO}$ -aren eta  $\text{Cl}_2$ -aren presio partzialak 0,969, 0,031 eta 0,031 atm dira, hurrenez hurren, eta presio osoa, 1,031 atm.

19) Datuak:  $T = 298 \text{ K}$

$$K_P = 0,140 \text{ atm}$$



$$P_T = 2,0 \text{ atm}$$



$N_2O_4$ -aren eta  $NO_2$ -aren presio partzialei  $x$  eta  $y$ , hurrenez hurren, baderitzegu:

$K_p$ -ren eta  $P_T$ -aren adierazpideetan ordezkatzeko badi-tugu, bi ekuazioko sistema izango dugu:

$$K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}} = \frac{y^2}{x} = 0,140$$

$$P_T = P_{N_2O_4} + P_{NO_2} = x + y = 2,0$$

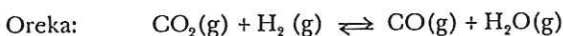
Sistemaren ebazpena honakoa da:  $x = 1,54 \text{ atm}$ ;  $y = 0,46 \text{ atm}$ .

Beraz,  $N_2O_4$ -aren eta  $NO_2$ -aren presio partzialak  $1,54 \text{ atm}$  eta  $0,46 \text{ atm}$  izango dira, hurrenez hurren.

20) Datuak:  $T = 1300 \text{ K}$   $K_p = 0,70$

$$n_0(CO_2) = 10 \text{ mol} \quad n_0(H_2) = 10 \text{ mol}$$

$$P_T = 10 \text{ atm}$$



$K_c$  kalkulatu dugu,  $K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n}$  adierazpidea erabiliz:

Kasu horretan  $\Delta n = 2 - 2 = 0$ enez:

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n} = K_p \cdot (RT)^0 = K_p = 0,70$$

Oreko kontzentrazioen adierazpidea kalkulatu dugu:

	$CO_2(g)$	$H_2(g)$	$CO(g)$	$H_2O(g)$
$n_0$	10	10	0	0
Aldaketak	-x	-x	+x	+x
$N_{oreka}$	10-x	10-x	x	x

Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, hurrengo taula egingo dugu:

$$[CO_2] = \frac{10-x}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad [H_2] = \frac{10-x}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[CO] = \frac{x}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad [H_2O] = \frac{x}{V} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$K_c$ -ren adierazpidean ordezkatu eta  $x$ -aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_c = \frac{[CO] \cdot [H_2O]}{[CO_2] \cdot [H_2]} \Rightarrow 0,70 = \frac{\frac{x}{V} \cdot \frac{x}{V}}{\frac{10-x}{V} \cdot \frac{10-x}{V}}$$

$$0,70 = \frac{x^2}{(10-x)^2} \Rightarrow 0,3x^2 + 14x - 70 = 0 \Rightarrow x = 4,56$$

Lortutako balioetik abiatuta, substantzia bakoitzaren mol-kopurua kalkulatu dugu:

$$n(CO_2) = 10 - x = 5,44 \text{ mol} \quad n(CO) = 4,56 \text{ mol}$$

$$n(H_2) = 10 - x = 5,44 \text{ mol} \quad n(H_2O) = 4,56 \text{ mol}$$

Eta substantzia bakoitzaren frakzio molarra:

$$n_T = n(CO_2) + n(H_2) + n(CO) + n(H_2O) = 5,44 + 5,44 + 4,56 + 4,56 = 20,0 \text{ mol}$$

$$\chi(CO_2) = \frac{5,44 \text{ mol}}{20,0 \text{ mol}} = 0,272$$

$$\chi(CO) = \frac{4,56 \text{ mol}}{20,0 \text{ mol}} = 0,228$$

$$\chi(H_2) = \frac{5,44 \text{ mol}}{20,0 \text{ mol}} = 0,272$$

$$\chi(H_2O) = \frac{4,56 \text{ mol}}{20,0 \text{ mol}} = 0,228$$

Aurreko datuetatik abiatuta, eta presio totala ezagututa, gas bakoitzaren presio partziala kalkulatu dugu:

$$P(CO_2) = \chi(CO_2) \cdot P_T = 0,272 \cdot 10 \text{ atm} = 2,72 \text{ atm}$$

$$P(H_2) = \chi(H_2) \cdot P_T = 0,272 \cdot 10 \text{ atm} = 2,72 \text{ atm}$$

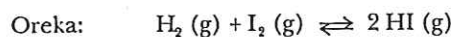
$$P(CO) = \chi(CO) \cdot P_T = 0,228 \cdot 10 \text{ atm} = 2,28 \text{ atm}$$

$$P(H_2O) = \chi(H_2O) \cdot P_T = 0,228 \cdot 10 \text{ atm} = 2,28 \text{ atm}$$

Orekan dauden lan gasen presio partzialak hauexek dira:  $P(CO_2) = 2,72 \text{ atm}$ ,  $P(H_2) = 2,72 \text{ atm}$ ,  $P(CO) = 2,28 \text{ atm}$ ,  $P(H_2O) = 2,28 \text{ atm}$ .

21) Datuak:  $V = 7,5 \text{ L}$   $t = 448 \text{ }^\circ\text{C}$   $K_c = 50$

$$n_0(H_2) = 0,50 \text{ mol} \quad n_0(I_2) = 0,50 \text{ mol}$$



$K_c$  kalkulatu dugu,  $K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n}$  adierazpidea erabiliz:

Kasu horretan  $\Delta n = 2 - 2 = 0$ enez:

$$K_c = K_p \cdot (RT)^{-\Delta n} = K_p \cdot (RT)^0 = K_p = 50$$

Erreakzioaren estekiometria kontuan hartuz, hurrengo taula egingo dugu:

	$H_2(g)$	$I_2(g)$	$HI(g)$
Hasierako molak	0,50	0,50	0
Aldaketak	-x	-x	+x
Oreko molak	0,50-x	0,50-x	x

Oreko kontzentrazioen adierazpidea kalkulatu dugu:

$$[H_2] = \frac{0,50-x}{7,5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[I_2] = \frac{0,50-x}{7,5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[\text{HI}] = \frac{x}{7,5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$K_C$ -ren adierazpidean ordezkatu eta  $x$ -aren balioa kalkulatu dugu:

$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} \Rightarrow 50 = \frac{\left(\frac{2x}{7,5}\right)^2}{\frac{(0,5-x)}{7,5} \cdot \frac{(0,5-x)}{7,5}}$$

$$46x^2 - 50x + 12,5 = 0 \Rightarrow \begin{aligned} x_1 &= 0,6972 \\ x_2 &= 0,3898 \end{aligned}$$

Lehen emaitza positiboa izan arren, ezin da onartu, hasierako mol-kopurua (0,50) baino gehiago kontsumitzea ezinezkoa baita.

Bigarren balioa hartuz, orekako substantzia bakoitzaren mol-kopurua kalkulatu dugu

$$n_{\text{oreka}}(\text{H}_2) = 0,5 - x = 0,5 - 0,3898 = 0,1102 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oreka}}(\text{I}_2) = 0,5 - x = 0,5 - 0,3898 = 0,1102 \text{ mol}$$

$$n_{\text{oreka}}(\text{HI}) = 2x = 2 \cdot 0,3898 = 0,7796 \text{ mol}$$

Mol guztien kopurua ere kalkulatu dugu, eta datu horrekin, presio osoa:

$$\begin{aligned} n_T &= n(\text{H}_2) + n(\text{I}_2) + n(\text{HI}) = \\ &= 0,1102 + 0,1102 + 0,7796 = 1,00 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$PV = nRT \Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$T = 448 + 273 = 721 \text{ K}$$

$$P_T = \frac{1,00 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 721 \text{ K}}{7,5 \text{ L}} = 7,88 \text{ atm}$$

Adierazpide bera erabiliz eta orekako substantzia bakoitzaren mol-kopurua hartuz, substantzia bakoitzaren presio partziala kalkulatu dugu:

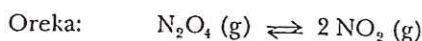
$$\begin{aligned} P_{\text{H}_2} &= \frac{n_{\text{H}_2} RT}{V} = \frac{0,1102 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 721 \text{ K}}{7,5 \text{ L}} = \\ &= 0,87 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{I}_2} &= \frac{n_{\text{I}_2} RT}{V} = \frac{0,1102 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 721 \text{ K}}{7,5 \text{ L}} = \\ &= 0,87 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{HI}} &= \frac{n_{\text{HI}} RT}{V} = \frac{0,7796 \text{ mol} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 721 \text{ K}}{7,5 \text{ L}} = \\ &= 6,15 \text{ atm} \end{aligned}$$

$K_p$  konstantearen balioa 0,50 da (dimentsiorik gabekoa). Orekako presio osoa 7,88 atm da. Substantzia bakoitzaren mol-kopura:  $n(\text{H}_2) = n(\text{I}_2) = 0,1102 \text{ mol}$  eta  $n(\text{HI}) = 0,7796 \text{ mol}$  dira. Substantzia bakoitzaren presio partziala:  $P(\text{H}_2) = P(\text{I}_2) = 0,87 \text{ atm}$  eta  $P(\text{HI}) = 6,15 \text{ atm}$  dira.

22) Datuak:  $K_p = 0,17 \text{ atm}$   $P_T = 1 \text{ atm}$   $T = 300 \text{ K}$



$\text{N}_2\text{O}_4$ -aren eta  $\text{NO}_2$ -aren presio partzialei  $x$  eta  $y$  deitzen, hurrenez hurren.

$K_p$ -ren eta  $P_T$ -aren adierazpideetan ordezkatu dugu, horrela bi ekuazioko sistema lortu dugu.

$$K_p = \frac{P^2(\text{NO}_2)}{P(\text{N}_2\text{O}_4)} = \frac{y^2}{x}$$

$$P_T = P(\text{NO}_2) + P(\text{N}_2\text{O}_4) = x + y$$

Sistemaren ebazpena honakoa da:  $x = 0,664 \text{ atm}$   
 $y = 0,336 \text{ atm}$

Disoziazio-gradua kalkulatzeko,  $\text{N}_2\text{O}_4$ -aren mol disoziatuen eta hasierako molen arteko erlazioa jakin behar da:

$$\alpha = \frac{n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{disoziatuak}}}{n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{hasierakoak}}}$$

Hasierako  $\text{N}_2\text{O}_4$ -aren mol-zati bat disoziatu da eta gainerakoek orekan iraungo dute. Hau da:

$$n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{hasierakoak}} = n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{disoziatuak}} + n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{oreka}}$$

Baina, erreazioaren estekiometriaren arabera, disoziatzen den  $\text{N}_2\text{O}_4$ -aren mol bateko,  $\text{NO}_2$ -aren 2 mol eratuko dira, beraz:

$$n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{disoziatuak}} = \frac{1}{2} n(\text{NO}_2)_{\text{oreka}}$$

Horren ondorioz:

$$n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{hasierakoak}} = \frac{1}{2} n(\text{NO}_2)_{\text{oreka}} + n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{oreka}}$$

Beraz, disoziazio-maila horrela adieraz daiteke:

$$\alpha = \frac{\frac{1}{2} n(\text{NO}_2)_{\text{oreka}}}{\frac{1}{2} n(\text{NO}_2)_{\text{oreka}} + n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{oreka}}}$$

Osagai bakoitzaren presio partziala ezagutzen bada, egoera-ekuazioa erabiliz orekako mol-kopurua atera daiteke:

$$PV = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT}$$

$$n(\text{NO}_2)_{\text{oreka}} = \frac{P_{\text{NO}_2} \cdot V}{RT} = \frac{y \cdot V}{RT}$$

$$n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{oreka}} = \frac{P_{\text{N}_2\text{O}_4} \cdot V}{RT} = \frac{x \cdot V}{RT}$$

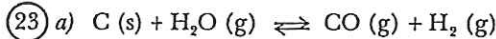
Eta adierazpide horiek  $\alpha$ -aren adierazpidean ordezkatu:

$$\alpha = \frac{\frac{1}{2} n(\text{NO}_2)_{\text{eq}}}{\frac{1}{2} n(\text{NO}_2)_{\text{eq}} + n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{eq}}} = \frac{\frac{1}{2} \frac{y \cdot V}{RT}}{\frac{1}{2} \frac{y \cdot V}{RT} + \frac{x \cdot V}{RT}} =$$

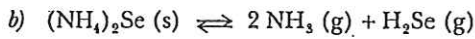


$$= \frac{\frac{1}{2}y}{\frac{1}{2}y + x} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,336}{0,664 + \frac{1}{2} \cdot 0,336} = 0,20$$

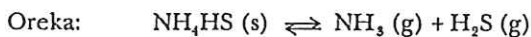
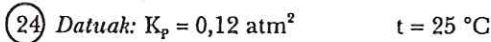
$\alpha$ - $\alpha$  delakoaren disoziazio-maila edo -gradua 0,20 da. Hau da,  $N_2O_4$ -aren % 20 disoziatu dago.



$$K_C = \frac{[CO] \cdot [H_2]}{[H_2O]} \quad K_P = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2}}{P_{H_2O}}$$



$$K_C = [NH_3]^2 \cdot [H_2Se] \quad K_P = P_{NH_3}^2 \cdot P_{H_2Se}$$



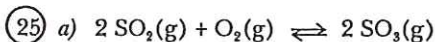
$K_C$  kalkulatu dugu,  $K_C = K_P \cdot (RT)^{-\Delta n}$  adierazpidea erabiliz.

Kasu horretan:  $\Delta n = 2 - 0 = 2$ ;  $T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$ ; eta

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

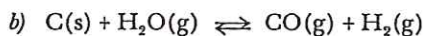
$$K_C = 0,12 \text{ atm}^2 \cdot \left( 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 298 \text{ K} \right)^{-2} = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$$

$K_C$  konstantearen balioa  $2,01 \cdot 10^{-4} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  da.



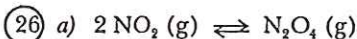
$$\Delta H^\circ = -198 \text{ KJ}$$

Temperatura igotzean, oreka erreakzio endotermikoaren norantzan desplazatu da. Erreakzio zuzena exotermikoa denez, oreka *ezkerralderantz* desplazatu da.

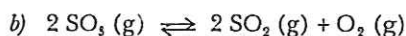


$$\Delta H^\circ = +131 \text{ KJ}$$

Temperatura igotzean, oreka erreakzio endotermikoaren norantzan desplazatu da. Erreakzio zuzena endotermikoa denez, oreka *eskuinalderantz* desplazatu da.

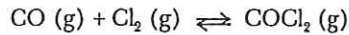
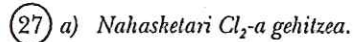


Bolumena jaistean, presioa igoko da eta sistema bolumen-unitateko molekula-kopurua jaisteko desplazatu da. Kasu horretan, *eskuinaldean* molekula-kopurua baxuagoa denez, oreka norantza horretan desplazatu da.

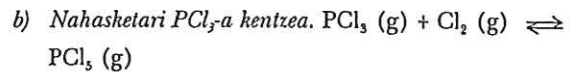


Bolumena jaistean, presioa igoko da eta sistema bolumen-unitateko molekula-kopurua jaisteko desplazatu da. Kasu horretan, *ezkerraldean* mo-

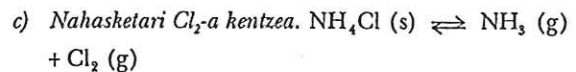
lekula-kopurua baxuagoa denez, oreka norantza horretan desplazatu da.



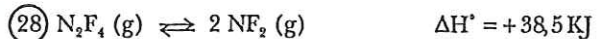
Oreka  $Cl_2$ -aren gehiegizko kontzentrazioa kontsumitzeko norantzan desplazatu da, hau da, *eskuinalderantz*.



Oreka  $PCl_3$ -aren gutxiegiako kontzentrazioa igotzeko desplazatu da, hau da, *ezkerralderantz*.



Oreka  $Cl_2$ -aren gutxiegiako kontzentrazioa igotzeko desplazatu da, hau da, *eskuinalderantz*.

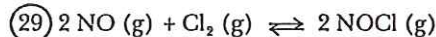


a) *Nahasketa bolumen konstantean berotzean*, oreka be-  
roa zurgatzeko norantzan desplazatu da. Erreakzio endotermikoa denez, oreka *eskuinalde-  
rantz* desplazatu da.

b)  *$NF_2$ -a kentzean*, sistema  $NF_2$ -aren gutxiegiako kontzentrazioa igotzeko desplazatu da, hau da, *eskuinalderantz*.

c) *Bolumena gutxitzean, presioa handituz*, sistema bo-  
lumen-unitateko molekula-kopurua jaisteko des-  
plazatu da. Ezkerraldean molekula-kopurua ba-  
xuagoa denez, oreka norantza horretan des-  
plazatu da, hau da, *ezkerralderantz*.

d) *Gas geldo bat gehitzean*, osagaien presio partzialak ez dira aldatzen, horrela hasierako oreka-  
egoeran jarraitu dugu, beraz, *ez da inorantz  
desplazatu*.



$$\Delta H^\circ = +25,85 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

a) *Apur bat kloro gehitzean*, sistema  $Cl_2$ -aren gehiegi-  
zko kontzentrazioa jaisteko desplazatu da, hau  
da, *eskuinalderantz*.

b) *Apur bat  $NOCl$  kentzean*, sistema  $NOCl$ -aren gu-  
txiegiako kontzentrazioa igotzeko desplazatu da, hau da, *eskuinalderantz*.

c) *Temperatura jaistean*, sistema inguruneari beroa  
emateko norantzan desplazatu da. Erreakzio  
zuzena endotermikoa denez, oreka *ezkerralderantz*  
desplazatu da.

d) *Presioa gutxitu ahala, bolumena handituz*, sistema  
bolumen-unitateko molekula-kopurua igotzeko  
desplazatu da. *Ezkerraldeko* molekula-kopurua  
altuagoa denez, sistema norantza horretan des-  
plazatu da.

e) *Katalizatzaile bat gehitzean*, norantza bietako abia-  
durak era berean aldatzen dira, baina oreka ez  
da aldatzen. *Ez dago desplazamendurik*.