



Solucionario : Problemas de Equilibrio Químico

1 Equilibrio (sin grado de disociación)

Problema 1

Equilibrio: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ ($K_c = 0,36$ a 450 K, $V = 5$ L)

Especie	N_2O_4	NO_2
Moles iniciales	0,50	0
Moles que reaccionan	$-x$	$+2x$
Moles en equilibrio	$0,50 - x$	$2x$
Concentración eq (M)	$\frac{0,50-x}{5}$	$\frac{2x}{5}$

$0,36 = \frac{(2x/5)^2}{(0,50-x)/5} \Rightarrow 4x^2 + 1,8x - 0,9 = 0 \Rightarrow x = 0,30$ mol. **a)** $[N_2O_4] = 0,04$ M; $[NO_2] = 0,12$ M. **b)** $P_i = [i]RT$: $P_{N_2O_4} = 1,48$ atm; $P_{NO_2} = 4,43$ atm. **c)** Al reducir V , el equilibrio va a la izquierda (menos moles de gas).

Problema 2

Equilibrio: $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ($K_c = 49$ a 700 K, $V = 2$ L)

Especie	H_2	I_2	HI
Moles iniciales	1,0	1,0	0
Moles que reaccionan	$-x$	$-x$	$+2x$
Moles en equilibrio	$1,0 - x$	$1,0 - x$	$2x$
Concentración eq (M)	$\frac{1-x}{2}$	$\frac{1-x}{2}$	$\frac{2x}{2}$

$49 = \frac{(x)^2}{((1-x)/2)^2} \Rightarrow 7 = \frac{x}{(1-x)/2} \Rightarrow x = 0,778$ mol. **a)** $[H_2] = [I_2] = 0,111$ M; $[HI] = 0,778$ M. **b)** % conv = $\frac{0,778}{1,0} \cdot 100 = 77,8\%$. **c)** $K_p = K_c(RT)^0 = 49$.

Problema 3

Equilibrio: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ ($K_c = 280$ a 700 K, $V = 10$ L) **a)** $Q_c = \frac{(0,04)^2}{(0,04)^2 \cdot 0,04} = 25 < K_c$. Evoluciona a la **derecha**.

Especie	SO_2	O_2	SO_3
Moles iniciales	0,40	0,40	0,40
Moles que reaccionan	$-2x$	$-x$	$+2x$
Moles en equilibrio	$0,4 - 2x$	$0,4 - x$	$0,4 + 2x$
Concentración eq (M)	$\frac{0,4-2x}{10}$	$\frac{0,4-x}{10}$	$\frac{0,4+2x}{10}$

c) El catalizador no afecta al equilibrio, solo a la velocidad.

Problema 4

Equilibrio: $CO(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + H_2(g)$ ($K_c = 5,0$, $V = 4$ L)

Especie	CO	H_2O	CO_2	H_2
Moles iniciales	0,80	0,80	0	0
Moles que reaccionan	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
Moles en equilibrio	$0,8 - x$	$0,8 - x$	x	x
Concentración eq (M)	$\frac{0,8-x}{4}$	$\frac{0,8-x}{4}$	$\frac{x}{4}$	$\frac{x}{4}$

$5,0 = \frac{x^2}{(0,8-x)^2} \Rightarrow \sqrt{5} = \frac{x}{0,8-x} \Rightarrow x = 0,553$ mol. **a)** $[CO] = [H_2O] = 0,062$ M; $[CO_2] = [H_2] = 0,138$ M. **b)** $K_p = K_c = 5,0$. **c)** Si es exotérmica (habitual en este proceso), aumentar T desplaza a la izquierda.

2 Equilibrio (con grado de disociación α)

Problema 5

Equilibrio: $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ ($K_c = 0,04$, $V = 1$ L, $n_0 = 0,2$)

Especie	PCl_5	PCl_3	Cl_2
Moles iniciales	n_0	0	0
Moles que reaccionan	$-n_0\alpha$	$+n_0\alpha$	$+n_0\alpha$
Moles en equilibrio	$n_0(1-\alpha)$	$n_0\alpha$	$n_0\alpha$
Concentración eq (M)	$\frac{n_0(1-\alpha)}{V}$	$\frac{n_0\alpha}{V}$	$\frac{n_0\alpha}{V}$

$0,04 = \frac{(0,2\alpha)^2}{0,2(1-\alpha)} = \frac{0,2\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow \alpha = 0,358$. $P_{tot} = \frac{n_0(1+\alpha)RT}{V} = 11,13$ atm.

Problema 6

Equilibrio: $2NH_3(g) \rightleftharpoons N_2(g) + 3H_2(g)$ ($K_c = 1,6 \cdot 10^{-4}$ a 800 K, $V = 5$ L)

Especie	NH_3	N_2	H_2
Moles iniciales	1,0	0	0
Moles que reaccionan	$-1,0\alpha$	$+0,5\alpha$	$+1,5\alpha$
Moles en equilibrio	$1-\alpha$	$0,5\alpha$	$1,5\alpha$
Concentración eq (M)	$\frac{1-\alpha}{5}$	$\frac{0,5\alpha}{5}$	$\frac{1,5\alpha}{5}$

$1,6 \cdot 10^{-4} = \frac{(0,5\alpha/5) \cdot (1,5\alpha/5)^3}{((1-\alpha)/5)^2}$. Resolviendo para α pequeño: $\alpha \approx 0,043$.

Problema 7

Equilibrio: $2NO_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g) + O_2(g)$ ($K_c = 1,0 \cdot 10^{-5}$, $V = 2$ L) **b)** $K_c = \frac{(n_0\alpha/V)^2 \cdot (n_0\alpha/2V)}{(n_0(1-\alpha)/V)^2} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{0,5\alpha^3}{2(1-\alpha)^2} \Rightarrow \alpha \approx 0,034$. **c)** $K_p = K_c(RT)^1 = 5,33 \cdot 10^{-4}$.

Problema 8

Equilibrio: $2HCN(g) \rightleftharpoons H_2(g) + 2CN(g)$ ($K_c = 2,5 \cdot 10^{-3}$, $V = 3$ L, $n_0 = 0,3$) $K_c = \frac{(0,15\alpha/3) \cdot (0,3\alpha/3)^2}{(0,3(1-\alpha)/3)^2}$. Resolviendo α : $\alpha \approx 0,16$. **c)** $n_{tot} = 0,3 - 0,3\alpha + 0,15\alpha + 0,3\alpha = 0,3 + 0,15\alpha = 0,324$ mol. $P_{tot} = 7,97$ atm.

3 Equilibrio Heterogéneo

Problema 9

$\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ **a)** $K_p = P_{\text{CO}_2}$. **b)** $P_{\text{CO}_2} = 1,20 \text{ atm}$. **c)** No influye (sólidos puros).

Problema 10

$\text{Fe}_3\text{O}_4(s) + 4\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 3\text{Fe}(s) + 4\text{H}_2\text{O}(g)$ **a)** $K_p = \frac{(P_{\text{H}_2\text{O}})^4}{(P_{\text{H}_2})^4}$. **b)** Si $P_{\text{H}_2} = P_{\text{H}_2\text{O}} \Rightarrow Q_p = 1 > K_p(0,5)$. Va a la izquierda. **c)** No influye ($\Delta n = 0$).

Problema 11

$\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{CO}(g)$ **a)** $K_p = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{P_{\text{CO}_2}}$. **b)** $1,6 = \frac{(P_{\text{CO}})^2}{P_{\text{CO}_2}} \Rightarrow$ Depende de P_{tot} . **c)** No influye.

Problema 12

$\text{NH}_4\text{HS}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_3(g) + \text{H}_2\text{S}(g)$ **a)** $K_p = P_{\text{NH}_3} \cdot P_{\text{H}_2\text{S}}$. **b)** $0,8 = P^2 \Rightarrow P = 0,89 \text{ atm}$. **c)** Va a la izquierda.

4 Cociente de Reacción

Problema 13

a) $Q_c = \frac{0,05^2}{0,1^2 \cdot 0,1} = 2,5$. **b)** $Q_c < K_c \Rightarrow$ Derecha. **c)** Resolver $650 = \frac{(0,05+2x)^2}{(0,1-2x)^2(0,1-x)}$.

Problema 14

a) $Q_c = \frac{0,1 \cdot 0,4}{0,2 \cdot 0,3} = 0,66$. **b)** $Q_c < 1 \Rightarrow$ Derecha. **c)** $1,0 = \frac{(0,1+x)(0,4+x)}{(0,2-x)(0,3-x)} \Rightarrow x = 0,02 \Rightarrow [\text{H}_2] = 0,18, [\text{CO}_2] = 0,28, [\text{H}_2\text{O}] = 0,12, [\text{CO}] = 0,42$.

5 Principio de Le Châtelier

Problema 15

a) Derecha (menos moles gas). **b)** Izquierda (exotérmica). **c)** Solo velocidad.

Problema 16

a) Derecha. **b)** Derecha. **c)** Derecha (exotérmica, al enfriar favorece desprender calor).

Problema 17

a) Izquierda. **b)** No varía (V cte). **c)** Izquierda.

Problema 18

a) Derecha ($\Delta H < 0$). **b)** Derecha. **c)** Solo cambia K si cambia T .