

Equilibrio químico en fase gas

◇ PROBLEMAS

● Con datos do equilibrio

- Nun recipiente pechado e baleiro de 10 L de capacidade introdúcese 0,04 moles de monóxido carbono e igual cantidade de cloro gas. Cando a 525 °C alcánzase o equilibrio, obsérvase que reaccionou o 37,5 % do cloro inicial, segundo a reacción: $\text{CO(g)} + \text{Cl(g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2\text{(g)}$. Calcula:

 - O valor de K_p e de K_c .
 - A cantidade, en gramos, de monóxido de carbono existente cando se alcanza o equilibrio.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. set. 16)

Rta.: $K_c = 240$; $K_p = 3,66$; b) $m = 0,700 \text{ g CO}$.
- Nun matraz dun litro de capacidade introdúcese 0,387 moles de nitróxeno e 0,642 moles de hidróxeno, quéntase a 800 K e establécese o equilibrio: $\text{N}_2\text{(g)} + 3 \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3\text{(g)}$ atopándose que se formaron 0,061 moles de amoníaco. Calcula:

 - A composición de mestúraa gasosa en equilibrio.
 - K_c e K_p a dita temperatura.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. xuño 16)

Rta.: a) $n(\text{N}_2) = 0,356 \text{ mol}$; $n(\text{H}_2) = 0,550 \text{ mol}$; b) $K_c = 0,0623$; $K_p = 1,45\cdot 10^{-5}$.
- Nun recipiente de 2,0 dm³ introdúcese 0,043 moles de NOCl(g) e 0,010 moles de Cl₂(g). Péchase, quéntase ata unha temperatura de 30 °C e déixase que alcance o equilibrio: $\text{NOCl(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{Cl}_2\text{(g)} + \text{NO(g)}$. Calcula:

 - O valor de K_c sabendo que no equilibrio atópanse 0,031 moles de NOCl(g).
 - A presión total e as presións parciais de cada gas no equilibrio.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. xuño 15)

Rta.: a) $K_c = 0,035$; b) $p = 74 \text{ kPa}$; $p(\text{NOCl}) = 39 \text{ kPa}$; $p(\text{Cl}_2) = 20 \text{ kPa}$; $p(\text{NO}) = 15 \text{ kPa}$.
- Considera a seguinte reacción: $\text{Br}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{Br(g)}$. Cando 1,05 moles de Br₂ colócanse nun matraz de 0,980 dm³ a unha temperatura de 1873 K se disocia o 1,20 % de Br₂. Calcula a constante de equilibrio K_c da reacción.

(P.A.U. xuño 14)

Rta.: a) $K_c = 6,25\cdot 10^{-4}$.
- Introdúcese PCl₅ nun recipiente pechado de 1 dm³ de capacidade e quéntase a 493 K ata descompoñerse termicamente segundo a reacción: $\text{PCl}_5\text{(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_3\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$. Unha vez alcanzado o equilibrio, a presión total é de 1 atm (101,3 kPa) e o grao de disociación 0,32. Calcula:

 - As concentracións das especies presentes no equilibrio e as súas presións parciais
 - O valor de K_c e K_p .

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. set. 13)

Rta.: a) $[\text{PCl}_5]_e = 0,0127 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{Cl}_2]_e = [\text{PCl}_3]_e = 0,0060 \text{ mol/dm}^3$; b) $p(\text{PCl}_5) = 0,515 \text{ atm} = 52,2 \text{ kPa}$; $p(\text{PCl}_3) = p(\text{Cl}_2) = 0,243 \text{ atm} = 24,6 \text{ kPa}$; b) $K_c = 2,82\cdot 10^{-3}$; $K_p = 0,114 [p \text{ en atm}]$.
- Nun matraz de 5 dm³ introdúcese unha mestura de 0,92 moles de N₂ e 0,51 moles de O₂ e quéntase ata 2200 K, establecéndose o equilibrio: $\text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)}$. Tendo en conta que nestas condicións reacciona o 1,09 % do nitróxeno inicial:

 - Calcula a concentración molar de todos os gases no equilibrio a 2200 K.
 - Calcula o valor das constantes K_c e K_p a esa temperatura.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. set. 12)

Rta.: a) $[\text{N}_2] = 0,182 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{O}_2] = 0,100 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{NO}] = 0,0040 \text{ mol/dm}^3$; b) $K_c = K_p = 8,84\cdot 10^{-4}$.
- O CO₂ reacciona co H₂S a altas temperaturas segundo: $\text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{S(g)} \rightleftharpoons \text{COS(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$. Introdúcese 4,4 g de CO₂ nun recipiente de 2,55 dm³ a 337 °C, e unha cantidade suficiente de H₂S para

que, unha vez alcanzado o equilibrio, a presión total sexa de 10 atm (1013,1 kPa). Se na mestura en equilibrio hai 0,01 moles de auga, calcula:

- O número de moles de cada unha das especies no equilibrio.
- O valor de K_c e K_p a esa temperatura.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

(P.A.U. xuño 12)

Rta.: a) $n_e(\text{CO}_2) = 0,090 \text{ mol}$; $n_e(\text{H}_2\text{S}) = 0,409 \text{ mol}$; $n_e(\text{COS}) = 0,0100 \text{ mol}$; b) $K_p = K_c = 2,8\cdot 10^{-3}$.

8. Nun recipiente de 2 dm^3 de capacidade dispónse unha certa cantidade de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ e quéntase o sistema ata $298,15 \text{ K}$. A reacción que ten lugar é: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2(\text{g})$. Sabendo que se alcanza o equilibrio químico cando a presión total dentro do recipiente é $1,0 \text{ atm}$ ($101,3 \text{ kPa}$) e a presión parcial do N_2O_4 é $0,70 \text{ atm}$ ($70,9 \text{ kPa}$), calcula:

- O valor de K_p a $298,15 \text{ K}$.
- O número de moles de cada un dos gases no equilibrio.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

(P.A.U. set. 11)

Rta.: a) $K_p = 0,13$; b) $n_1 = 0,025 \text{ mol NO}_2$; $n_2 = 0,057 \text{ mol N}_2\text{O}_4$.

9. A 670 K , un recipiente de 2 dm^3 contén unha mestura gasosa en equilibrio de $0,003$ moles de hidróxeno, $0,003$ moles de iodo e $0,024$ moles de ioduro de hidróxeno, segundo a reacción:

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ HI}(\text{g})$. Nestas condicións, calcula:

- O valor de K_c e K_p .
- A presión total no recipiente e as presións parciais dos gases na mestura.

Datos: $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$; $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$

(P.A.U. set. 10)

Rta.: a) $K_p = K_c = 64$; b) $p_t = 83,5 \text{ kPa}$; $p(\text{H}_2) = p(\text{I}_2) = 8,4 \text{ kPa}$; $p(\text{HI}) = 66,8 \text{ kPa}$.

10. Un recipiente pechado de 1 dm^3 , no que se fixo previamente o baleiro, contén $1,998 \text{ g}$ de iodo (sólido). Seguidamente, quéntase ata alcanzar a temperatura de $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. A presión no interior do recipiente é de $1,33 \text{ atm}$. Nestas condicións, todo o iodo áchase en estado gasoso e parcialmente disociado en átomos: $\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ I}(\text{g})$

- Calcula o grao de disociación do iodo molecular.
- Calcula as constantes de equilibrio K_c e K_p para a devandita reacción a $1200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

(P.A.U. set. 09)

Rta.: a) $\alpha = 39,8 \%$ b) $K_c = 8,26\cdot 10^{-3}$; $K_p = 0,999$.

11. Nun recipiente de 5 dm^3 introdúcese $1,0 \text{ mol}$ de SO_2 e $1,0 \text{ mol}$ de O_2 e quéntase a $727 \text{ }^\circ\text{C}$, producíndose a seguinte reacción: $2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_3(\text{g})$. Unha vez alcanzado o equilibrio, analízase a mestura atopando que hai $0,15$ moles de SO_2 . Calcula:

- Os gramos de SO_3 que se forman.
- O valor da constante de equilibrio K_c .

(P.A.U. set. 08)

Rta.: a) $m(\text{SO}_3) = 68 \text{ g}$; b) $K_c = 280$.

12. Nun recipiente de $10,0 \text{ dm}^3$ introdúcese $0,61$ moles de CO_2 e $0,39$ moles de H_2 quentando ata $1250 \text{ }^\circ\text{C}$. Unha vez alcanzado o equilibrio segundo a reacción: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ analízase a mestura de gases, atopándose $0,35$ moles de CO_2 .

- Calcula os moles dos demais gases no equilibrio.
- Calcula o valor de K_c a esa temperatura.

(P.A.U. xuño 08)

Rta.: a) $n_e(\text{CO}_2) = 0,35 \text{ mol}$; $n_e(\text{H}_2) = 0,13 \text{ mol}$; $n_e(\text{CO}) = n_e(\text{H}_2\text{O}) = 0,26 \text{ mol}$; b) $K_c = 1,5$.

13. Á temperatura de $35 \text{ }^\circ\text{C}$ dispoñemos, nun recipiente de 310 cm^3 de capacidade, dunha mestura gasosa que contén $1,660 \text{ g}$ de N_2O_4 en equilibrio con $0,385 \text{ g}$ de NO_2 .

- Calcula a K_c da reacción de disociación do tetraóxido de dinitróxeno á temperatura de $35 \text{ }^\circ\text{C}$.
- A $150 \text{ }^\circ\text{C}$, o valor numérico de K_c é de $3,20$. Cal debe ser o volume do recipiente para que estean en equilibrio 1 mol de tetraóxido e dous moles de dióxido de nitróxeno?

Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3/(\text{K}\cdot\text{mol})$.

(P.A.U. xuño 07)

Rta.: a) $K_c = 0,0125$; b) $V = 1,25 \text{ dm}^3$.

14. O COCl_2 gasoso disóciase a unha temperatura de 1000 K, segundo a seguinte reacción:
 $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$. Cando a presión de equilibrio é de 1 atm a porcentaxe de disociación de COCl_2 é do 49,2 %. Calcula:
 a) O valor de K_p
 b) A porcentaxe de disociación de COCl_2 cando a presión de equilibrio sexa 5 atm a 1000 K
 Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. xuño 05)
Rta.: a) $K_p = 0,32$; b) $\alpha' = 24,5 \%$.

● Coa constante como dato

1. Considera o seguinte proceso en equilibrio a 686 °C: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$. As concentracións en equilibrio das especies son:
 $[\text{CO}_2] = 0,086 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{H}_2] = 0,045 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{CO}] = 0,050 \text{ mol/dm}^3$ e $[\text{H}_2\text{O}] = 0,040 \text{ mol/dm}^3$.
 a) Calcula K_c para a reacción a 686 °C.
 b) Se se engadise CO_2 para aumentar a súa concentración a 0,50 mol/dm³, cales serían as concentracións de todos os gases unha vez restablecido o equilibrio?
 (P.A.U. set. 14)
Rta.: a) $K_c = 0,517$; b) $[\text{CO}_2] = 0,47$; $[\text{H}_2] = 0,020$; $[\text{CO}] = 0,075$ e $[\text{H}_2\text{O}] = 0,065 \text{ mol/dm}^3$.
2. A reacción $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ ten, a 448 °C, un valor da constante de equilibrio K_c igual a 50. A esa temperatura un recipiente pechado de 1 dm³ contén inicialmente 1,0 mol de I_2 e 1,0 mol de H_2 .
 a) Calcula os moles de $\text{HI}(\text{g})$ presentes no equilibrio.
 b) Calcula a presión parcial de cada gas no equilibrio.
 Dato: $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$. (P.A.U. xuño 11)
Rta.: a) $n_e(\text{HI}) = 1,56 \text{ mol HI}$; b) $p(\text{I}_2) = p(\text{H}_2) = 1,3 \text{ MPa}$; $p(\text{HI}) = 9,3 \text{ MPa}$.

◇ CUESTIÓNS

1. Para o equilibrio: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H < 0$; explica razoadamente:
 a) Cara a que lado se desprazará o equilibrio se se aumenta a temperatura?
 b) Como afectará á cantidade de produto obtido un aumento da concentración de osíxeno?
 (P.A.U. set. 16)
2. Para a seguinte reacción en equilibrio: $2 \text{BaO}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{BaO}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$ $\Delta H^\circ > 0$
 a) Escribe a expresión para as constantes de equilibrio K_c e K_p , así como a relación entre ambas.
 b) Razona como afecta o equilibrio un aumento de presión a temperatura constante.
 (P.A.U. set. 15)
3. a) Para o seguinte sistema en equilibrio: $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{B}(\text{g})$ $\Delta H^\circ = +20,0 \text{ kJ}$, xustifica que cambio experimentalmente K_c se se elevase a temperatura da reacción.
 (P.A.U. set. 14)
4. Considera o seguinte proceso en equilibrio: $\text{N}_2\text{F}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NF}_2(\text{g})$ $\Delta H^\circ = 38,5 \text{ kJ}$. Razona que lle ocorre ao equilibrio se se diminúe a presión da mestura de reacción a temperatura constante.
 (P.A.U. xuño 14)
5. Explica razoadamente o efecto sobre o equilibrio: $2 \text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(\text{g})$ $\Delta H^\circ = -221 \text{ kJ/mol}$
 a) Se se engade CO .
 b) Se se engade C .
 c) Se se eleva a temperatura.
 d) Se aumenta a presión.
 (P.A.U. set. 13)
6. Para a seguinte reacción: $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H < 0$:
 a) Escribe a expresión para a constante de equilibrio K_p en función das presións parciais.

b) Razoa como afecta ao equilibrio un aumento de temperatura.

(P.A.U. xuño 13)

7. Considerando a reacción: $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$, razoa se as afirmacións son verdadeiras ou falsas.

- Un aumento da presión conduce a unha maior produción de SO_3 .
- Unha vez alcanzado o equilibrio, deixan de reaccionar as moléculas de SO_2 e O_2 entre si.
- O valor de K_p é superior ao de K_c á mesma temperatura.

d) A expresión da constante de equilibrio K_p é: $K_p = \frac{p^2(\text{SO}_2) \cdot p(\text{O}_2)}{p^2(\text{SO}_3)}$.

(P.A.U. set. 11)

8. a) Escribe a expresión de K_c e K_p para cada un dos seguintes equilibrios:



b) Indica, de maneira razoada, en que casos K_c coincide con K_p .

(P.A.U. xuño 11)

9. Considera o equilibrio: $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H = -46 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Razoa que lle ocorre ao equilibrio se:

- Se engade hidróxeno.
- Se aumenta a temperatura.
- Se aumenta a presión diminuíndo o volume.
- Se extrae nitróxeno.

(P.A.U. set. 10)

10. Se consideramos a disociación do PCl_5 dada pola ecuación: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ $\Delta H < 0$

Indica razoadamente que lle ocorre ao equilibrio:

- Ao aumentar a presión sobre o sistema sen variar a temperatura.
- Ao diminuír a temperatura.
- Ao engadir cloro.

(P.A.U. xuño 09)

11. Dado o seguinte equilibrio $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$, indica se a concentración de sulfuro de hidróxeno aumentará, diminuirá ou non se modificará se:

- Se engade $\text{H}_2(\text{g})$
- Diminúe o volume do recipiente.

(P.A.U. set. 07)

12. Para o sistema gasoso en equilibrio $\text{N}_2\text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g})$, como afectaría a adición de $\text{NO}(\text{g})$ ao sistema en equilibrio? Razoa a resposta.

(P.A.U. xuño 06)

13. Escribe a expresión da constante de equilibrio (axustando antes as reaccións) para os seguintes casos:

- $\text{Fe}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$
- $\text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g})$
- $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$
- $\text{S}(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S}(\text{s})$

(P.A.U. set. 04)

14. Nunha reacción $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{AB}$, en fase gasosa, a constante K_p vale 4,3 á temperatura de 250°C e ten un valor de 1,8 a 275°C .

- Enuncia o principio de Le Chatelier.
- Razoa se a devandita reacción é exotérmica ou endotérmica.
- En que sentido desprazarase o equilibrio ao aumentar a temperatura.

(P.A.U. xuño 04)

Cuestións e problemas das [Probas de avaliación de Bacharelato para o acceso á Universidade](#) (A.B.A.U. e P.A.U.) en Galiza.

[Respostas](#) e composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).