

## Equilibrio químico en fase gas

### ◇ PROBLEMAS

#### ● Con datos del equilibrio

- En un reactor de 5 dm<sup>3</sup> se introducen 15,3 g de CS<sub>2</sub> y 0,82 g de H<sub>2</sub>. Al elevar la temperatura hasta 300 °C se alcanza el siguiente equilibrio:  $\text{CS}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ , donde la concentración de metano en equilibrio es de 0,01 mol/dm<sup>3</sup>.
  - Calcula las concentraciones molares de las especies CS<sub>2</sub>(g), H<sub>2</sub>(g) y H<sub>2</sub>S(g) en el equilibrio.
  - Determina el valor de K<sub>c</sub> y discute razonadamente qué le sucederá al sistema en equilibrio si añadimos más cantidad de CS<sub>2</sub>(g) manteniendo el volumen y la temperatura constantes.Dato:  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . (A.B.A.U. ord. 23)  
**Rta.:** a) [CS<sub>2</sub>] = 0,0302; [H<sub>2</sub>] = 0,0413; [H<sub>2</sub>S] = 0,0200 mol/dm<sup>3</sup>; b) K<sub>c</sub> = 45,3; hacia la derecha.
- El cloro gas se puede obtener según la reacción:  $4 \text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ . Se introducen 0,90 moles de HCl y 1,2 moles de O<sub>2</sub> en un recipiente cerrado de 10 dm<sup>3</sup> en el que previamente se hizo el vacío. Se calienta la mezcla a 390 °C y, cuando se alcanza el equilibrio a esta temperatura, se observa la formación de 0,40 moles de Cl<sub>2</sub>.
  - Calcula el valor de la constante K<sub>c</sub>.
  - Calcula la presión parcial de cada componente en el equilibrio y a partir de ellas calcula el valor de K<sub>p</sub>.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 atm = 101,3 kPa. (A.B.A.U. ord. 19)  
**Rta.:** a) K<sub>c</sub> = 2,56 · 10<sup>3</sup>; b) p(HCl) = 0,544; p(O<sub>2</sub>) = 5,44 atm; p(Cl<sub>2</sub>) = p(H<sub>2</sub>O) = 2,18 atm; K<sub>p</sub> = 47,0.
- En un recipiente de 2,0 L se introducen 2,1 moles de CO<sub>2</sub> y 1,6 moles de H<sub>2</sub> y se calienta a 1800 °C. Una vez alcanzado el siguiente equilibrio:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  se analiza la mezcla y se encuentran 0,90 moles de CO<sub>2</sub>. Calcula:
  - La concentración de cada especie en el equilibrio.
  - El valor de las constantes K<sub>c</sub> y K<sub>p</sub> a esa temperatura.(A.B.A.U. ord. 17)  
**Rta.:** a) [CO<sub>2</sub>] = 0,45 mol/dm<sup>3</sup>; [H<sub>2</sub>] = 0,20 mol/dm<sup>3</sup>; [CO] = [H<sub>2</sub>O] = 0,60 mol/dm<sup>3</sup>; b) K<sub>p</sub> = K<sub>c</sub> = 4,0.
- Considera lo siguiente equilibrio:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COS}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ . Se introducen 4,4 g de CO<sub>2</sub> en un recipiente de 2 dm<sup>3</sup> a 337 °C y una cantidad suficiente de H<sub>2</sub>S para que, una vez alcanzado el equilibrio, la presión total sea de 10 atm. Si en la mezcla en equilibrio hay 0,01 moles de agua, calcula:
  - Las concentraciones de cada una de las especies en el equilibrio.
  - Los valores de K<sub>c</sub> y K<sub>p</sub> a la dicha temperatura.Datos:  $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ; 1 atm = 101,3 kPa. (A.B.A.U. extr. 22)  
**Rta.:** a) [CO<sub>2</sub>] = 0,0450; [H<sub>2</sub>S] = 0,145; [COS] = [H<sub>2</sub>O] = 0,00500 mol/dm<sup>3</sup>; b) K<sub>c</sub> = K<sub>p</sub> = 0,00384.
- Se introducen 0,2 moles de Br<sub>2</sub> en un recipiente de 0,5 L de capacidad a 600 °C. Una vez establecido el equilibrio  $\text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Br}(\text{g})$  en estas condiciones, el grado de disociación es 0,8.
  - Calcula K<sub>c</sub> y K<sub>p</sub>.
  - Determina las presiones parciales ejercidas por cada componente de la mezcla en el equilibrio.Datos:  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ . (A.B.A.U. extr. 17)  
**Rta.:** a) K<sub>c</sub> = 5,12; K<sub>p</sub> = 367; b) p(Br<sub>2</sub>) = 5,7 atm; p(Br) = 45,9 atm.
- b) En un matraz de 1,5 dm<sup>3</sup>, en el que se hizo el vacío, se introducen 0,08 moles de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> y se calienta a 35 °C. Parte del N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> se disocia según la reacción:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$  y cuando se alcanza el equilibrio la presión total es de 2,27 atm. Calcula el porcentaje de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> disociado.  
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 atm = 101,3 kPa. (A.B.A.U. extr. 19)  
**Rta.:** b) α = 69 %.

7. En un reactor de 10 L se introducen 2,5 moles de  $\text{PCl}_5$  y se calienta hasta  $270^\circ\text{C}$ , produciéndose la siguiente reacción:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . Una vez alcanzado el equilibrio se comprueba que la presión en el reactor es de 15,7 atm. Calcula:
- El número de moles de todas las especies presentes en el equilibrio.
  - El valor de las constantes  $K_c$  y  $K_p$  a dicha temperatura.
- Datos:  $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$ . (A.B.A.U. ord. 18)
- Rta.:** a)  $n(\text{PCl}_5) = 1,48 \text{ mol}$ ;  $n(\text{PCl}_3) = n(\text{Cl}_2) = 1,02 \text{ mol}$ ; b)  $K_c = 0,0708$ ;  $K_p = 3,15$ .
8. En un recipiente cerrado de  $5 \text{ dm}^3$ , en el que previamente se hizo el vacío, se introducen 0,4 moles de  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  y se calienta a  $400^\circ\text{C}$ , descomponiéndose según la reacción:  $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . Cuando se alcanza el equilibrio, se observa que se descompuso el 36,5 % del  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  inicial. Calcula:
- Las presiones parciales de cada componente de la mezcla en el equilibrio.
  - El valor de  $K_c$  y  $K_p$  a dicha temperatura.
- Dato:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ . (A.B.A.U. ord. 22)
- Rta.:** a)  $p(\text{SO}_2\text{Cl}_2) = 2,81 \text{ atm}$ ;  $p(\text{SO}_2) = p(\text{Cl}_2) = 1,61 \text{ atm}$ ; b)  $K_c = 0,0168$ ;  $K_p = 0,927$ .
9. En un recipiente cerrado se introducen 2,0 moles de  $\text{CH}_4$  y 1,0 mol de  $\text{H}_2\text{S}$  a la temperatura de  $727^\circ\text{C}$ , estableciéndose el siguiente equilibrio:  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CS}_2(\text{g}) + 4 \text{ H}_2(\text{g})$ . Una vez alcanzado el equilibrio, la presión parcial del  $\text{H}_2$  es 0,20 atm y la presión total es de 0,85 atm. Calcula:
- Los moles de cada sustancia en el equilibrio y el volumen del recipiente.
  - El valor de  $K_c$  y  $K_p$ .
- (A.B.A.U. ord. 20)
- Rta.:** a)  $n_e(\text{CH}_4) = 1,80 \text{ mol}$ ;  $n_e(\text{H}_2\text{S}) = 0,60 \text{ mol}$ ;  $n_e(\text{CS}_2) = 0,200 \text{ mol}$ ;  $n_e(\text{H}_2) = 0,800 \text{ mol}$ ;  $V = 328 \text{ dm}^3$ ; b)  $K_p = 0,0079$ ;  $K_c = 1,2\cdot 10^{-6}$ .
10. Al calentar  $\text{HgO}(\text{s})$  en un recipiente cerrado en el que se hizo el vacío, se disocia según la reacción:  $2 \text{ HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{ Hg}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ . Cuando se alcanza el equilibrio a  $380^\circ\text{C}$ , la presión total en el recipiente es de 0,185 atm. Calcula:
- Las presiones parciales de las especies presentes en el equilibrio.
  - El valor de las constantes  $K_c$  y  $K_p$  de la reacción.
- Datos:  $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{dm}^3\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$ . (A.B.A.U. extr. 18)
- Rta.:** a)  $p(\text{Hg}) = 0,123 \text{ atm}$ ;  $p(\text{O}_2) = 0,0617 \text{ atm}$ ; b)  $K_c = 6,1\cdot 10^{-9}$ ;  $K_p = 9,4\cdot 10^{-4}$ .

### ● Con la constante como dato

1. Para la reacción  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , el valor de  $K_c = 5$  a  $530^\circ\text{C}$ . Si reaccionan 2,0 moles de  $\text{CO}(\text{g})$  con 2,0 moles de  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  en un reactor de  $2 \text{ dm}^3$ :
- Calcula la concentración molar de cada especie en el equilibrio a dicha temperatura.
  - Determina el valor de  $K_p$  y razona cómo se verá afectado el equilibrio si introducimos en el reactor más cantidad de  $\text{CO}(\text{g})$  sin variar la temperatura ni el volumen.
- Datos:  $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$ . (A.B.A.U. extr. 23)
- Rta.:** a)  $[\text{CO}] = 0,309$ ;  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,309$ ;  $[\text{CO}_2] = 0,691$ ;  $[\text{H}_2] = 0,691 \text{ mol/dm}^3$ ; b)  $K_p = 5,00$ .
2. En un recipiente de 10 litros se introducen 2 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  gaseoso a  $50^\circ\text{C}$  produciéndose el siguiente equilibrio de disociación:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2(\text{g})$ . Si la constante  $K_p$  a dicha temperatura es de 1,06. Calcula:
- Las concentraciones de los dos gases tras alcanzar el equilibrio y el porcentaje de disociación del  $\text{N}_2\text{O}_4$ .
  - Las presiones parciales de cada gas y la presión total en el equilibrio.
- (A.B.A.U. extr. 21)
- Rta.:** a)  $[\text{N}_2\text{O}_4] = 0,160 \text{ mol/dm}^3$ ;  $[\text{NO}_2] = 0,0800 \text{ mol/dm}^3$ ;  $\alpha = 20,0 \%$ ; b)  $p(\text{N}_2\text{O}_4) = 4,24 \text{ atm} = 430 \text{ kPa}$ ;  $p(\text{NO}_2) = 2,12 \text{ atm} = 215 \text{ kPa}$ ;  $p_{\text{et}} = 6,36 \text{ atm} = 645 \text{ kPa}$ .
3. Considera el siguiente equilibrio que tiene lugar a  $150^\circ\text{C}$ :  $\text{I}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ IBr}(\text{g})$ , con una  $K_c = 120$ . En un recipiente de  $5,0 \text{ dm}^3$  de capacidad se introducen 0,0015 moles de yodo y 0,0015 moles de bromo. Calcula:
- La concentración de cada especie cuando se alcanza el equilibrio.

b) Las presiones parciales y la constante  $K_p$ .

(A.B.A.U. ord. 21)

**Rta.:** a)  $[I_2] = [Br_2] = 4,63 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ;  $[IBr] = 5,07 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ;

b)  $p(I_2) = p(Br_2) = 163 \text{ Pa} = 0,00161 \text{ atm}$ ;  $p(IBr) = 1,79 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,0176 \text{ atm}$ ;  $K_p = 120$ .

4. Se introduce fosgeno ( $\text{COCl}_2$ ) en un recipiente vacío de  $2 \text{ dm}^3$  de volumen a una presión de  $0,82 \text{ atm}$  y una temperatura de  $227^\circ \text{C}$ , produciéndose su descomposición segundo el equilibrio:

$\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . Sabiendo que en estas condiciones el valor de  $K_p$  es  $0,189$ ; calcula:

a) La concentración de todas las especies presentes en el equilibrio.

b) La presión parcial de cada una de las especies presentes en el equilibrio.

(A.B.A.U. extr. 20)

**Rta.:** a)  $[\text{COCl}_2]_e = 0,0124 \text{ mol/dm}^3$ ;  $[\text{CO}]_e = [\text{Cl}_2]_e = 0,00756 \text{ mol/dm}^3$

b)  $p_e(\text{COCl}_2) = 0,510 \text{ atm}$ ;  $p_e(\text{CO}) = p_e(\text{Cl}_2) = 0,310 \text{ atm}$ .

## ◇ CUESTIONES

1. Para la reacción en equilibrio:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta H^\circ < 0$ ; explica razonadamente cómo se desplazará el equilibrio si se añade  $\text{H}_2(\text{g})$ .

(A.B.A.U. ord. 20)

2. a) Dada la reacción:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ ,  $\Delta H^\circ < 0$ , razona cómo influye sobre el equilibrio un aumento de la temperatura.

(A.B.A.U. extr. 19)

Cuestiones y problemas de las [Pruebas de evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad](#) (A.B.A.U. y P.A.U.) en Galicia.

[Respuestas](#) y composición de [Alfonso J. Barbadillo Marán](#).

Actualizado: 16/03/24