

## EQUILIBRIO QUÍMICO EN FASE GAS

### ◇ PROBLEMAS

#### ● Con datos del equilibrio

- En un recipiente cerrado y vacío de 10 L de capacidad se introducen 0,04 moles de monóxido carbono e igual cantidad de cloro gas. Cuando a 525 °C se alcanza el equilibrio, se observa que ha reaccionado el 37,5 % del cloro inicial, según la reacción:  $\text{CO(g)} + \text{Cl(g)} \rightleftharpoons \text{COCl}_2\text{(g)}$ . Calcula:  
a) El valor de  $K_p$  y de  $K_c$ .  
b) La cantidad, en gramos, de monóxido de carbono existente cuando se alcanza el 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. sep. 16)  
**Rta.:**  $K_c = 240$ ;  $K_p = 3,66$ ; b)  $m = 0,700 \text{ g CO}$ .
- En un matraz de un litro de capacidad se introducen 0,387 moles de nitrógeno y 0,642 moles de hidrógeno, se calienta a 800 K y se establece el equilibrio:  $\text{N}_2\text{(g)} + 3 \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3\text{(g)}$  encontrándose que se han formado 0,061 moles de amoníaco. Calcula:  
a) La composición de la mezcla gaseosa en equilibrio.  
b)  $K_c$  y  $K_p$  a la citada 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. jun. 16)  
**Rta.:** a)  $n(\text{N}_2) = 0,356 \text{ mol}$ ;  $n(\text{H}_2) = 0,550 \text{ mol}$ ; b)  $K_c = 0,0623$ ;  $K_p = 1,45\cdot 10^{-5}$ .
- En un recipiente de 2,0 L se introducen 0,043 moles de  $\text{NOCl(g)}$  y 0,010 moles de  $\text{Cl}_2\text{(g)}$ . Se cierra, se calienta hasta una temperatura de 30 °C y se deja que alcance el equilibrio:  
 $\text{NOCl(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{Cl}_2\text{(g)} + \text{NO(g)}$ . Calcula:  
a) El valor de  $K_c$  sabiendo que en el equilibrio se encuentran 0,031 moles de  $\text{NOCl(g)}$ .  
b) La presión total y las presiones parciales de cada gas en el 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. jun. 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 la siguiente reacción:  $\text{Br}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{Br(g)}$ . Cuando 1,05 moles de  $\text{Br}_2$  se colocan en un matraz de  $0,980 \text{ dm}^3$  a una temperatura de 1873 K se disocia el 1,20 % de  $\text{Br}_2$ . Calcula la constante de equilibrio  $K_c$  de la reacción.  
(P.A.U. jun. 14)  
**Rta.:** a)  $K_c = 6,25\cdot 10^{-4}$ .
- Se introduce  $\text{PCl}_5$  en un recipiente cerrado de  $1 \text{ dm}^3$  de capacidad y se calienta a 493 K hasta descomponerse térmicamente según la reacción:  $\text{PCl}_5\text{(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_3\text{(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$ . Una vez alcanzado el equilibrio, la presión total es de 1 atm (101,3 kPa) y el grado de disociación 0,32. Calcula:  
a) Las concentraciones de las especies presentes en el equilibrio y sus presiones parciales  
b) El valor de  $K_c$  y  $K_p$ .  
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. sep. 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)  $K_c = 2,82\cdot 10^{-3}$ ;  $K_p = 0,114 [p \text{ en atm}]$ .
- En un matraz de  $5 \text{ dm}^3$  se introduce una mezcla de 0,92 moles de  $\text{N}_2$  y 0,51 moles de  $\text{O}_2$  y se calienta hasta 2200 K, estableciéndose el equilibrio:  $\text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)}$ . Teniendo en cuenta que en estas condiciones reacciona el 1,09 % del nitrógeno inicial:  
a) Calcula la concentración molar de todos los gases en el equilibrio a 2200 K.  
b) Calcula el valor de las constantes  $K_c$  y  $K_p$  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. sep. 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)  $K_c = K_p = 8,84\cdot 10^{-4}$ .
- El  $\text{CO}_2$  reacciona con el  $\text{H}_2\text{S}$  a altas temperaturas según:  $\text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{S(g)} \rightleftharpoons \text{COS(g)} + \text{H}_2\text{O(g)}$ . Se introducen 4,4 g de  $\text{CO}_2$  en un recipiente de  $2,55 \text{ dm}^3$  a 337 °C, y una cantidad suficiente de  $\text{H}_2\text{S}$  para

que, una vez alcanzado el equilibrio, la presión total sea de 10 atm (1013,1 kPa). Si en la mezcla en equilibrio hay 0,01 moles de agua, calcula:

- El número de moles de cada una de las especies en el equilibrio.
- El valor de  $K_c$  y  $K_p$  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. jun. 12)

**Rta.:** a)  $n_e(\text{CO}_2) = 0,090 \text{ mol}$ ;  $n_e(\text{H}_2\text{S}) = 0,399 \text{ mol}$ ;  $n_e(\text{COS}) = 0,0100 \text{ mol}$ ; b)  $K_p = K_c = 2,8\cdot 10^{-3}$ .

- En un recipiente de  $2 \text{ dm}^3$  de capacidad se dispone una cierta cantidad de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  y se calienta el sistema hasta 298,15 K. La reacción que tiene lugar es:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ NO}_2(\text{g})$ . Sabiendo que se alcanza el equilibrio químico cuando la presión total dentro del recipiente es 1,0 atm (101,3 kPa) y la presión parcial del  $\text{N}_2\text{O}_4$  es 0,70 atm (70,9 kPa), calcula:

- El valor de  $K_p$  a 298,15 K.
- El número de moles de cada uno de los gases en el 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. sep. 11)

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

- A 670 K, un recipiente de  $2 \text{ dm}^3$  contiene una mezcla gaseosa en equilibrio de 0,003 moles de hidrógeno, 0,003 moles de yodo y 0,024 moles de yoduro de hidrógeno, según la reacción:

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ HI}(\text{g})$ . En estas condiciones, calcula:

- El valor de  $K_c$  y  $K_p$ .
- La presión total en el recipiente y las presiones parciales de los gases en la mezcla.

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

(P.A.U. sep. 10)

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

- Un recipiente cerrado de  $1 \text{ dm}^3$ , en el que se ha hecho previamente el vacío, contiene 1,998 g de yodo (sólido). Seguidamente, se calienta hasta alcanzar la temperatura de 1200 °C. La presión en el interior del recipiente es de 1,33 atm. En estas condiciones, todo el yodo se halla en estado gaseoso y parcialmente dissociado en átomos:  $\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ I}(\text{g})$

- Calcula el grado de disociación del yodo molecular.
- Calcula las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  para la dicha reacción a 1200 °C.

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

(P.A.U. sep. 09)

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

- En un recipiente de  $5 \text{ dm}^3$  se introducen 1,0 mol de  $\text{SO}_2$  y 1,0 mol de  $\text{O}_2$  y se calienta a 727 °C, produciéndose la siguiente reacción:  $2 \text{ SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ SO}_3(\text{g})$ . Una vez alcanzado el equilibrio, se analiza la mezcla encontrando que hay 0,15 moles de  $\text{SO}_2$ . Calcula:

- Los gramos de  $\text{SO}_3$  que se forman.
- El valor de la constante de equilibrio  $K_c$ .

(P.A.U. sep. 08)

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

- En un recipiente de  $10,0 \text{ dm}^3$  se introducen 0,61 moles de  $\text{CO}_2$  y 0,39 moles de  $\text{H}_2$  calentando hasta 1250 °C. Una vez alcanzado el equilibrio según la reacción:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  se analiza la mezcla de gases, encontrándose 0,35 moles de  $\text{CO}_2$

- Calcula los moles de los demás gases en el equilibrio.
- Calcula el valor de  $K_c$  a esa temperatura.

(P.A.U. jun. 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)  $K_c = 1,5$ .

- A la temperatura de 35 °C disponemos, en un recipiente de  $310 \text{ cm}^3$  de capacidad, de una mezcla gaseosa que contiene 1,660 g de  $\text{N}_2\text{O}_4$  en equilibrio con 0,385 g de  $\text{NO}_2$ .

- Calcula la  $K_c$  de la reacción de disociación del tetraóxido de dinitrógeno a la temperatura de 35 °C.
- A 150 °C, el valor numérico de  $K_c$  es de 3,20. ¿Cuál debe ser el volumen del recipiente para que estén en equilibrio 1 mol de tetraóxido y dos moles de dióxido de nitrógeno?

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

(P.A.U. jun. 07)

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

14. El  $\text{COCl}_2$  gaseoso se disocia a una temperatura de 1000 K, según la siguiente reacción:  
 $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . Cuando la presión de equilibrio es de 1 atm el porcentaje de disociación de  $\text{COCl}_2$  es del 49,2 %. Calcula:
- El valor de  $K_p$
  - El porcentaje de disociación de  $\text{COCl}_2$  cuando la presión de equilibrio sea 5 atm a 1000 K.

(P.A.U. jun. 05)

Rta.: a)  $K_p = 0,32$ ; b)  $\alpha' = 24,5 \%$ .

### ● Con la constante como dato

1. Considera el siguiente proceso en equilibrio a 686 °C:  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ . Las concentraciones en equilibrio de las especies son:  
 $[\text{CO}_2] = 0,086 \text{ mol/dm}^3$ ;  $[\text{H}_2] = 0,045 \text{ mol/dm}^3$ ;  $[\text{CO}] = 0,050 \text{ mol/dm}^3$  y  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,040 \text{ mol/dm}^3$ .
- Calcula  $K_c$  para la reacción a 686 °C.
  - Si se añadiera  $\text{CO}_2$  para aumentar su concentración a  $0,50 \text{ mol/dm}^3$ , ¿cuáles serían las concentraciones de todos los gases una vez restablecido el equilibrio?

(P.A.U. sep. 14)

Rta.: a)  $K_c = 0,517$ ; b)  $[\text{CO}_2] = 0,47$ ;  $[\text{H}_2] = 0,020$ ;  $[\text{CO}] = 0,075$  y  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,065 \text{ mol/dm}^3$ .

2. La reacción  $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$  tiene, a 448 °C, un valor de la constante de equilibrio  $K_c$  igual a 50. A esa temperatura un recipiente cerrado de  $1 \text{ dm}^3$  contiene inicialmente 1,0 mol de  $\text{I}_2$  y 1,0 mol de  $\text{H}_2$ .
- Calcula los moles de  $\text{HI}(\text{g})$  presentes en el equilibrio.
  - Calcula la presión parcial de cada gas en el equilibrio.

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

(P.A.U. jun. 11)

Rta.: a)  $n_e(\text{HI}) = 1,56 \text{ mol HI}$ ; b)  $p(\text{I}_2) = p(\text{H}_2) = 1,3 \text{ MPa}$ ;  $p(\text{HI}) = 9,3 \text{ MPa}$ .

### ◇ CUESTIONES

1. Para el equilibrio:  $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$   $\Delta H < 0$ ; explica razonadamente:
- ¿Hacia qué lado se desplazará el equilibrio si se aumenta la temperatura?
  - ¿Cómo afectará a la cantidad de producto obtenido un aumento de la concentración de oxígeno?
- (P.A.U. sep. 16)
2. Para la siguiente reacción en equilibrio:  $2 \text{BaO}_2(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{BaO}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$   $\Delta H^\circ > 0$
- Escribe la expresión para las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$ , así como la relación entre ambas.
  - Razona cómo afecta al equilibrio un aumento de presión a temperatura constante.
- (P.A.U. sep. 15)
3. a) Para el siguiente sistema en equilibrio:  $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{B}(\text{g})$   $\Delta H^\circ = +20,0 \text{ kJ}$ , justifica qué cambio experimentaría  $K_c$  si se eleva la temperatura de la reacción.
- (P.A.U. sep. 14)
4. Considera el siguiente 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 le ocurre al equilibrio si se disminuye la presión de la mezcla de reacción a temperatura constante.
- (P.A.U. jun. 14)
5. Explica razonadamente el efecto sobre el equilibrio:  $2 \text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(\text{g})$   $\Delta H^\circ = -221 \text{ kJ/mol}$
- Si se añade  $\text{CO}$ .
  - Si se añade  $\text{C}$ .
  - Si se eleva la temperatura.
  - Si aumenta la presión.
- (P.A.U. sep. 13)
6. Para la siguiente reacción:  $2 \text{NaHCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons 2 \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H < 0$ :
- Escribe la expresión para la constante de equilibrio  $K_p$  en función de las presiones parciales.

b) Razona como afecta al equilibrio un aumento de temperatura.

(P.A.U. jun. 13)

7. Considerando la reacción:  $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ , razona si las afirmaciones son verdaderas o falsas.

- a) Un aumento de la presión conduce a una mayor producción de  $\text{SO}_3$ .
- b) Una vez alcanzado el equilibrio, dejan de reaccionar las moléculas de  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_2$  entre sí.
- c) El valor de  $K_p$  es superior al de  $K_c$  a la misma temperatura.

d) La expresión de la constante de equilibrio  $K_p$  es:  $K_p = \frac{p^2(\text{SO}_2) \cdot p(\text{O}_2)}{p^2(\text{SO}_3)}$

(P.A.U. sep. 11)

8. a) Escribe la expresión de  $K_c$  y  $K_p$  para cada uno de los siguientes equilibrios:



b) Indica, de manera razonada, en qué casos  $K_c$  coincide con  $K_p$ .

(P.A.U. jun. 11)

9. Considera el equilibrio:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta H = -46 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . Razona qué le ocurre al equilibrio si:

- a) Se añade hidrógeno.
- b) Se aumenta la temperatura.
- c) Se aumenta la presión disminuyendo el volumen.
- d) Se extrae nitrógeno.

(P.A.U. sep. 10)

10. Si consideramos la disociación del  $\text{PCl}_5$  dada por la ecuación:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$   $\Delta H < 0$ . Indica razonadamente qué le ocurre al equilibrio:

- a) Al aumentar la presión sobre el sistema sin variar la temperatura.
- b) Al disminuir la temperatura.
- c) Al añadir cloro.

(P.A.U. jun. 09)

11. Dado el siguiente equilibrio  $\text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{S}(\text{s})$ , indica si la concentración de sulfuro de hidrógeno aumentará, disminuirá o no se modificará si:

- a) Se añade  $\text{H}_2(\text{g})$
- b) Disminuye el volumen del recipiente.

(P.A.U. sep. 07)

12. Para el sistema gaseoso en equilibrio  $\text{N}_2\text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g})$ , ¿cómo afectaría la adición de  $\text{NO}(\text{g})$  al sistema en equilibrio? Razona la respuesta.

(P.A.U. jun. 06)

13. Escribe la expresión de la constante de equilibrio (ajustando antes las reacciones) para los siguientes casos:

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

(P.A.U. sep. 04)

14. En una reacción  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{AB}$ , en fase gaseosa, la constante  $K_p$  vale 4,3 a la temperatura de  $250^\circ\text{C}$  y tiene un valor de 1,8 a  $275^\circ\text{C}$ .

- a) Enuncia el principio de Le Chatelier.
- b) Razona si dicha reacción es exotérmica o endotérmica.
- c) En qué sentido se desplazará el equilibrio al aumentar la temperatura.

(P.A.U. jun. 04)

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