



**YES EL ESCORIAL**  
Departamento de Física y Química  
**EJERCICIOS DE QUÍMICA. 2º DE BACHILLERATO**  
**Equilibrio Químico**

Hoja 6

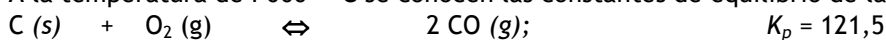
1. En un matraz cerrado de 5 L de capacidad y a la presión de 1 atm, se calienta una muestra de dióxido de nitrógeno hasta la temperatura constante de 327° C, con lo que se disocia según la reacción:



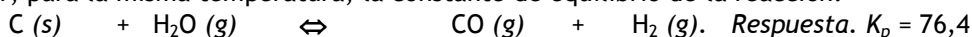
Una vez alcanzado el equilibrio, se enfría el matraz y se analiza la mezcla, encontrando que contiene: 3.45 g de NO<sub>2</sub>, 0.60 g de NO y 0.30 g de O<sub>2</sub>. Calcular los valores de las constantes K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub>

2. Para la disociación del N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, la constante de equilibrio K<sub>p</sub> vale 0.142 a 25° C. Calcular el grado de disociación a 25° C y 1.2 atm cuando en un matraz se introduce inicialmente 0.1 mol de N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.
3. A la temperatura de 400 °C y presión total de 10 atm, el amoníaco está disociado en un 90 por 100. Calcular los valores de K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub> para la reacción de formación del amoníaco a dicha temperatura. *Respuesta: K<sub>p</sub> = 3,26 · 10<sup>-4</sup>; K<sub>c</sub> = 0,993.*

4. A la temperatura de 1 000 °C se conocen las constantes de equilibrio de las reacciones:



Calcular, para la misma temperatura, la constante de equilibrio de la reacción:



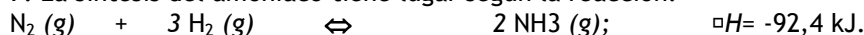
5. En un recipiente de 10 l se introducen 0,61 mol de CO<sub>2</sub> y 0,39 mol de H<sub>2</sub> y se calienta a 1 250 °C. Una vez alcanzado el equilibrio de la reacción:



se analiza la mezcla de gases encontrando que hay 0,35 mol de CO<sub>2</sub>. Calcular la composición de los otros gases en el equilibrio y el valor de la constante de equilibrio, a dicha temperatura. *Res.: H<sub>2</sub> = 0,13 mol, CO = H<sub>2</sub>O = 0,26 mol; K = 1,486.*

6. Una vez alcanzado el equilibrio en la reacción del ejercicio anterior, se añaden al recipiente 0,22 mol de H<sub>2</sub>, manteniendo constante la temperatura. Calcular la composición de la mezcla cuando se alcance de nuevo el equilibrio. *Res.: CO<sub>2</sub> = H<sub>2</sub> = 0,041 mol, CO = H<sub>2</sub>O = 0,569 mol.*

7. La síntesis del amoníaco tiene lugar según la reacción:



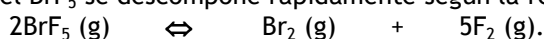
Predecir las condiciones más favorables de presión y temperatura para obtener el mayor rendimiento en amoníaco. En la industria (proceso Haber) se suele trabajar a unos 450 °C y hasta 1 000 atmósferas, utilizando, además; catalizadores. ¿Por qué se hace así?

8. Cuando 30 g de ácido acético, reaccionan con 46 g de alcohol etílico, a 25° C, se forman 36.96 g de acetato de etilo y una cierta cantidad de agua. Calcular la constante de equilibrio de esterificación. *Res.: K<sub>c</sub> = 3.8*

9. A partir de 150 g de ácido acético se desean obtener 166 g de acetato de etilo. Calcúlense los gramos de alcohol etílico que tendremos que utilizar, sabiendo que la constante de equilibrio de la reacción de esterificación es igual a 4,0. *Res.: 184 gramos.*

10. Al calentar pentacloruro de fósforo en un recipiente cerrado se descompone en tricloruro de fósforo y cloro molecular, con  $\Delta H > 0$ . Un recipiente de 4 dm<sup>3</sup> contiene inicialmente 1 mol de PCl<sub>5</sub>, se calienta hasta 500° C y una vez alcanzado el equilibrio la concentración de PCl<sub>5</sub> es de 0.19 mol dm<sup>-3</sup>. Calcular: a) el grado de disociación del PCl<sub>5</sub> en el equilibrio; b) las constantes de equilibrio K<sub>p</sub> y K<sub>c</sub>; c) la presión parcial de cada componente en el equilibrio; d) indica, razonándolo, si el grado de disociación del PCl<sub>5</sub> aumenta o disminuye o no cambia en los siguientes casos: 1) al aumentar la presión; 2) al disminuir la temperatura y 3) añadiendo un catalizador.

11. A temperatura elevada, el BrF<sub>5</sub> se descompone rápidamente según la reacción:



Una muestra de 0.100 moles de  $\text{BrF}_5$  se puso dentro de un recipiente de 10.0 L y se dejó que el sistema llegara al equilibrio a 1500 K. Si en el equilibrio la presión total de los gases es de 2.12 atm. Calcular: a) el número total de moles de gas que hay presentes; b) el número de moles de cada gas; c) las presiones parciales de cada gas; d) las constantes de equilibrio  $K_p$  y  $K_c$ . Res: a) 0.1724 moles; b)  $\text{BrF}_5$ :  $6.38 \cdot 10^{-2}$ ,  $\text{Br}_2$   $1.81 \cdot 10^{-2}$ ,  $\text{F}_2$   $9.05 \cdot 10^{-2}$  c)  $\text{BrF}_5$ : 0.785 atm;  $\text{Br}_2$ : 0.223 atm;  $\text{F}_2$  1.112 atm; d)  $K_p=0.614$ ;  $K_c=2.68 \cdot 10^{-9}$

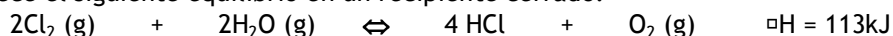
12. En un recipiente cerrado se introducen 4.05 moles de  $\text{N}_2$  y 6.40 moles de  $\text{H}_2$ . Cuando se alcanza el equilibrio, se encuentra que se han formado 0.20 moles de  $\text{NH}_3$ . La presión total en el equilibrio es 1.0 atm y la temperatura permaneció constante durante todo el proceso. Determinar: a) los moles de  $\text{N}_2$  e  $\text{H}_2$  y los moles totales en el equilibrio; b) las presiones parciales de cada uno de los gases; c) calcula  $K_p$ . Res: a)  $\text{N}_2$ : 3.95 moles,  $\text{H}_2$ : 6.10 moles, moles totales 10.25; b)  $\text{N}_2$  0.385 atm,  $\text{H}_2$ : 0.595 atm,  $\text{NH}_3$ : 0.0195 atm; c)  $4.68 \cdot 10^{-3}$

13. A 100 °C y 1.0 atm, el Fe es oxidado por el vapor de agua hasta  $\text{FeO}$ , al mismo tiempo se desprende  $\text{H}_2$ . Cuando se alcanza el equilibrio en la reacción,  $P_{\text{H}_2} = 490$  mm Hg y la  $P_{\text{H}_2\text{O}} = 270$  mm Hg. Si el grado de disociación del agua a 100 °C y a 1.0 atm vale  $6.4 \cdot 10^{-7}$ . Calcula la presión de disociación del  $\text{FeO}$ . Comenta el resultado. Res:  $P_{\text{O}_2} = 7.96 \cdot 10^{-20}$  atm

14. En un recipiente de 1 L se introducen 2 moles de  $\text{N}_2$  y 6 moles de  $\text{H}_2$  a 400 °C, estableciéndose el equilibrio. Si la presión del gas en el equilibrio es de 288.2 atm. Calcula la  $K_p$  y la  $K_c$  a esa temperatura.

15. Para la reacción:  $\text{Sb}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sb}_2\text{O}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ , se cumple que  $\Delta H > 0$ . Explique que le sucede al equilibrio si: a) disminuye la presión a temperatura constante; b) se añade  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  a volumen y temperatura constantes. Explique que le sucede a la constante de equilibrio si: c) se añade un catalizador a presión y temperatura constantes; d) aumenta la temperatura.

16. Se establece el siguiente equilibrio en un recipiente cerrado:



Razone como afectaría a la concentración de  $\text{O}_2$ : a) la adición de  $\text{Cl}_2$ ; b) el aumento de volumen del recipiente; c) el aumento de la temperatura; d) la utilización de un catalizador

17. Dado el equilibrio:  $\text{A}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{A}(\text{g})$ ;  $\Delta H = 86$  kJ/mol

Conteste razonadamente a las cuestiones siguientes:

- ¿Es estable la molécula  $\text{A}_2$ ?
- ¿Cómo hay que variar la temperatura para favorecer un desplazamiento del equilibrio hacia la derecha?
- ¿Cómo influiría un aumento de presión en el valor de  $K_p$ ?
- ¿Cómo afectaría un aumento de presión en la disociación de  $\text{A}_2$ ?

18. El amoníaco reacciona a 298 K con oxígeno molecular y se oxida a monóxido de nitrógeno y agua, siendo su entalpía de reacción negativa.

- Formule la ecuación química correspondiente con coeficientes estequiométricos enteros.
- Escriba la expresión de la constante de equilibrio,  $K_p$ .
- Razona cómo se modificará el equilibrio al aumentar la presión total a 298 K si son todos los compuestos gaseosos a excepción del  $\text{H}_2\text{O}$  que se encuentra en estado líquido.
- Explique razonadamente cómo se podría aumentar el valor de la constante de equilibrio.

19. En un matraz de 250 ml se colocan 0.30 g de  $\text{N}_2\text{O}_4$ , se calienta a 50 °C. A esa temperatura el  $\text{N}_2\text{O}_4$  se disocia el 40% en  $\text{NO}_2$ . Calcular  $K_c$  y  $K_p$ . Masas atómicas N = 14; O = 16.

20. En un matraz de 1 L, en el que previamente se ha hecho el vacío, se introducen 0.0724 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  y se calienta a 35 °C. Parte del  $\text{N}_2\text{O}_4$  se disocia en  $\text{NO}_2$  y cuando se alcanza el equilibrio la presión total es 2,178 atmósferas. Calcule: a) el grado de disociación; b) la presión parcial del  $\text{N}_2\text{O}_4$  en el equilibrio; c) el valor de  $K_c$  y  $K_p$

21. El proceso de descomposición del  $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$  para dar  $\text{NH}_3(\text{g})$  y  $\text{HCl}(\text{g})$  tiene un  $\Delta H = 123.6 \text{ kcal/mol}$ , a cierta temperatura. Una vez alcanzado el equilibrio del proceso. A) razonar como afectaría a la concentración de  $\text{NH}_3$ : i) una disminución de la temperatura; ii) un aumento de la presión. B) explicar cómo afectaría a  $K_c$  un aumento de la temperatura. C) ¿Cómo afectaría a  $K_c$  un aumento de la concentración de  $\text{HCl}(\text{g})$ ? Res: a) i: disminuye, ii: disminuye; b) aumenta; c) no varía.
22. Para la reacción:  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{SO}_3(\text{g})$  a 350 K, las concentraciones en el equilibrio son  $[\text{NO}_2] = 0.2 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $[\text{SO}_2] = 0.6 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $[\text{NO}] = 4.0 \text{ mol L}^{-1}$ ;  $[\text{SO}_3] = 1.2 \text{ mol L}^{-1}$ . a) calcule el valor de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$ ; b) calcule las nuevas concentraciones en el equilibrio si a la mezcla anterior, contenida en un recipiente de 1 L, se le añade 1 mol de  $\text{SO}_2$  manteniendo la temperatura de 350 K.
23. Se introducen en un recipiente vacío 0.4 moles de  $\text{I}_2$  y 0.4 moles de  $\text{H}_2$  a 500 °C. En estas condiciones  $K_c = 40$  para la reacción:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$  Calcular una vez alcanzado el equilibrio: a) presión total del recipiente; b) Presiones parciales; c) ¿cuántos moles de cada uno de los reactivos quedan sin reaccionar?
24. El  $\text{N}_2\text{O}_4$  gas se descompone parcialmente a 45°C para dar  $\text{NO}_2$  gas. En un recipiente vacío, de un litro de capacidad, a 45°C se introducen 0,1 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  alcanzándose el equilibrio una presión de 3,18 atmósferas. Calcule:  
 a) Las constantes de equilibrio en función de las presiones y de las concentraciones.  
 b) El grado de disociación del  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Datos:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L} / \text{K}\cdot\text{mol}$
25. En un recipiente de 0,4 L se introduce 1 mol de  $\text{N}_2$  y 3 mol de  $\text{H}_2$  a la temperatura de 780 K. Cuando se establece el equilibrio para la reacción  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$ , se tiene una mezcla con un 28% en mol de  $\text{NH}_3$ . Determine:  
 a) El número de moles de cada componente en el equilibrio.  
 b) La presión final del sistema.  
 c) El valor de la constante de equilibrio,  $K_p$ . Datos.-  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
26. Se introducen 2 moles de  $\text{COBr}_2$  en un recipiente de 2 L y se calienta hasta 73°C. El valor de la constante  $K_c$  a esa temperatura, para el equilibrio es 0,09. Calcule en dichas condiciones: a) El número de moles de las 3 sustancias en el equilibrio. b) La presión total del sistema. c) El valor de la constante  $K_p$ . Dato:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .
27. En un reactor de 1 L, a temperatura constante, se establece el equilibrio:  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{SO}_3$ , siendo las concentraciones molares en el equilibrio:  $[\text{NO}_2] = 0,2$ ,  $[\text{SO}_2] = 0,6$ ,  $[\text{NO}] = 4,0$ ,  $[\text{SO}_3] = 1,2$ .  
 a) Calcular el valor de la  $K_c$  a esa temperatura  
 b) Si se añaden 0,4 moles de  $\text{NO}_2$  ¿Cuál será la nueva concentración de reactivos y productos cuando se restablezca de nuevo el equilibrio?
28. Indica, justificando brevemente la respuesta, si son ciertas o falsas las siguientes afirmaciones para la reacción en disolución acuosa  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C}$ , una vez que se ha alcanzado el equilibrio.  
 a) si en un equilibrio aumentamos la concentración de A, la constante de equilibrio disminuye.  
 b) si aumentamos la presión, la reacción se desplaza hacia la derecha, ya que en el segundo miembro hay menos moles de sustancia.  
 c) Si añadimos agua el equilibrio se desplazará de uno a otro sentido debido al cambio de las concentraciones.
29. A 298 K la solubilidad del bromuro de calcio es de  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ . calcula el  $K_s$  del bromuro de calcio a esa temperatura. Justifica cualitativamente que efecto cabe esperar si a 1 L de disolución saturada de bromuro de calcio se le añaden  $10 \text{ cm}^3$  de una disolución de bromuro potásico de la misma concentración.
30. A 1 L de disolución aturada de nitrato de plata de concentración  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ moles/L}$  se le añade gota a gota, una disolución 0,001 M de cloruro de sodio. Cuando se han adicionado  $1,8 \text{ cm}^3$  de esta disolución, aparece un precipitado.  
 a) escribe las reacciones que tienen lugar y especifica el compuesto que precipita.  
 b) calcula la constante del producto de solubilidad del precipitado que se ha formado.

c) Explica que se observará si se añade amoníaco a la disolución que tiene el precipitado. Datos:  $K_s(\text{AgCl})=1,8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_f([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)=1 \cdot 10^8$

31. A una disolución que contiene iones  $\text{Ag}^+$  y  $\text{Pb}^{2+}$  en una concentración  $2 \cdot 10^{-2}$  M. Para separarlos, se añade una disolución de HCl.

a) ¿qué ión precipitará primero?

b) ¿qué concentración debe alcanzar el ión cloruro para que empiece a precipitar el ión del apartado anterior?

c) ¿Cuál es la máxima concentración que puede alcanzar el ión cloruro antes de que empiece a precipitar el segundo ión?

d) ¿qué cantidad del ión que precipita en primer lugar queda en disolución cuando comienza a precipitar el segundo? Datos:  $K_s(\text{AgCl})=1,8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_s(\text{PbCl}_2)=1,7 \cdot 10^{-5}$

32. Calcular las concentraciones de los iones plata y cromato en una disolución saturada de cromato de plata. Datos:  $K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)=1,9 \cdot 10^{-12}$ ; *res:*  $[\text{Ag}^+] 15,6 \cdot 10^{-5}\text{M}$ ;  $[\text{CrO}_4^{2-}] 7,8 \cdot 10^{-5}$  M.

33. La solubilidad del sulfato de bario en agua pura es de 0,00245 g/L, a 25°. Calcular el producto de solubilidad del sulfato de bario a esta temperatura. *Res:*  $K_s(\text{BaSO}_4)=1,10 \cdot 10^{-10}$ .

34. La solubilidad del fluoruro de bario en agua pura es de 1,30 g/L, a 25°. Calcular: a) a esa temperatura el producto de solubilidad del  $\text{BaF}_2$ ; b) la solubilidad del  $\text{BaF}_2$  ( en mol/L) en una disolución acuosa 1 M de  $\text{BaCl}_2$ . *Res:*  $K_s = 1,63 \cdot 10^{-6}$ ;  $6,4 \cdot 10^{-4}$  moles/L.

35. el producto de solubilidad del hidróxido de magnesio es  $1,2 \cdot 10^{-11}$ , a 25°. Calcular la solubilidad en g/L de dicho hidróxido. A) en agua pura; b) en una disolución de hidróxido sódico de pH=12. *Res.*  $8,45 \cdot 10^{-3}$  g/L;  $7,0 \cdot 10^{-6}$  g/L

36. Cuando una disolución acuosa de cloruro de magnesio se le añade otra de hidróxido de sodio, se forma un precipitado blanco. A continuación, si se le adiciona una disolución de ácido clorhídrico, el precipitado se disuelve. Explicar los hechos escribiendo los procesos correspondientes en ambos procesos.

37. El producto de solubilidad del  $\text{Al}(\text{OH})_3$  a 25° es  $2,0 \cdot 10^{-33}$ . Calcular la concentración de iones  $\text{Al}^{3+}$  máxima que puede existir en disolución sin que precipite el hidróxido: a) en agua pura; b) en una disolución ácido de pH=5,0; c) en una disolución ácida de pH = 3,0. *Res:*  $2,0 \cdot 10^{-12}\text{M}$ ,  $2,0 \cdot 10^{-6}\text{M}$ ;  $2,0 \text{ M}$

38. En una disolución que contiene iones cloruro y yoduro en concentración 0,01 M. al ir añadiendo a la disolución una sal de plata ¿qué concentración permitiremos que alcance esta para que solo precipite el Ag I? Datos:  $K_s(\text{AgCl})=1,0 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_s(\text{AgI})=1,7 \cdot 10^{-16}$ . *Res:*  $10^{-14} < [\text{Ag}^+] > 10^{-8}$ .

39. Calcula la solubilidad del AgCl en : a) en agua pura; b) disolución de amoníaco 0.1 M. Datos:  $K_s(\text{AgCl})=1,7 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_f([\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+)=1,0 \cdot 10^8$ . *Res:*  $1,3 \cdot 10^{-5}\text{M}$  y  $0,013 \text{ M}$

40. Se añade  $\text{AgNO}_3$  a 1 L de una disolución que contiene 0.1 moles de  $\text{Cl}^-$  y 0.1 moles de  $\text{PO}_4^{3-}$ . Suponiendo que el volumen de la disolución siempre es 1L, determina: a) la cantidad, en gramos, de  $\text{AgNO}_3$  que tenemos que añadir para que aparezca un precipitado; b) cuál es el primer precipitado que aparece; c) la máxima cantidad de  $\text{AgNO}_3$  que podemos añadir a la disolución sin que aparezca una segunda sustancia precipitada. Datos:  $K_s(\text{AgCl})=1,8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_s(\text{Ag}_3\text{PO}_4)=2,6 \cdot 10^{-18}$ . *Res:*  $3.06 \cdot 10^{-7}$  g/L;  $5.03 \cdot 10^{-4}$  g/L