

EQUILIBRIO QUÍMICO

CUESTIONES

- (1987) La solubilidad del acetato de plata ($M = 167$) es $1,02 \text{ g}/100 \text{ mL}$, ¿Cuál es su producto de solubilidad?
 - $3,7 \cdot 10^{-3}$
 - $6,1 \cdot 10^{-3}$
 - $7,8 \cdot 10^{-4}$
 - $3,7 \cdot 10^{-5}$
- (1988) Si el producto de solubilidad del $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ es $2,6 \cdot 10^{-13}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. calcular la solubilidad del yodato de plomo(II) en agua.
 - $6,5 \cdot 10^{-14}$
 - $5,1 \cdot 10^{-7}$
 - $4,0 \cdot 10^{-5}$
 - $5,1 \cdot 10^{-6}$
 - $6,0 \cdot 10^{-7}$
- (1988) Dado: $\text{Ag}^+ (\text{ac}) + 2 \text{NH}_3 (\text{ac}) \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ (\text{ac})$; $K = 1,6 \cdot 10^{-7}$. Calcular la solubilidad molar del AgCl (s) en una disolución en el que la concentración de equilibrio del NH_3 es 2 M . El producto de solubilidad del AgCl es $1,8 \cdot 10^{-10}$.
 - 0,17
 - 0,000013
 - 0,049
 - 0,097
 - 0,0029
- (1990) El carbonato de cadmio(II) y el carbonato de plata(I) tiene, aproximadamente, la misma constante del producto de solubilidad a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. ¿Cuáles serán sus solubilidades molares en agua a $25 \text{ }^\circ\text{C}$?
 - Iguales
 - La solubilidad del carbonato de cadmio es mayor que solubilidad molar del carbonato de plata
 - La solubilidad del carbonato de cadmio es menor que solubilidad molar del carbonato de plata
- (1990) ¿Cuál es la solubilidad del $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en una disolución de NaOH de $\text{pH} = 11$? La K_{ps} del $\text{Mg}(\text{OH})_2$ es $3,40 \cdot 10^{-11}$
 - $1,70 \cdot 10^{-6} \text{ g/L}$
 - $3,96 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$
 - $1,98 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$
 - $8,50 \cdot 10^{-7} \text{ g/L}$
 - $5,20 \cdot 10^{-5} \text{ g/L}$
- (1994) La solubilidad del acetato de plata (peso molecular = 167 uma) es $10,2 \text{ g/L}$, ¿Cuál será su producto de solubilidad
 - $1,3 \cdot 10^{-5}$
 - $1,0 \cdot 10^{-7}$
 - $1,8 \cdot 10^{-8}$
 - $1,8 \cdot 10^{-11}$

A mí me da $3,73 \cdot 10^{-3}$
- (2004) La relación entre la solubilidad en agua, s y K_{ps} , para el sólido iónico $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (s) es :
 - $K_{\text{ps}} = s^3$
 - $K_{\text{ps}} = s$

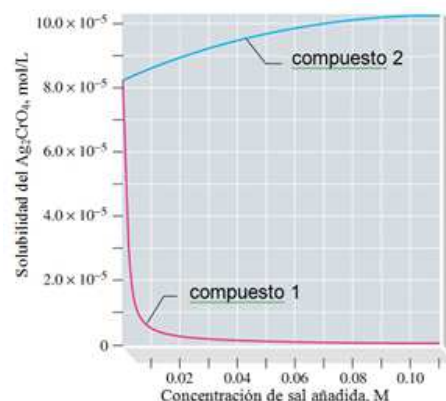
- c. $K_{ps} = s^2$
d. $K_{ps} = 4 s^3$
e. $K_{ps} = 2 s^3$
f. $K_{ps} = 2 s^2$
8. (2004) Los productos de solubilidad del sulfato de estroncio y fluoruro de plomo (II) son $2,8 \cdot 10^{-7}$ y $2,7 \cdot 10^{-8}$ respectivamente.
Se puede afirmar que:
a. Las solubilidades son la raíz cuadrada de sus respectivos productos de solubilidad
b. La solubilidad del fluoruro de plomo es mayor que la del sulfato de estroncio
c. Las solubilidades son aproximadamente iguales
d. Los productos de solubilidad de ambas sales aumentan con el pH
e. No es posible conocer la solubilidad con este dato
9. (2004) Los valores del producto de solubilidad de las sales MX, QX₂ y A₂X₃, son iguales a $4,0 \cdot 10^{-12}$
¿Cuál de las sales es más soluble?
a. MX
b. QX₂
c. A₂X₃
d. Las tres tienen la misma solubilidad.
10. (2004) Teniendo en cuenta el siguiente sistema en equilibrio: $PbSO_4(s) \rightleftharpoons SO_4^{2-}(ac) + Pb^{2+}(ac)$; $\Delta H > 0$
a. Se disolverá más sólido si se disminuye la temperatura
b. Se disolverá más sólido si se diluye al doble la disolución
c. Si se concentra la disolución, aumentará la concentración de Pb^{2+}
d. Si se añade $Pb(NO_3)_2(s)$, disminuirá la concentración de Pb^{2+}
11. (2010, 2012) A una disolución acuosa saturada de $BaSO_4$ y a temperatura constante, se le añaden unos gramos de Na_2SO_4 hasta su total disolución. ¿Cuál será el efecto sobre la disolución de $BaSO_4$?
a. Disminuye $[Ba^{2+}]$
b. Disminuye $[SO_4^{2-}]$
c. Aumenta la solubilidad del $BaSO_4$
d. Aumenta el Ps del $BaSO_4$.
12. (2010) El $Mg(OH)_2$ es un compuesto muy poco soluble en agua pura. ¿Qué ocurrirá si a una disolución precipitada de $Mg(OH)_2$ se le añade NH_4Cl ?
a. Precipitará más hidróxido al modificar el pH
b. La solubilidad del hidróxido no se verá afectada
c. La solubilidad aumenta porque el pH disminuye
d. No se puede contestar sin el dato del Producto de Solubilidad
13. (2011) El producto de solubilidad del hidróxido de calcio es $5,5 \cdot 10^{-6}$. Una disolución saturada de este compuesto tendrá un pOH de:
a. 1,65
b. 6,28
c. 7,00
d. 12,35
14. (2011) En 0,75 L de una disolución de KOH de pH = 10, la masa en gramos de magnesio que se puede disolver es: $K_{ps}[Mg(OH)_2] = 3,4 \cdot 10^{-11}$
a. 10^{-4}
b. $3,4 \cdot 10^{-3}$
c. 0,062

- d. 0,62
15. (2011) ¿Cuál será la concentración del ion cloruro que se obtiene al colocar 2 g de cloruro de plomo (II) en 100 mL de agua pura si el producto de solubilidad es $K_{ps} = 10^{-9,8}$? Masas atómicas (u): Cl: 35,45; Pb: 207,19
- $1,4 \cdot 10^{-4}$ M
 - $2,2 \cdot 10^{-4}$ M
 - $3,4 \cdot 10^{-4}$ M
 - $6,8 \cdot 10^{-4}$ M
16. (2012) La expresión del producto de solubilidad (K_{ps}) para el $Pb(IO_3)_2$ es:
- $[Pb^{4+}] \cdot [IO_3^{2-}]$
 - $[Pb^{2+}] \cdot [2 IO_3^-]$
 - $[Pb^{2+}] \cdot [IO_3^-]^2$
 - $[Pb^{2+}] \cdot [2 IO_3^-]^2$
17. (2012) Señale la afirmación correcta:
- Al ser el cloruro de plata una sal muy insoluble, su disolución saturada de esta sal es muy concentrada
 - Todos los hidróxidos insolubles se hacen más solubles en medio alcalino
 - Todos los hidróxidos insolubles se hacen más solubles en medio ácido
 - En una disolución saturada de cloruro de bario $[Ba^{+2}] [Cl^-] = K_{ps}$.
18. (2013) En sendos tubos de ensayo A y B se introducen, respectivamente, una disolución amarilla de cromato de potasio y una disolución naranja de dicromato de potasio. Al añadir a cada tubo unas gotas de disolución de hidróxido de sodio y teniendo en cuenta el equilibrio: $2 CrO_4^{2-} (ac) + 2 H^+ (ac) \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-} (ac) + H_2O (l)$:
- El tubo A se vuelve naranja y el B amarillo
 - En el tubo A no se observa ninguna variación y el B se vuelve amarillo
 - En el tubo B no se observa ninguna variación y el A se vuelve naranja
 - No hay ninguna variación en ninguno de los tubos
19. (2013) Señale para cuál de las siguientes sales la solubilidad no aumenta al disminuir el pH:
- AgCl
 - CaCO₃
 - Ni(OH)₂
 - Zn(HCO₃)₂
20. (2013) ¿Cuántos miligramos de hidróxido de magnesio se pueden disolver en 200 mL de una disolución de sosa de pH 11?
 Datos: $K_s(\text{hidróxido de magnesio}) = 7,1 \cdot 10^{-12}$
- $5,7 \cdot 10^{-8}$
 - $5,7 \cdot 10^{-5}$
 - $8,3 \cdot 10^{-5}$
 - $8,3 \cdot 10^{-2}$
21. (2014) Un gran exceso de MgF₂, sal poco soluble, se añade a 1,0 litros de agua para producir una disolución saturada de MgF₂. A esta disolución se le añade 1,0 litros de agua, se agita y se observa que sigue quedando precipitado de fluoruro de magnesio en el recipiente. Cuando se establece el equilibrio, manteniendo la temperatura constante, la concentración de $[Mg^{2+}]$ en la disolución comparada con la disolución inicial es:
- Igual
 - Doble
 - La mitad
 - Un valor distinto de los anteriores

22. (2014) Para el PbCl_2 : $K_s = 1,7 \cdot 10^{-5}$ y para el AgCl : $1,72 \cdot 10^{-10}$. Si a una disolución saturada de cloruro de plomo(II), añadimos lentamente otra que contiene el catión Ag^+ ,
- La cantidad de cloruro de plomo(II) precipitada aumenta
 - Parte del cloruro de plomo(II) se redisuelve
 - No se puede responder sin conocer la concentración del catión plata(1+)
 - Precipitará cloruro de plata y permanecerá invariable la cantidad de cloruro de plomo(II) precipitado

23. (2014) En el gráfico se comparan los efectos sobre la solubilidad, al añadir dos compuestos a una disolución saturada de Ag_2CrO_4 . Los compuestos 1 y 2 son:

Compuesto 1	Compuesto 2
a. KNO_3	KCl
b. KNO_3	K_2CrO_4
c. K_2CrO_4	AgCl
d. K_2CrO_4	KNO_3



24. (2014) En una disolución acuosa saturada de CaCO_3 , la solubilidad aumenta al añadir:

- HCl
- H_2O
- NaOH
- Na_2CO_3

25. (2015) A 5,0 g de $\text{Fe}(\text{OH})_2$ se añade agua a 25°C hasta un volumen de 100 mL. La concentración de iones hidróxido en la disolución resultante es:

Datos: $K_s(\text{Fe}(\text{OH})_2) = 1,64 \cdot 10^{-14}$

- $3,2 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
- $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
- $6,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
- 1,11 M

26. (2015) A una disolución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ se le añade gota a gota una segunda disolución en la que: $[\text{Cl}^-] = [\text{F}^-] = [\text{I}^-] = [\text{SO}_4^{2-}] = 0,001 \text{ M}$. ¿Cuál es el primer precipitado que se forma?

- PbCl_2 ($K_s = 1,5 \cdot 10^{-5}$)
- PbF_2 ($K_s = 3,7 \cdot 10^{-8}$)
- PbI_2 ($K_s = 8,5 \cdot 10^{-9}$)
- PbSO_4 ($K_s = 1,8 \cdot 10^{-8}$)

27. (2015) Tenemos 250 mL de una disolución saturada de AgCl . Si se evaporan 50 mL de agua:

- Aumentará la concentración de AgCl en la disolución
- Disminuirá la concentración de AgCl en la disolución
- No variará la concentración de AgCl en la disolución
- No variará la cantidad de AgCl en la disolución

Compuesto	K_s
BaF_2	$1,84 \cdot 10^{-7}$

28. (2016) Para las siguientes sustancias, el orden en que aumenta su solubilidad en agua es:
- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Ba(IO ₃) ₂ | 4,01·10 ⁻⁹ |
| PbF ₂ | 3,30·10 ⁻⁸ |
| Pb(IO ₃) ₂ | 3,69·10 ⁻¹³ |
- BaF₂ ; Ba(IO₃)₂ ; PbF₂ ; Pb(IO₃)₂
 - BaF₂ ; PbF₂ ; Ba(IO₃)₂
 - Pb(IO₃)₂; PbF₂ ; Ba(IO₃)₂ ; BaF₂
 - Pb(IO₃)₂; Ba(IO₃)₂ ; PbF₂ ; BaF₂
29. (2016) La solubilidad del Mn(OH)₂ en agua es de 3,6·10⁻⁵ mol·L⁻¹. El pH máximo para que **NO** precipite el hidróxido de manganeso(II) en una disolución que es 0,06 M en Mn²⁺ será:
- 8,2
 - 8,5
 - 8,8
 - 9,1
30. (2016) El producto de solubilidad del fluoruro de calcio a 25°C vale 3,2×10⁻¹¹, la masa en gramos de fluoruro de calcio que se ha disuelto para generar 100 mL de una disolución acuosa saturada es:
- Datos: Masas atómicas (u): F = 19,0; Ca = 40,1
- 0,00002
 - 0,00020
 - 0,00156
 - 0,01560
31. (2017) Si mezclamos 0,1 mL de una disolución acuosa de cloruro de bario (BaCl₂) 0,05 M con 0,1 mL de otra disolución acuosa de sulfato de potasio (K₂SO₄) 0,10 M y agua hasta un volumen total de 1,00 L de disolución, indique la afirmación correcta,
- Dato: K_{ps} (BaSO₄) = 1,08·10⁻¹⁰
- La concentración de K⁺ en la disolución, una vez alcanzado el equilibrio, será de 2,0·10⁻³ M
 - No precipitará ninguna sal
 - Precipitará cloruro de potasio
 - Precipitará sulfato de bario
32. (2017) La solubilidad molar del sulfuro de hierro(III), Fe₂S₃, en agua, en términos de su producto de solubilidad, vale:
- $s = \sqrt[5]{K_{ps}}$
 - $s = \sqrt{K_{ps}}$
 - $s = \sqrt[5]{\frac{K_{ps}}{5}}$
 - $s = \sqrt[5]{\frac{K_{ps}}{108}}$
33. (2017) A 25 °C la constante del producto de solubilidad en agua del hidróxido de plata, AgOH, es 2,0·10⁻⁸. Para esa temperatura, la solubilidad del hidróxido de plata en una disolución de pH = 13 es
- 5,4·10⁻⁷ M
 - 3,6·10⁻⁷ M
 - 2,0·10⁻⁷ M
 - 2,0·10⁻⁸ M

PROBLEMAS

- I. (III-1989) A 630 °C y P = 1 atm, la densidad del gas obtenido por vaporización del SO₃ es 9,27·10⁻⁴ g/mL. Averiguar el grado de disociación del SO₃ en SO₂ y O₂
- II. (VI-1992) La reacción $2 \text{IBr (g)} \rightleftharpoons \text{I}_2 \text{(g)} + \text{Br}_2 \text{(g)}$, a una temperatura dada, tiene una constante de equilibrio K_c de 2,5·10⁻³. calcular la concentración de cada una de las tres especies cuando se alcanza el equilibrio a partir de:
- 0,40 moles de IBr
 - 0,20 moles de Br₂ y 0,20 moles de I₂
 - 0,20 moles de Br₂, 0,20 moles de I₂ y 0,20 moles de IBr
- III. (VI-1992) El producto de solubilidad del cromato de plata a 25 °C es 9,0·10⁻¹². Hallar su solubilidad en g/L:
- En agua pura
 - En una disolución que es 0,005 M en iones plata
 - En una disolución que es 0,005 M en iones cromato
- IV. (VII-1993) Calcular la cantidad de cloruro de plata sólido que habrá que añadir a 20 L de agua pura para obtener una disolución saturada de cloruro de plata. Determinar la masa del precipitado originado cuando a dicha disolución se le añade:
- 2,40·10⁻⁴ mol de HCl
 - 2,40·10⁻⁴ mol de HCl y 2,40·10⁻⁴ mol de AgNO₃
- Suponer que el volumen se mantiene constante durante el proceso.
DATOS: K_s (AgCl) = 1,72·10⁻¹⁰
- V. (VIII-1994) La constante de equilibrio, K_p, para la reacción de descomposición del tetraóxido de dinitrógeno es 0,672 a 45 °C. en un recipiente de 2,5 L, en el que previamente se ha hecho el vacío, se inyectan 4,00 g de tetróxido de dinitrógeno, y se calienta a 45 °C. Calcula, una vez que se ha alcanzado el equilibrio: a) la presión que se alcanza en el interior del recipiente, b) la composición volumétrica de la mezcla, c) su densidad.
- VI. (IX-1995) para la reacción de disociación de un mol de pentacloruro de fósforo K_c(250 °C) = 9,00·10⁻³ y ΔH⁰ = 92,5 kJ
- Calcule K_p a esa temperatura
 - Se introducen en un recipiente de 3,00 L, previamente vacío, 20,0 g de pentacloruro de fósforo y 25,0 g de cada uno de los productos y se calientan a 250 °C, calcule las concentraciones y las presiones parciales en el equilibrio.
 - Cuando la mezcla está en equilibrio se comunica el recipiente con otro de igual volumen, ¿en qué sentido evolucionará el sistema?
 - Cuando de nuevo se haya alcanzado el equilibrio se calienta el recipiente hasta 2500 °C, ¿en qué sentido evolucionará el sistema? ¿variará la constante de equilibrio?
- VII. (IX-1995) Considérese en un recipiente de 2 L el siguiente sistema en equilibrio:
- $$\text{CO}_2 \text{(g)} + \text{H}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O (g)} + \text{CO (g)}$$
- Constituido por 0,25 moles de CO₂, 0,25 moles de H₂, 0,5 moles de H₂O y 0,5 moles de CO.
- Si, manteniendo la temperatura constante, el volumen se reduce a la mitad, ¿qué ocurrirá?, ¿qué cantidad de moles de cada una de las sustancias integrantes del sistema habrá?, ¿cuál será la concentración de cada una?, ¿qué densidad tendrá la muestra?
 - A continuación se eliminar 0,22 moles de hidrógeno, ¿qué ocurre?, ¿cuál será, una vez alcanzado el equilibrio la concentración y número de moles de cada componente?
- VIII. (IX-1995) El pH de una disolución saturada de hidróxido de magnesio en agua pura es 10,49. Calcule el pH si a 500,0 mL de la disolución se le añaden 5,350 g de cloruro de magnesio.
Suponga que la sal está totalmente disociada en sus iones y que su volumen es despreciable

- IX. (XI-1997) El equilibrio $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ se consigue introduciendo 2 g de N_2O_4 y calentando a 60°C y 1 atm, en un recipiente de 6 L. Medida la cantidad de NO_2 una vez conseguido el equilibrio resultó ser 0,02 moles. Calcula:
- K_c y K_p a esa temperatura.
 - Si se hubiese partido de 0,5 moles de N_2O_4 en el mismo recipiente y a igual temperatura, calcula el grado de disociación y las presiones parciales de cada componente de la mezcla en equilibrio.
 - Si partiendo del primer equilibrio se reduce el volumen del recipiente a la mitad, calcula las nuevas concentraciones en el nuevo equilibrio
- X. (XI-1997) Considérese el siguiente sistema químicos $\text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} (\text{g}) + \text{CO} (\text{g})$. Un recipiente de 2,00 L contiene 0,48 moles de H_2 , 0,96 moles de H_2O y 0,96 moles de CO en equilibrio. Para aumentar la concentración de CO en equilibrio pueden utilizarse dos procedimientos: añadir hidrógeno o eliminar agua.
- ¿Cuántos gramos de hidrógeno deben añadirse para que la concentración de CO sea 0,60 M?
 - ¿Cuántos gramos de agua deben eliminarse para que la concentración de CO sea 0,60 M?
 - Indica cualitativamente otro procedimiento que permita aumentar la concentración de CO en el equilibrio
- XI. (XIII-1999) A 400°C y 10 atm, el amoníaco está disociado en un 98 % en sus elementos:
- Calcular K_p y K_c para este equilibrio
 - Si a esa temperatura, partimos de 6 g de amoníaco en un recipiente de 5 L, ¿cuáles serán las concentraciones de cada especie en el equilibrio?
 - Una vez establecido el equilibrio se añade un mol de hidrógeno, ¿qué ocurrirá?, ¿cuáles serán las nuevas concentraciones en el equilibrio?
- XII. (XIV-2000) En un matraz de 1 litro a 400°C se introducen 0,03 moles de yoduro de hidrógeno gaseosos y se cierra. Una vez alcanzado el equilibrio, el yoduro de hidrógeno sea descompuesto parcialmente en yodo e hidrógeno gaseoso según la ecuación:
- $$\text{Yoduro de hidrógeno (g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{yodo (g)} + \frac{1}{2} \text{hidrógeno (g)}$$
- Siendo la fracción molar del yoduro de hidrógeno, en equilibrio, igual a 0,80. Calcula:
- El valor de la constante de equilibrio K_c
 - La presión total y la de cada uno de los componentes en el equilibrio
 - El valor de la constante de equilibrio K_p
- XIII. (XV-2001) En un recipiente que tiene una capacidad de 2 litros se introducen 1,704 g de fosgeno, COCl_2 , a una temperatura de 300 K, que se descompone en monóxido de carbono y cloro. Una vez establecido el equilibrio, la presión dentro del recipiente es de 230 mm de Hg.
- Determina:
- El nº de moles de cada gas en el equilibrio
 - La fracción molar y la presión parcial de cada componente en el equilibrio.
 - Los valores de K_c y K_p .
 - Si aumentamos en 20 g la cantidad de cloro, calculalos moles de cada sustancia en el equilibrio.
- XIV. (XVI-2002) Se introdujo en un recipiente una mezcla de 187 g de metano y 272 g de sulfuro de hidrógeno junto a un catalizador de Pt, estableciéndose a 700°C y 762 torr, la siguiente reacción:
- $$2 \text{H}_2\text{S} (\text{g}) + \text{CH}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 4 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{CS}_2 (\text{g}); \Delta H < 0$$
- La mezcla de la reacción se separó del catalizador y se enfrió a temperatura ambiente. Al analizar la mezcla se encontraron 0,711 moles de CS_2 . Calcular:
- K_c , K_p , K_x a 700°C
 - La presión total de equilibrio
 - Determinar si el proceso es espontáneo o no a esa temperatura. Explica todos los pasos que te llevan a la resolución de este apartado.
 - Explicar cómo afectaría al equilibrio las siguientes variaciones
 - Aumento de la presión total
 - Disminución de la concentración de metano
 - Aumento de la temperatura

XV. (XVII-2003) Dada la reacción: $\text{SnO}_2(\text{s}) + 2 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 160 \text{ Kcal}$.

- Calcular K_c a 500 °C para el equilibrio anterior sabiendo que una mezcla de las cuatro sustancias dio en equilibrio 0,1 moles de agua y 0,1 moles de hidrógeno molecular, en un recipiente de 1 litro.
- ¿Cuánto vale K_p ?
- Añadimos al equilibrio anterior 3 g hidrógeno molecular. ¿Cuáles serán las nuevas concentraciones de las sustancias en equilibrio?
- Si aumentamos la temperatura ¿Se formará más agua ? Contesta de forma razonada.
- Si disminuimos la presión. ¿Se obtendrá más cantidad de agua ó por el contrario se obtendrá más cantidad de hidrógeno? Razona la respuesta.

Datos: H= 1, Sn = 118,7; O= 16;

XVI. (XVIII-2004) El sulfato de cobre pentahidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, absorbiendo calor del ambiente, a 23 °C se transforma en $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ y vapor de agua. Entre los dos sólidos y el vapor de agua se establece en un recipiente cerrado un estado de equilibrio cuya constante vale, a 23 °C, $K_p = 1,00 \cdot 10^{-4}$.

- Representa mediante una ecuación el proceso de equilibrio.
- Establecer la expresión de K_p para el mismo.
- Calcular la presión que alcanzará en el equilibrio el vapor de agua, expresándola en mm Hg.
- ¿ En qué sentido se desplazará la reacción si se eleva la temperatura?
- La presión de vapor de agua a 23 °C vale 23,8 mm Hg. Si la mezcla en equilibrio se deja a 23 °C en el seno de aire de humedad relativa del 50 %. ¿ En qué sentido se desplazará la composición de la misma?.

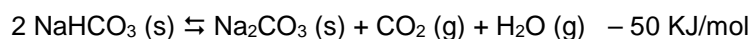
Razona todas las respuestas.

XVII. (XVIII-2004) El agua fluorada, utilizada para prevenirla caries dental, suele contener alrededor de 1 ppm de ión F^- , es decir, 1 g de F^- por cada 10^6 g de agua.

- ¿Cuál será la concentración molar del ión fluoruro?
- Si tenemos un agua dura, en la que existe una concentración de iones Ca^{+2} igual a 10^{-4} M. ¿ Se formará precipitado en el proceso de fluoración?
- Si añadimos una concentración de 10^{-2} M de ácido fluorhídrico. ¿ Qué ocurrirá?. Razona todo lo que hagas. ¿ Cuánto valdrá ahora la solubilidad?

Datos: $F = 19$; $K_s(\text{CaF}_2) = 4 \cdot 10^{-11}$

XVIII. (XIX-2005) Se introdujo cierta cantidad de NaHCO_3 en un recipiente vacío. A 120 °C se estableció el equilibrio siguiente:



cuando la presión del recipiente era 1720 mmHg. Calcula:

- Las presiones parciales del CO_2 y del H_2O en el equilibrio.
- El valor de K_p y K_c .
- Las concentraciones de las sustancias en el equilibrio.
- Si añadimos 1 gramo de NaHCO_3 . ¿Qué le ocurrirá a la cantidad de CO_2 ?
- Queremos obtener más cantidad de agua. ¿Cómo lo hacemos?
- Hacia donde se desplace el equilibrio si añadimos un catalizador.

XIX. (XXI-2007) Un recipiente cuyo volumen es de V litros contiene una mezcla de gases en equilibrio que se compone de 2 moles de pentacloruro de fósforo, 2 moles de tricloruro de fósforo y dos moles de cloro. La presión en el interior del recipiente es de 3 atm y la temperatura de 266°C.

Se introducen ahora una cierta cantidad de gas cloro, manteniendo constantes la presión y la temperatura, hasta que el volumen de equilibrio es de 2 V litros. Se desea saber:

- El volumen V del recipiente.
- El valor de las constantes k_c y k_p en el equilibrio.
- El número de moles de cloro añadido.
- Los valores de las presiones parciales en el equilibrio, tras la adición de cloro.

XX. (XXIV-2010) En un recipiente de 5 litros de capacidad se introducen 0,1 mol de una sustancia A, 0,1 mol de otra sustancia B y 0,1 mol de otra C. El sistema alcanza el equilibrio a la temperatura de 500 K, de acuerdo a la ecuación química: $2 A (g) + B (g) \rightleftharpoons 2 C (g)$ siendo entonces la presión en el recipiente de 2,38 atm. Se sabe que el valor de K_c está comprendido entre 100 y 150. Con estos datos:

- Razonar en qué sentido evolucionará la reacción hasta que alcance el equilibrio. **(0,3 puntos)**
- Calcular las concentraciones de cada especie en el equilibrio. **(0,9 puntos)**
- Determinar el valor exacto de K_c . **(0,2 puntos)**
- ¿Cuál será la presión parcial de cada uno de los gases en el equilibrio? **(0,6 puntos)**

XXI. (XXIV-2010) El amoníaco es una sustancia muy importante en la sociedad actual al ser imprescindible en la obtención de tintes, plásticos, fertilizantes, ácido nítrico, productos de limpieza, como gas criogénico, explosivos y fibras sintéticas entre otros productos. Su síntesis fue realizada por F. Haber en 1908, mientras que K. Bosh desarrolló la planta industrial necesaria para ello en 1913.

El proceso que tiene lugar es un equilibrio en fase gaseosa: $\frac{1}{2} N_2 (g) + \frac{3}{2} H_2 (g) \rightleftharpoons NH_3 (g)$

Algunos datos termodinámicos de las especies implicadas se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 1

Sustancia	$\Delta H^0_{\text{formación}}$ (kJ·mol ⁻¹)	S^0 (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)
H ₂ (g)	0	+ 131
N ₂ (g)	0	+ 192
NH ₃ (g)	- 46	+ 193

F. Haber obtuvo el premio Nóbel de Química del año 1918 por su descubrimiento y, en el discurso de recepción del premio, dio los siguientes datos referentes al equilibrio citado más arriba:

Tabla 2

t(°C)	K _p	K _c	Fracción molar de NH ₃ en el equilibrio			
			1 atm	30 atm	100 atm	200 atm
200	0,66	26	0,15	0,68	0,81	0,86
400	0,014	0,76	4,4·10 ⁻³	0,11	0,25	0,36
600	1,5·10 ⁻³	0,11	4,9·10 ⁻⁴	0,014	0,045	0,083
800	3,6·10 ⁻⁴	0,032	1,2·10 ⁻⁴	3,5·10 ⁻³	0,012	0,022
1000	1,4·10 ⁻⁴	0,014	4,4·10 ⁻⁵	1,3·10 ⁻³	4,4·10 ⁻³	8,7·10 ⁻³

El proceso tiene lugar introduciendo nitrógeno e hidrógeno (obtenidos previamente) en proporción estequiométrica en el reactor en unas condiciones de 450 °C y entre 200 y 700 atm de presión, usando un catalizador. En las condiciones indicadas la conversión en un solo paso (ver tabla 2) es muy baja por lo que los gases que salen del reactor se enfrían condensando y eliminando el amoníaco formado y reintroduciendo el nitrógeno e hidrógeno no combinados de nuevo en el reactor.

Las condiciones de presión y temperatura vienen fijadas por criterios no sólo termodinámicos sino también cinéticos; el catalizador es hierro preparado especialmente de modo que tenga una gran superficie.

- A partir de los datos termodinámicos de la tabla 1 y suponiendo, en primera aproximación, que las magnitudes termodinámicas no varían con la temperatura, determinar el intervalo de temperaturas en el que el proceso directo de formación del amoníaco será espontáneo. **(0,3 puntos)**
- Representar y etiquetar el diagrama energético del proceso tanto si ocurriese en fase gaseosa y ausencia del catalizador como en presencia del mismo comentando las diferencias entre ambos casos. **(0,3 puntos)**
- Justificar, con detalle, la variación observada de los valores de la fracción molar de amoníaco en el equilibrio (tabla 2), en función de la temperatura y presión. **(0,5 puntos)**
- Justificar la influencia que tiene el catalizador y la eliminación del amoníaco formado sobre el rendimiento en la producción de amoníaco **(0,3 puntos)**
- En una experiencia de laboratorio se introdujeron un mol de nitrógeno y tres moles de hidrógeno en un recipiente de 0,58 L de capacidad a una temperatura de 300 °C y 200 atm de presión. Analizada la muestra en el equilibrio, se encontró que la fracción molar de amoníaco es 0,628. ¿Cuál es el valor de la constante de equilibrio en esas condiciones? **(0,6 puntos)**

XXII. (XXVI-2012) Se preparan 50 mL de dos disoluciones, una con 5,0 gramos de cloruro de calcio y otra con 5,0 gramos de carbonato de sodio. Se vierte una disolución sobre otra (podemos suponer que los volúmenes aditivos).

- a. Se observa la formación de un precipitado. Nombre y escriba la fórmula del compuesto que precipita. **0,3 puntos**
- b. Una vez realizada la precipitación, calcule la concentración de los iones presentes en la disolución. **0,5 puntos**

Filtramos la disolución, se seca y se pesa el precipitado.

- c. ¿Qué masa se obtiene? **0,4 puntos**

Mediante una espátula cogemos el precipitado y lo introducimos en un tubo de ensayo añadiendo unos pocos mililitros de disolución de ácido clorhídrico 1,0 M agitando suavemente hasta que desaparece todo el precipitado.

- d. ¿Cuántos mL de disolución ácida debe echar? **0,5 puntos**

- e. Mientras se añade la disolución de ácido clorhídrico se observa un burbujeo ¿de qué gas serán las burbujas? **0,3 puntos**

DATOS: $K_{ps}(\text{CaCO}_3) = 8,7 \cdot 10^{-9}$; Masas atómicas: C: 12,0 u; O: 16,0 u; Na: 23,0 u; Cl: 35,5 u; Ca: 40,1 u.

XXIII. (XXVII–2013) El agua potable contiene diversas sales (cloruro de sodio, cloruro de magnesio, etc.) cuyo contenido depende de su manantial de procedencia y del tratamiento recibido. Algunas aportan un cierto sabor al agua; por este motivo, el límite máximo admisible de iones cloruro en el agua potable es de 250 ppm (250 mg/L). Una de las técnicas empleadas para analizar el contenido de iones cloruro en una muestra de agua es el método de Mohr, que se basa en la formación de un compuesto insoluble con el ion plata (cloruro de plata).

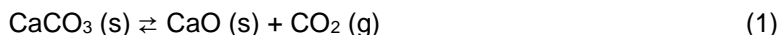
Como indicador se añaden unas gotas de disolución de cromato de potasio y luego se mide el volumen de una disolución de nitrato de plata, de concentración conocida, que debe añadirse antes de que aparezca un precipitado rojo de cromato de plata.

Para determinar la cantidad de cloruro que hay en un agua potable se valora una muestra de 25,0 mL de la misma con nitrato de plata 0,01 M, utilizando cromato de potasio como indicador. El color rojo ladrillo aparece cuando se han adicionado 15,0 mL de la sal de plata.

- a. Nombre y represente los materiales necesarios para realizar esta valoración, dibuje un esquema del procedimiento experimental e indique dónde se coloca cada sustancia usada. **0,5 puntos**
- b. Determine la solubilidad en agua de cada compuesto y razone si el cromato de potasio es un indicador adecuado. **1,0 puntos**
- c. Calcule el contenido de cloruros en el agua analizada y justifique si es apta para el consumo. **0,5 puntos**

Datos: $K_s(\text{cromato de plata}) = 1,9 \cdot 10^{-12}$; $K_s(\text{cloruro de plata}) = 1,6 \cdot 10^{-10}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ u}$.

XXIV. (XXVIII–2014) El término cal incluye el óxido de calcio (CaO, cal viva) y el hidróxido de calcio (Ca(OH)₂, cal apagada). Se utiliza en siderurgia para eliminar impurezas ácidas, en el control de la contaminación del aire para eliminar óxidos ácidos como el SO₂ y en el tratamiento del agua. La cal viva se obtiene industrialmente a partir de la descomposición térmica de piedra caliza (CaCO₃) en grandes hornos de cal. A 897°C la constante de equilibrio para la disociación del carbonato de calcio vale $K_p = 1 \text{ atm}$.



La cal viva es la fuente más barata de sustancias básicas, pero es insoluble en agua. Sin embargo, reacciona con agua para producir cal apagada. El Ca(OH)₂ tiene una solubilidad limitada, de manera que no puede utilizarse para preparar disoluciones acuosas de pH elevado. En cambio, si se hace reaccionar con un carbonato soluble, como el Na₂CO₃ (ac), la disolución que se obtiene tiene un pH mucho más alto.



- a. Si en un recipiente cerrado de 10 L se introducen 50 g de carbonato de calcio en atmósfera de nitrógeno, a 1 atm y 25°C, y a continuación se calienta hasta 897°C, determine la composición de la fase gaseosa cuando se alcance el equilibrio.(4 puntos)
- b. Calcule la fracción de carbonato de calcio que ha descompuesto.(3 puntos)
- c. Calcule el pH de una disolución acuosa saturada de Ca(OH)₂.(4 puntos)
- d. Considerando que la reacción (2) puede obtenerse combinando los equilibrios de solubilidad del Ca(OH)₂ y del CaCO₃, determine el valor de K_c para esta reacción.(5 puntos)
- e. Si la concentración inicial de carbonato de sodio en la disolución es 0,1 M, demuestre que el pH de la reacción (2) en el equilibrio es mayor que en la disolución saturada de Ca(OH)₂.(4 puntos)

DATOS: $K_s[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 5,5 \cdot 10^{-6}$; $s[\text{CaCO}_3] = 5,29 \cdot 10^{-6} \text{ M}$; Masas atómicas (u): C: 12,0; O: 16,0; Ca: 40,1.
 $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

XXV. (XXVIII–2014) En el año 1962, H. Claassen, H. Selig y J. Malm, publican la obtención y caracterización del tetrafluoruro de xenón, confirmándose que es posible obtener compuestos de algunos gases nobles (los de mayor número atómico).

A 200 °C la reacción de formación de este compuesto es un equilibrio químico que transcurre con un rendimiento del 60 %.

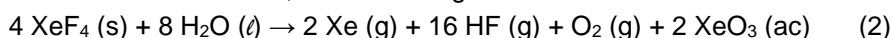


Partiendo de 0,40 moles de xenón y 0,80 moles de flúor en un recipiente cerrado de dos litros:

- Calcule el valor de K_c para la reacción (1) a 200 °C.....(5 puntos)
- Los moles adicionales de flúor que se deberían añadir si se quiere elevar el rendimiento de la reacción al 80 %.....(5 puntos)

Una vez alcanzado el equilibrio con el rendimiento del 60 %, lo congelamos bajando bruscamente la temperatura hasta 20 °C, con lo que obtenemos unos cristales incoloros de tetrafluoruro de xenón.

Esta sustancia, en ambientes húmedos, reacciona según la ecuación:



Sobre los cristales obtenidos añadimos lentamente agua, con lo que se produce la reacción (2) hasta la completa desaparición del tetrafluoruro de xenón.

El XeO_3 así obtenido se seca a baja temperatura y en ausencia de sustancias orgánicas ya que, en estas condiciones, se descompone violentamente en sus elementos. Si subimos la temperatura bruscamente hasta 30 °C y provocamos esta descomposición violenta en un recipiente hermético de 2,00 L,

- Halle la cantidad de energía liberada en la descomposición.....(5 puntos)
- Si el recipiente es capaz de soportar una presión de 4 atm sin perder su integridad, indique si es segura o no la reacción de descomposición descrita.....(5 puntos)

DATOS: $\Delta H^0(298 \text{ K}) [\text{XeO}_3] = + 402 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

XXVI. (2016) Disponemos de una mezcla sólida de cloruro de sodio y sulfito de sodio de la que queremos averiguar su composición.

Para ello realizamos las siguientes operaciones:

- Pesamos exactamente 0,500 g de la mezcla, la disolvemos en agua hasta un volumen total de 100 mL.
- A 10 mL de la disolución preparada añadimos gota a gota una disolución 0,1 M de nitrato de plata hasta precipitación total de una mezcla de cloruro de plata y sulfito de plata, consumiendo 8,2 mL de la disolución de nitrato de plata.

- Escriba las ecuaciones químicas que representan la precipitación de las dos sales (1,0 puntos)
- Escriba las ecuaciones químicas que representan la disolución parcial de las sales y la expresión de las constantes de producto de solubilidad en función de la solubilidad para ambas sales. (3,0 puntos)
- Calcule la composición de la mezcla inicial (7,0 puntos)
- Indique de modo razonado cuál de los dos iones precipita antes y calcule el volumen de disolución necesario para que comience a aparecer precipitado (de necesitar la composición de la mezcla, use el dato obtenido en el apartado anterior, si no ha podido hallarlo use una composición del 50 % de cada sal). (7,0 puntos)
- Calcule la concentración residual del catión que precipita en primer lugar cuando comience la precipitación del segundo (2,0 puntos)

Datos: Masas atómica (u): O = 16,0; Na: 23,0; S = 32,1; Cl = 35,5; Ag = 107,9
 Constante producto de solubilidad: $\text{AgCl} = 1,77 \cdot 10^{-10}$; $\text{Ag}_2\text{SO}_3 = 1,50 \cdot 10^{-14}$