

SOLUBILIDAD

◊ PROBLEMAS

1. a) Calcula la solubilidad en agua pura, expresada en g/dm³, del sulfato de plomo(II).
 Datos: K_{ps} (PbSO₄, 25 °C) = $1,8 \cdot 10^{-8}$ (A.B.A.U. Sep. 18)
 Rta.: a) $s' = 0,041$ g/dm³

a)

Datos

Producto de solubilidad del sulfato de plomo(II)

Masa molar del sulfato de plomo(II)

IncógnitasSolubilidad del sulfato de plomo(II) en agua pura (g/dm³)**Ecuaciones**

Cantidad (número de moles)

Concentración molar (mol/dm³)Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$ **Cifras significativas: 2**

$$K_s = 1,8 \cdot 10^{-8}$$

$$M(\text{PbSO}_4) = 303 \text{ g/mol}$$

 s'

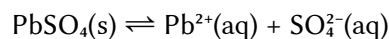
$$n = m / M$$

$$s = n / V = s' / M$$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		PbSO ₄	\rightleftharpoons	Pb ²⁺	SO ₄ ²⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{SO}_4^{2-}]_e = s \cdot s = s^2$$

Como la solubilidad s es la concentración de la disolución saturada, o lo que es lo mismo, la máxima cantidad de sal que puede disolverse por dm³ de disolución

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-8}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol PbSO}_4/\text{dm}^3 \text{ D}$$

Pasando los moles a gramos

$$s' = \frac{1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol PbSO}_4}{1 \text{ dm}^3 \text{ D}} \cdot \frac{303 \text{ g PbSO}_4}{1 \text{ mol PbSO}_4} = 0,041 \text{ g PbSO}_4/\text{dm}^3 \text{ D}$$

2. b) Para preparar 250 cm³ de una disolución saturada de bromato de plata (AgBrO₃) se emplean 1,75 g de la sal. Calcula el producto de solubilidad de la sal.

(A.B.A.U. Sep. 17)

Rta.: b) $K_s = 8,81 \cdot 10^{-4}$

b)

Datos

Volumen de disolución

Masa disuelta de bromato de plata

Masa molar del bromato de plata

Cifras significativas: 3

$$V = 250 \text{ cm}^3$$

$$m(\text{AgBrO}_3) = 1,75 \text{ g}$$

$$M(\text{AgBrO}_3) = 236 \text{ g/mol}$$

Incógnitas

Producto de solubilidad del bromato de plata K_s

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) de Zn (OH)₂ s

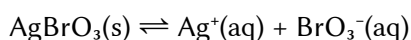
Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³) $s = n / V = s' / M$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$ $K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		AgBrO ₃	⇌	Ag ⁺	BrO ₃ ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

La solubilidad del bromato de plata es:

$$s = [AgBrO_3] = \frac{1,75 \text{ g AgBrO}_3}{250 \text{ cm}^3 \text{ D}} \cdot \frac{1 \text{ mol AgBrO}_3}{235 \text{ g AgBrO}_3} \cdot \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1,00 \text{ dm}^3} = 0,0297 \text{ mol AgBrO}_3 / \text{dm}^3 \text{ D}$$

Por lo que el producto de solubilidad valdrá:

$$K_s = [Ag^+]_e \cdot [BrO_3^-]_e = s \cdot s = s^2 = (0,0297)^2 = 8,81 \cdot 10^{-4}$$

3. El cloruro de plata es una sal poco soluble y su constante de producto de solubilidad vale $1,8 \cdot 10^{-10}$.
- Escribe la ecuación química del equilibrio de solubilidad de esta sal y deduzca la expresión para la constante del producto de solubilidad.
 - Determina la máxima cantidad de esta sal, expresada en gramos, que puede disolverse por decímetro cúbico de disolución.

(P.A.U. Jun. 07)

Rta.: b) $m = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g AgCl} / \text{dm}^3 \text{ D}$

Datos

Producto de solubilidad del AgCl

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

Masa molar del cloruro de plata

$$M(\text{AgCl}) = 143 \text{ g/mol}$$

Incógnitas

Máxima masa de AgCl que puede disolverse en cada dm³ de disolución. s'

Ecuaciones

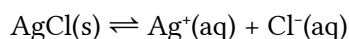
Cantidad (número de moles) $n = m / M$

Concentración molar (mol/dm³) $s = n / V = s' / M$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$ $K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		AgCl	⇌	Ag ⁺	Cl ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e = s \cdot s = s^2$$

b) Como la solubilidad s es la concentración de la disolución saturada, o lo que es lo mismo, la máxima cantidad de sal, que puede disolverse por dm³ de disolución

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol AgCl/dm}^3 \text{ D}$$

Pasando los moles a gramos

$$s' = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol AgCl/dm}^3 \text{ D} \cdot \frac{143 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g AgCl/dm}^3 \text{ D}$$

4. Calcula, a 25 °C:

a) La solubilidad en mg/dm³ del AgCl en agua.

b) La solubilidad en mg/dm³ del AgCl en una disolución acuosa que tiene una concentración de ión cloruro de 0,10 mol/dm³.

Dato: El producto de solubilidad del AgCl a 25 °C es $K_s = 1,7 \cdot 10^{-10}$

(P.A.U. Sep. 07)

Rta.: a) $s' = 1,9 \text{ mg/dm}^3$; b) $s_2' = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mg/dm}^3$

Datos

Producto de solubilidad del AgCl

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

Temperatura

$$T = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$$

Concentración de la disolución del Cl⁻

$$[\text{Cl}^-] = 0,10 \text{ mol/dm}^3$$

Masa molar del cloruro de plata

$$M(\text{AgCl}) = 143 \text{ g/mol}$$

Incógnitas

Solubilidad (mg/dm³) del AgCl en agua

$$s'$$

Solubilidad (mg/dm³) del AgCl en Cl⁻ 0,10 mol/dm³

$$s_2'$$

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) en de AgCl en agua y en Cl⁻ 0,10 mol/dm³

$$s, s_2$$

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

$$n = m / M$$

Concentración molar (mol/dm³)

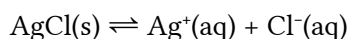
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{b+}(aq) + a A^{a-}(aq)$

$$K_s = [A^{a-}]^a \cdot [B^{b+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		AgCl	⇌	Ag ⁺	Cl ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e = s \cdot s = s^2 = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol AgCl/dm}^3 \text{ D}$$

$$s' = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot 143 \text{ g/mol} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g AgCl / dm}^3 \text{ D} = 1,9 \text{ mg/dm}^3 \text{ D}$$

b)

Concentración		AgCl	⇌	Ag ⁺	Cl ⁻	
inicial	[X] ₀			0	0,10	mol/dm ³
reacciona o se forma	[X] _r	s ₂	→	s ₂	s ₂	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			s ₂	0,10 + s ₂	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e = s_2 \cdot (0,10 + s_2) = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

En primera aproximación, podemos considerar s_2 despreciable s frente a 0,1, ($s_2 \ll 0,1$). Entonces:

$$0,10 s_2 \approx 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$s_2 \approx 1,7 \cdot 10^{-10} / 0,10 = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$$

que es despreciable frente a 0,10.

$$s_2' = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ mol/dm}^3 \cdot 143 \text{ g/mol} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ g AgCl / dm}^3 \text{ D} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mg/dm}^3 \text{ D}$$

menor que la solubilidad en agua (efecto del ión común).

5. a) Determina la solubilidad en agua del cloruro de plata a 25 °C, expresada en g/dm³, si su K_{ps} es $1,7 \cdot 10^{-10}$ a dicha temperatura.
 b) Determina la solubilidad del cloruro de plata en una disolución de concentración 0,5 mol/dm³ de cloruro de calcio, considerando que esta sal se encuentra totalmente disociada.

(A.B.A.U. Jul. 19)

Rta.: a) $s' = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$; b) $s_2' = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ g/dm}^3$

Datos

Producto de solubilidad del AgCl

Cifras significativas: 2

$$K_{ps} = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

Temperatura

$$T = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$$

Concentración de la disolución del CaCl₂

$$[\text{CaCl}_2] = 0,50 \text{ mol/dm}^3$$

Masa molar del cloruro de plata

$$M(\text{AgCl}) = 143 \text{ g/mol}$$

Incógnitas

Solubilidad (g/dm³) del AgCl en agua

$$s'$$

Solubilidad (g/dm³) del AgCl en CaCl₂ 0,5 mol/dm³

$$s_2'$$

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) en de AgCl en agua

$$s$$

Concentración (mol/dm³) en de AgCl en CaCl₂ 0,5 mol/dm³

$$s_2$$

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

$$n = m / M$$

Concentración molar (mol/dm³)

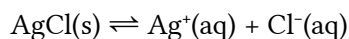
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{b+}(aq) + a A^{a-}(aq)$

$$K_s = [A^{a-}]^a \cdot [B^{b+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		AgCl	⇌	Ag ⁺	Cl ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

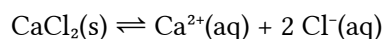
La constante de equilibrio K_{ps} es:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e = s \cdot s = s^2 = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol AgCl/dm}^3 \text{ D}$$

$$s' = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot 143 \text{ g/mol} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g AgCl / dm}^3 \text{ D}$$

b) Si el CaCl_2 se encuentra totalmente disociado



la concentración de ión cloruro será $[\text{Cl}^-] = 2 \cdot 0,50 = 1,0 \text{ mol/dm}^3$.

Llamando s_2 a la concentración del AgCl que se disuelve en la disolución de CaCl_2 y escribiendo el equilibrio

Concentración		AgCl	⇌	Ag ⁺	Cl ⁻	
inicial	[X] ₀			0	1,0	mol/dm ³
reacciona o se forma	[X] _r	s_2	→	s_2	s_2	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			s_2	$1,0 + s_2$	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_{ps} es:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e = s_2 \cdot (1,0 + s_2) = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

En primera aproximación, podemos considerar s_2 despreciable s frente a 1,0, ($s_2 \ll 1,0$). Entonces:

$$1,0 s_2 \approx 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$s_2 \approx 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

que es despreciable frente a 1,0.

$$s_2' = 1,7 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3 \cdot 143 \text{ g/mol} = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ g AgCl / dm}^3 \text{ D}$$

menor que la solubilidad en agua (efecto del ión común).

6. A 25 °C el producto de solubilidad del $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ es $6,5 \cdot 10^{-10}$. Calcula:

- La solubilidad de la sal y las concentraciones molares de los iones yodato y bario.
- La solubilidad de la citada sal, en g/dm³, en una disolución de concentración 0,1 mol/dm³ de KIO_3 a 25 °C considerando que esta sal se encuentra totalmente disociada.

(A.B.A.U. Jun. 19)

Rta.: a) $s = [\text{Ba}^{2+}] = 5,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$; $[\text{IO}_3^-] = 1,09 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$; b) $s' = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$

Datos

Producto de solubilidad del $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$

Concentración de la disolución del KIO_3

Incógnitas

Solubilidad (mol/dm³) del $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ en agua

Concentraciones (mol/dm³) de los iones

Solubilidad (g/dm³) del $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ en KIO_3 0,1 mol/dm³

Ecuaciones

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(\text{s}) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(\text{aq}) + a A^{\alpha-}(\text{aq})$

Cifras significativas: 2

$$K_s = 6,5 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{KIO}_3] = 0,10 \text{ mol/dm}^3$$

$$s_a$$

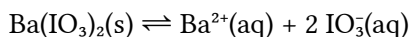
$$[\text{IO}_3^-], [\text{Ba}^{2+}]$$

$$s'$$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		Ba(IO ₃) ₂	⇌	Ba ²⁺	2 IO ₃ ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	2 s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ba}^{2+}]_e \cdot [\text{IO}_3^-]_e^2 = s (2 s)^2 = 4 s^3 = 6,5 \cdot 10^{-10}$$

La solubilidad del yodato de bario en agua vale:

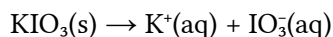
$$s_a = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6,5 \cdot 10^{-10}}{4}} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol Ba}(\text{IO}_3)_2/\text{dm}^3 \text{ D}$$

Las concentraciones de los iones valen:

$$[\text{Ba}^{2+}]_e = s = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3;$$

$$[\text{IO}_3^-] = 2 s = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

b) El yodato de potasio está totalmente disociado.



$$[\text{IO}_3^-] = [\text{KIO}_3] = 0,10 \text{ mol IO}_3^-/\text{dm}^3 \text{ D}$$

Cuando se disuelve el yodato de bario en la disolución de yodato de potasio, que ya contiene iones yodato, las concentraciones son:

Concentración		Ba(IO ₃) ₂	⇌	Ba ²⁺	2 IO ₃ ⁻	
inicial	[X] ₀			0	0,10	mol/dm ³
reacciona o se me la fuere	[X] _r	s _b	→	s _b	2 s _b	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			s _b	0,10 + 2 s _b	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ba}^{2+}]_e \cdot [\text{IO}_3^-]_e^2 = s_b \cdot (0,10 + 2 s_b)^2 = 6,5 \cdot 10^{-10}$$

En primera aproximación, podemos considerar despreciable s_b frente a 0,1, (s_b << 0,1). Entonces:

$$s_b \cdot 0,10^2 \approx 6,5 \cdot 10^{-10}$$

$$s_b = \frac{6,5 \cdot 10^{-10}}{0,10^2} = 6,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$$

Se ve que ese valor es despreciable frente a 0,10.

La concentración en g/dm³ es

$$s' = \frac{6,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{487 \text{ g Ba}(\text{IO}_3)_2}{1 \text{ mol Ba}(\text{IO}_3)_2} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$$

7. El producto de solubilidad del PbBr₂ es 8,9 · 10⁻⁶. Determina la solubilidad molar:

a) En agua pura.

b) En una disolución de Pb(NO₃)₂ de concentración 0,20 mol/dm³ considerando que esta sal está totalmente disociada.

(P.A.U. Sep. 14)

Rta.: a) s_a = 0,013 mol/dm³; b) s_b = 3,3 · 10⁻³ mol/dm³

DatosProducto de solubilidad del PbBr_2 Concentración de la disolución del $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ **Cifras significativas: 2**

$$K_s = 8,9 \cdot 10^{-6}$$

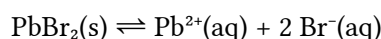
$$[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 0,20 \text{ mol/dm}^3$$

IncógnitasSolubilidad (mol/dm^3) del PbBr_2 en agua s_a Solubilidad (mol/dm^3) del PbBr_2 en $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,2 mol/dm^3 s_b **Ecuaciones**Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		PbBr_2	\rightleftharpoons	Pb^{2+}	2Br^-	
Concentración en el equilibrio	$[\text{X}]_e$			s	$2s$	mol/dm^3

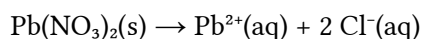
La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{Br}^-]_e^2 = s (2s)^2 = 4s^3 = 8,9 \cdot 10^{-6}$$

La solubilidad del bromuro de plomo(II) en agua vale:

$$s_a = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{8,9 \cdot 10^{-6}}{4}} = 0,013 \text{ mol PbBr}_2/\text{dm}^3 \text{ D}$$

b) El nitrato de plomo(II) estará totalmente dissociado.



$$[\text{Pb}^{2+}] = [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 0,20 \text{ mol Pb}^{2+}/\text{dm}^3 \text{ D}$$

Cuando se disuelve el bromuro de plomo(II) en la disolución de nitrato de plomo(II), que ya contiene iones plomo(II), las concentraciones son:

Concentración		PbBr_2	\rightleftharpoons	Pb^{2+}	2Br^-	
inicial	$[\text{X}]_0$			0,20	0	mol/dm^3
reacciona o se forma	$[\text{X}]_r$	s_b	\rightarrow	s_b	$2s_b$	mol/dm^3
en el equilibrio	$[\text{X}]_e$			$0,20 + s_b$	$2s_b$	mol/dm^3

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{Br}^-]_e^2 = (0,20 + s_b) (2s_b)^2 = 8,9 \cdot 10^{-6}$$

En primera aproximación, podemos considerar despreciable s_b frente a 0,2, ($s_b \ll 0,2$). Entonces:

$$0,20 \cdot (2s_b)^2 \approx 8,9 \cdot 10^{-6}$$

$$s_b = \sqrt{\frac{8,9 \cdot 10^{-6}}{0,20 \cdot 4}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Se ve que ese valor es despreciable frente a 0,20.

8. La solubilidad del BaF_2 en agua es de 1,30 g/dm^3 . Calcula:

a) El producto de solubilidad de la sal.

b) La solubilidad del BaF_2 en una disolución acuosa de concentración 1 mol/dm^3 de BaCl_2 , considerando que esta sal está totalmente dissociada.

Rta.: a) $K_s = 1,63 \cdot 10^{-6}$; b) $s_2 = 6,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$

Datos

Solubilidad del BaF_2

Concentración de la disolución del BaCl_2

Masa molar del fluoruro de bario

Incógnitas

Producto de solubilidad del BaF_2

Solubilidad del BaF_2 en BaCl_2 1 mol/dm³

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) en de BaF_2 en agua

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

Concentración molar (mol/dm³)

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

Cifras significativas: 3

$s' = 1,30 \text{ g/dm}^3$

$[\text{BaCl}_2] = 1,00 \text{ mol/dm}^3$

$M(\text{BaF}_2) = 175 \text{ g/mol}$

K_s

s_2

s

$n = m / M$

$s = n / V = s' / M$

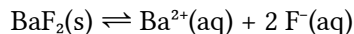
$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$

Solución:

a) La solubilidad del fluoruro de bario es:

$$[\text{BaF}_2] = s = \frac{1,3 \text{ g/dm}^3}{175 \text{ g/mol}} = 0,00741 \text{ mol/dm}^3$$

El equilibrio de solubilidad es

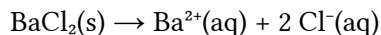


		BaF_2	\rightleftharpoons	Ba^{2+}	2F^-	
Concentración en el equilibrio	$[\text{X}]_e$			s	$2 s$	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ba}^{2+}]_e \cdot [\text{F}^-]_e^2 = s (2 s)^2 = 4 s^3 = 4 \cdot (0,00741)^3 = 1,63 \cdot 10^{-6}$$

b) Se supone que la concentración de cloruro de bario tiene tres cifras significativas. El cloruro de bario estará totalmente disociado.



$$[\text{Ba}^{2+}] = [\text{BaCl}_2] = 1,00 \text{ mol Ba}^{2+} / \text{dm}^3 \text{ D}$$

Concentración		BaF_2	\rightleftharpoons	Ba^{2+}	2F^-	
inicial	$[\text{X}]_0$			1,00	0	mol/dm ³
reacciona o se forma	$[\text{X}]_r$	s_2	\rightarrow	s_2	$2 s_2$	mol/dm ³
en el equilibrio	$[\text{X}]_e$			$1,00 + s_2$	$2 s_2$	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ba}^{2+}]_e \cdot [\text{F}^-]_e^2 = (1,00 + s_2) (2 s_2)^2 = 1,63 \cdot 10^{-6}$$

En primera aproximación, podemos considerar despreciable s_2 frente a 1,00, ($s_2 \ll 1,00$). Entonces:

$$1,00 \cdot (2 s_2)^2 \approx 1,63 \cdot 10^{-6}$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{1,63 \cdot 10^{-6}}{1,00 \cdot 4}} = 6,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

que es despreciable.

Si se quiere, se puede calcular la solubilidad en g/dm³, que sería

$$s'_2 = 6,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \cdot 175 \text{ g/mol} = 0,112 \text{ g/dm}^3$$

Análisis: Se ve que la solubilidad en BaCl₂, $s_2 = 6,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ es menor que la solubilidad en agua, $s_1 = 0,00741 \text{ mol/dm}^3$, debido al efecto del ión común Ba²⁺.

9. A 25 °C la solubilidad del PbI₂ en agua pura es 0,7 g/L. Calcula:

a) El producto de solubilidad.

b) La solubilidad del PbI₂ a esa temperatura en una disolución de KI de concentración 0,1 mol/dm³.

(P.A.U. Sep. 16)

Rta.: a) $K_s = 1,40 \cdot 10^{-8}$; b) $s_2' = 0,646 \text{ mg/dm}^3$

Datos

Solubilidad del PbI₂

Concentración de la disolución del KI

Masa molar del yoduro de plomo(II)

Incógnitas

Producto de solubilidad del PbI₂

Solubilidad del PbI₂ en KI 0,1 mol/dm³

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) en de PbI₂ en agua

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

Concentración molar (mol/dm³)

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

Cifras significativas: 3

$$s' = 0,700 \text{ g/dm}^3$$

$$[KI] = 0,100 \text{ mol/dm}^3$$

$$M(\text{PbI}_2) = 461 \text{ g/mol}$$

$$K_s$$

$$s_2$$

$$s$$

$$n = m / M$$

$$s = n / V = s' / M$$

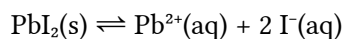
$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) La solubilidad del yoduro de plomo(II) es:

$$[\text{PbI}_2] = s = \frac{0,700 \text{ g/dm}^3}{461 \text{ g/mol}} = 0,00152 \text{ mol/dm}^3$$

El equilibrio de solubilidad es

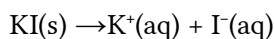


		PbI ₂	⇌	Pb ²⁺	2 I ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	2 s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{I}^{-}]_e^2 = s (2s)^2 = 4s^3 = 4 \cdot (0,00152)^3 = 1,40 \cdot 10^{-8}$$

b) El yoduro de potasio estará totalmente disociado.



$$[\text{I}^{-}] = [\text{KI}] = 0,100 \text{ mol I}^{-} / \text{dm}^3 \text{ D}$$

Concentración		PbI ₂	⇌	Pb ²⁺	2 I ⁻	
inicial	[X] ₀			0	0,100	mol/dm ³
reacciona o se forma	[X] _r	s ₂	→	s ₂	2 s ₂	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			s ₂	0,100 + 2 s ₂	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [Pb^{2+}]_e \cdot [I^-]_e^2 = s_2 \cdot (0,100 + 2 s_2)^2 = 1,40 \cdot 10^{-8}$$

En primera aproximación, podemos considerar despreciable 2 s₂ frente a 0,100, (2 s₂ << 0,10). Entonces:

$$s_2 \cdot 0,100^2 \approx 1,40 \cdot 10^{-8}$$

$$s_2 \approx \frac{1,40 \cdot 10^{-8}}{0,100^2} = 1,40 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

que es despreciable.

Como el dato de solubilidad está en g/dm³, se puede calcular la solubilidad en g/dm³, que sería

$$s_2' = 1,40 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \cdot 461 \text{ g/mol} = 6,46 \cdot 10^{-4} \text{ g/dm}^3 = 0,646 \text{ mg/dm}^3$$

Análisis: Se ve que la solubilidad en KI, s₂' = 6,46 · 10⁻⁴ g/dm³ es menor que la solubilidad en agua, s₁' = 0,700 g/dm³, debido al efecto del ión común I⁻.

10. El producto de solubilidad, a 25°C, del PbI₂ es 9,6 · 10⁻⁹.

- a) Calcula la solubilidad de la sal.
- b) Calcula la solubilidad del PbI₂ en una disolución de concentración 0,01 mol/dm³ de CaI₂, considerando que esta sal se encuentra totalmente disociada.

(P.A.U. Jun. 13)

Rta.: a) s = 1,3 · 10⁻³ mol/dm³; b) s₂ ≈ 2,4 · 10⁻⁵ mol/dm³

Datos

Producto de solubilidad del PbI₂

Temperatura

Concentración de la disolución del CaI₂

Incógnitas

Solubilidad del PbI₂ en agua

Solubilidad del PbI₂ en CaI₂ 0,01 mol/dm³

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

Producto de solubilidad del equilibrio: B_bA_a(s) ⇌ b B^{β+}(aq) + a A^{α-}(aq)

Cifras significativas: 2

$$K_s = 9,6 \cdot 10^{-9}$$

$$T = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$$

$$[CaI_2] = 0,010 \text{ mol/dm}^3$$

$$s$$

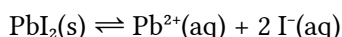
$$s_2$$

$$n = m / M$$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



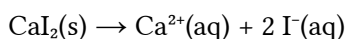
		PbI ₂	⇌	Pb ²⁺	2 I ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	2 s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [Pb^{2+}]_e \cdot [I^-]_e^2 = s (2 s)^2 = 4 s^3 = 9,6 \cdot 10^{-9}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{9,6 \cdot 10^{-9}}{4}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol PbI}_2/\text{dm}^3 \text{ D}$$

b) Se supone que la concentración de yoduro de calcio tiene dos cifras significativas. El yoduro de calcio está totalmente disociado.



$$[\text{I}^{-}] = 2 [\text{CaI}_2] = 0,020 \text{ mol Ca}^{2+} / \text{dm}^3 \text{ D}$$

Concentración		PbI ₂	⇌	Pb ²⁺	2 I ⁻	
inicial	[X] ₀			0	0,020	mol/dm ³
reacciona o se forma	[X] _r	s ₂	→	s ₂	2 s ₂	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			s ₂	0,020 + 2 s ₂	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{I}^{-}]_e^2 = s_2 \cdot (0,020 + 2 s_2)^2 = 9,6 \cdot 10^{-9}$$

En primera aproximación, podemos considerar despreciable 2 s₂ frente a 0,020, (2 s₂ << 0,020). Entonces:

$$s_2 \cdot 0,020^2 \approx 9,6 \cdot 10^{-9}$$

$$s_2 \approx \frac{9,6 \cdot 10^{-9}}{0,020^2} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

que es despreciable. Error: $(2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-5}) / 0,020 \cdot 100 = 0,24 \%$
(La solución de la ecuación de tercer grado da: s₂ = 2,39 · 10⁻⁵)

11. El producto de solubilidad a 25 °C del MgF₂ es de 8,0 · 10⁻⁸.

- ¿Cuántos gramos de MgF₂ se pueden disolver en 250 cm³ de agua?
- ¿Cuántos gramos de MgF₂ se disolverán en 250 cm³ de una disolución de concentración 0,1 mol/dm³ de una sal totalmente disociada como el Mg(NO₃)₂?

(P.A.U. Sep. 15)

Rta.: a) m_a = 0,0423 g; b) m_b = 6,96 · 10⁻³ g

Datos

Producto de solubilidad del MgF₂

Volumen de agua

Concentración de la disolución del Mg(NO₃)₂

Volumen de la disolución del Mg(NO₃)₂

Masa molar del fluoruro de magnesio

Incógnitas

Masa de MgF₂ disuelta en 250 cm³ de agua

Masa de MgF₂ disuelta en 250 cm³ de disolución de Mg(NO₃)₂ de concentración 0,1 mol/dm³

Otros símbolos

Solubilidad (mol/dm³) del MgF₂ en agua

Solubilidad (mol/dm³) del MgF₂ en Mg(NO₃)₂ 0,1 mol/dm³

Solubilidad (g/dm³) del MgF₂ en Mg(NO₃)₂ 0,1 mol/dm³

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

Cifras significativas: 3

$$K_s = 8,00 \cdot 10^{-8}$$

$$V_a = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

$$[\text{Mg}(\text{NO}_3)_2] = 0,100 \text{ mol/dm}^3$$

$$V_b = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

$$M(\text{MgF}_2) = 62,3 \text{ g/mol}$$

$$m_a$$

$$m_b$$

$$s_a$$

$$s_b$$

$$s'_b$$

$$n = m / M$$

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³)

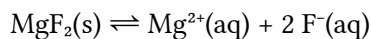
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		MgF ₂	⇌	Mg ²⁺	2 F ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	2 s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [Mg^{2+}]_e \cdot [F^-]_e^2 = s (2 s)^2 = 4 s^3 = 8,00 \cdot 10^{-8}$$

La solubilidad del fluoruro de magnesio en agua vale:

$$s_a = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{8,00 \cdot 10^{-8}}{4}} = 0,00271 \text{ mol MgF}_2 / \text{dm}^3 \text{ D}$$

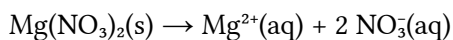
La cantidad del fluoruro de magnesio que se puede disolver en 0,250 dm³ de agua es:

$$n(MgF_2) = 0,250 \text{ dm}^3 \cdot 0,00271 \text{ mol MgF}_2 / \text{dm}^3 = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ mol MgF}_2$$

La masa del fluoruro de magnesio que se puede disolver en 0,250 dm³ de agua es:

$$m_a = 6,79 \cdot 10^{-4} \text{ mol MgF}_2 \cdot 62,3 \text{ g/mol} = 0,0423 \text{ g MgF}_2$$

b) El nitrato de magnesio está totalmente dissociado.



$$[Mg^{2+}] = [Mg(NO_3)_2] = 0,100 \text{ mol Mg}^{2+} / \text{dm}^3 \text{ D}$$

Concentración		MgF ₂	⇌	Mg ²⁺	2 F ⁻	
inicial	[X] _o			0,100	0	mol/dm ³
reacciona o se forma	[X] _r	s _b	→	s _b	2 s _b	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			0,100 + s _b	2 s _b	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [Mg^{2+}]_e \cdot [F^-]_e^2 = (0,100 + s_2) (2 s_2)^2 = 8,00 \cdot 10^{-8}$$

En primera aproximación, podemos considerar despreciable s₂ frente a 0,100, (s_b << 0,100). Entonces:

$$0,100 \cdot (2 s_b)^2 \approx 8,00 \cdot 10^{-8}$$

$$s_b = \sqrt{\frac{8,00 \cdot 10^{-8}}{0,100 \cdot 4}} = 4,47 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

que es despreciable.

La solubilidad en g/dm³ sería

$$s'_b = 4,47 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \cdot 62,3 \text{ g/mol} = 0,0278 \text{ g/dm}^3$$

La masa del fluoruro de magnesio que se puede disolver en 0,250 dm³ de disolución de Mg(NO₃)₂ de concentración 0,1 mol/dm³ es:

$$m_b = 0,250 \text{ dm}^3 \cdot 0,0278 \text{ g MgF}_2 / \text{dm}^3 = 6,96 \cdot 10^{-3} \text{ g MgF}_2$$

Análisis: La masa de MgF₂ que se puede disolver en 0,250 dm³ de disolución de Mg(NO₃)₂ de concentración 0,1 mol/dm³, m_b = 6,96 · 10⁻³ g es menor que la que se puede disolver en 0,250 dm³ de agua, m_a = 0,0423 g, debido al efecto del ión común Mg²⁺.

12. b) Cuál es el pH de una disolución saturada de hidróxido de zinc si su K_s a 25 °C es $1,2 \cdot 10^{-17}$?

(A.B.A.U. Jun. 17)

Rta.: b) pH = 8,5

b)

Datos

Producto de solubilidad del $Zn(OH)_2$

Masa molar del hidróxido de zinc

Incógnitas

pH de la disolución saturada

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) de $Zn(OH)_2$

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³)

pH

pOH

Producto iónico del agua

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,2 \cdot 10^{-17}$$

$$M(Zn(OH)_2) = 99 \text{ g/mol}$$

pH

s

$$s = n / V = s' / M$$

$$pH = -\log[H^+]$$

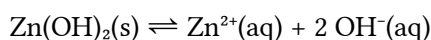
$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pH + pOH = 14$$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		$Zn(OH)_2$	\rightleftharpoons	Zn^{2+}	$2 OH^-$	
Concentración en el equilibrio	$[X]_e$			s	2 s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [Zn^{2+}]_e \cdot [OH^-]_e^2 = s (2 s)^2 = 4 s^3 = 1,2 \cdot 10^{-17}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,2 \cdot 10^{-17}}{4}} = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol } Zn(OH)_2 / dm^3 \text{ D}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log[2 s] = -\log[2 \cdot 1,4 \cdot 10^{-6}] = 5,5$$

$$pH = 14,0 - 5,5 = 8,5$$

que es básico.

13. El producto de solubilidad del $Mn(OH)_2$, medido a 25 °C, vale $4 \cdot 10^{-14}$. Calcula:

a) La solubilidad en agua expresada en g/dm³

b) El pH de la disolución saturada.

(P.A.U. Sep. 06)

Rta.: a) $s' = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$; b) pH = 9,6

Datos

Producto de solubilidad del $Mn(OH)_2$

Masa molar del hidróxido de manganeso(II)

Cifras significativas: 2

$$K_s = 4,0 \cdot 10^{-14}$$

$$M(Mn(OH)_2) = 89 \text{ g/mol}$$

Incógnitas

Solubilidad (g/dm³) del Mn(OH)₂ s'
 pH de la disolución saturada pH

Otros símbolos

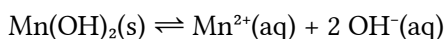
Concentración (mol/dm³) de Mn(OH)₂ s

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³) s = n / V = s' / M
 pH pH = -log[H⁺]
 pOH pOH = -log[OH⁻]
 Producto iónico del agua pH + pOH = 14
 Producto de solubilidad del equilibrio: B_bA_a(s) ⇌ b B^{β+}(aq) + a A^{α-}(aq) K_s = [A^{α-}]^a · [B^{β+}]^b

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		Mn(OH) ₂	\rightleftharpoons	Mn ²⁺	2 OH ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	2 s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Mn}^{2+}]_e \cdot [\text{OH}^{-}]_e^2 = s (2 s)^2 = 4 s^3 = 4,0 \cdot 10^{-14}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{4,0 \cdot 10^{-14}}{4}} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol Mn(OH)}_2/\text{dm}^3 \text{ D}$$

$$s' = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3 \cdot 89 \text{ g/mol} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ g Mn(OH)}_2 / \text{dm}^3 \text{ D}$$

b) $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^{-}] = -\log[2 s] = -\log[4,4 \cdot 10^{-5}] = 4,4$
 $\text{pH} = 14,0 - 4,4 = 9,6$

que es básico.

14. El producto de solubilidad del yoduro de plata es 8,3·10⁻¹⁷. Calcula:
 a) La solubilidad del yoduro de plata expresada en g·dm⁻³
 b) La masa de yoduro de sodio que se debe añadir la 100 cm³ de disolución de concentración 0,005 mol/dm³ de nitrato de plata para iniciar la precipitación del yoduro de plata.

(P.A.U. Sep. 10)

Rta.: a) s = 2,1·10⁻⁶ g/dm³; b) m = 2,5·10⁻¹³ g NaI

Datos

Producto de solubilidad del AgI **Cifras significativas: 2**
K_s = 8,3·10⁻¹⁷
 Volumen disolución de AgNO₃ V₁ = 100 cm³ = 0,100 dm³
 Concentración de la disolución de AgNO₃ [AgNO₃] = 0,0050 mol/dm³
 Masa molar del yoduro de plata M(AgI) = 235 g/mol

Incógnitas

Solubilidad del yoduro de plata s
 Masa de yoduro de sodio para iniciar la precipitación m(NaI)

Ecuaciones

Cantidad (número de moles)

$$n = m / M$$

Concentración molar (mol/dm³)

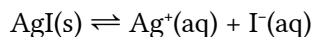
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



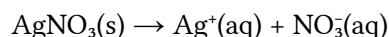
		AgI	\rightleftharpoons	Ag ⁺	I ⁻	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{I}^-]_e = s \cdot s = s^2 = 8,3 \cdot 10^{-17}$$

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{8,3 \cdot 10^{-17}} = 9,1 \cdot 10^{-9} \text{ mol AgI/dm}^3 \text{ D}$$

$$s' = 9,1 \cdot 10^{-9} \text{ mol AgI/dm}^3 \text{ D} \cdot \frac{235 \text{ g AgI}}{1 \text{ mol AgI}} = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ g/dm}^3 \text{ D}$$

b) El AgNO₃ está totalmente dissociado en la disolución

La concentración del ión plata será la misma que la del nitrato de plata:

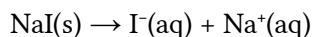
$$[\text{Ag}^+] = [\text{AgNO}_3] = 0,0050 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Se formará precipitado cuando:

$$Q = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{I}^-] \geq K_s$$

$$[\text{I}^-] \geq \frac{K_s}{[\text{Ag}^+]} = \frac{8,3 \cdot 10^{-17}}{5,0 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^{-14} \text{ mol/dm}^3$$

Cuando se disuelva el yoduro de sodio, se disociará totalmente



y la concentración de yoduro de sodio será la misma que la del ión yoduro:

$$[\text{NaI}] = [\text{I}^-] = 1,7 \cdot 10^{-14} \text{ mol/dm}^3$$

La masa de yoduro de sodio para producir 100 cm³ de disolución de esa concentración :

$$m(\text{NaI}) = 0,100 \text{ dm}^3 \text{ D} \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-14} \text{ mol NaI}}{1 \text{ dm}^3 \text{ D}} \cdot \frac{150 \text{ g NaI}}{1 \text{ mol NaI}} = 2,5 \cdot 10^{-13} \text{ g NaI}$$

15. a) Sabiendo que a 25 °C la $K_s(\text{BaSO}_4)$ es $1,1 \cdot 10^{-10}$, determina la solubilidad de la sal en g/dm³.
 b) Si 250 cm³ de una disolución de BaCl₂ de concentración 0,0040 mol/dm³ se añaden a 500 cm³ de disolución de K₂SO₄ de concentración 0,0080 mol/dm³ y suponiendo que los volúmenes son aditivos, indica si se formará precipitado o no.

(P.A.U. Jun. 14)

Rta.: a) $s' = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3$; b) Sí. $1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 5,3 \cdot 10^{-3} > K_s$ **Datos**Producto de solubilidad del BaSO₄**Cifras significativas: 2**

$$K_s = 1,1 \cdot 10^{-10}$$

Volumen disolución de BaCl₂

$$V_1 = 250 \text{ cm}^3 = 0,25 \text{ dm}^3$$

DatosVolumen disolución K_2SO_4 Concentración de la disolución del $BaCl_2$ Concentración del K_2SO_4

Masa molar del sulfato de bario

Cifras significativas: 2

$$V_2 = 500 \text{ cm}^3 = 0,50 \text{ dm}^3$$

$$[BaCl_2]_0 = 0,0040 \text{ mol/dm}^3$$

$$[K_2SO_4]_0 = 0,0080 \text{ mol/dm}^3$$

$$M(BaSO_4) = 233 \text{ g/mol}$$

IncógnitasSolubilidad del sulfato de bario en g/dm^3 s'

Si se formará precipitado

 Q **Otros símbolos**Solubilidad del sulfato de bario en mol/dm^3 s **Ecuaciones**Concentración molar (mol/dm^3)

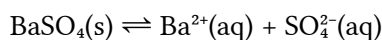
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_bA_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		$BaSO_4$	\rightleftharpoons	Ba^{2+}	SO_4^{2-}	
Concentración en el equilibrio	$[X]_e$			s	s	mol/dm^3

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [Ba^{2+}]_e \cdot [SO_4^{2-}]_e = s \cdot s = s^2 = 1,1 \cdot 10^{-10}$$

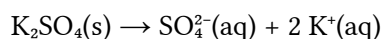
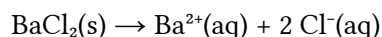
La solubilidad del sulfato de bario es

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-10}} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol BaSO}_4/\text{dm}^3 \text{ D}$$

que se puede expresar en g/dm^3 :

$$s' = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol BaSO}_4/\text{dm}^3 \text{ D } \frac{233 \text{ g BaSO}}{1 \text{ mol BaSO}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ g/dm}^3 \text{ D}$$

b) Las sales de las disoluciones están totalmente disociadas.



Las concentraciones iniciales de los iones son:

$$[Ba^{2+}]_0 = [BaCl_2]_0 = 0,0040 \text{ mol/dm}^3$$

$$[SO_4^{2-}]_0 = [BaSO_4]_0 = 0,0080 \text{ mol/dm}^3$$

Al mezclar ambas disoluciones, se diluyen. Suponiendo volúmenes aditivos, las nuevas concentraciones son:

$$[Ba^{2+}] = \frac{n(Ba^{2+})}{V_T} = \frac{0,25 \text{ dm}^3 \cdot 0,0040 \text{ mol Ba}^{2+}/\text{dm}^3}{(0,25+0,50) \text{ dm}^3} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol Ba}^{2+}/\text{dm}^3$$

$$[SO_4^{2-}] = \frac{n(SO_4^{2-})}{V_T} = \frac{0,50 \text{ dm}^3 \cdot 0,0080 \text{ mol SO}_4^{2-}/\text{dm}^3}{(0,25+0,50) \text{ dm}^3} = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol SO}_4^{2-}/\text{dm}^3$$

Se formará precipitado si $Q = [Ba^{2+}] \cdot [SO_4^{2-}] > K_s$

$$[\text{Ba}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 5,3 \cdot 10^{-3} = 7,1 \cdot 10^{-6} > 1,1 \cdot 10^{-10}$$

y, por tanto, se forma precipitado.

16. El producto de solubilidad del cloruro de plata vale $1,70 \cdot 10^{-10}$ a 25°C . Calcula:

a) La solubilidad del cloruro de plata.

b) Si se formará precipitado cuando se añaden 100 cm^3 de una disolución de NaCl de concentración $1,00\text{ mol/dm}^3$ a $1,0\text{ dm}^3$ de una disolución de AgNO_3 de concentración $0,01\text{ mol/dm}^3$.

(P.A.U. Sep. 09)

Rta.: a) $s = 1,3 \cdot 10^{-5}\text{ mol/dm}^3$; b) Sí $[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 8,3 \cdot 10^{-4} > K_s$

Datos

Producto de solubilidad del AgCl

Volumen disolución de AgNO_3

Volumen disolución NaCl

Concentración de la disolución del AgNO_3

Concentración del NaCl

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$V_1 = 1,0\text{ dm}^3$$

$$V_2 = 100\text{ cm}^3 = 0,10\text{ dm}^3$$

$$[\text{AgNO}_3]_0 = 0,010\text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{NaCl}]_0 = 1,0\text{ mol/dm}^3$$

Incógnitas

Solubilidad del cloruro de plata

s

Si se formará precipitado

Q

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm^3)

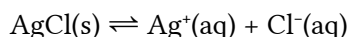
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



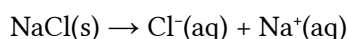
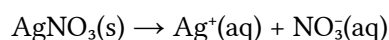
		AgCl	\rightleftharpoons	Ag^+	Cl^-	
Concentración en el equilibrio	$[\text{X}]_e$			s	s	mol/dm^3

La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Ag}^+]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e = s \cdot s = s^2 = 1,7 \cdot 10^{-10}$$

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-10}} = 1,3 \cdot 10^{-5}\text{ mol AgCl/dm}^3 \text{ D}$$

b) Las sales de las disoluciones están totalmente disociadas.



Las concentraciones iniciales de los iones son:

$$[\text{Ag}^+]_0 = [\text{AgNO}_3]_0 = 1,0 \cdot 10^{-2}\text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cl}^-]_0 = [\text{NaCl}]_0 = 1,0\text{ mol/dm}^3$$

Al mezclar ambas disoluciones, se diluyen. Suponiendo volúmenes aditivos, las nuevas concentraciones son:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{n(\text{Ag}^+)}{V_T} = \frac{1,00\text{ dm}^3 \cdot 0,01\text{ mol/dm}^3 + \text{Ag}^+/\text{dm}^3}{(1,00 + 0,10)\text{ dm}^3} = 9,1 \cdot 10^{-3}\text{ mol Ag}^+/\text{dm}^3$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_T} = \frac{0,10 \text{ dm}^3 \cdot 1,0 \text{ mol Cl}^-/\text{dm}^3}{(1,00 + 0,10) \text{ dm}^3} = 9,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol Cl}^-/\text{dm}^3$$

Se formará precipitado si $Q = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] > K_s$

$$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 9,1 \cdot 10^{-3} \cdot 9,1 \cdot 10^{-2} = 8,3 \cdot 10^{-4} > 1,7 \cdot 10^{-10}$$

y, por tanto, se forma precipitado.

17. El PbCO_3 es una sal muy poco soluble en el agua con una K_s de $1,5 \cdot 10^{-15}$. Calcula:

a) La solubilidad de la sal.

b) Si se mezclan 150 cm^3 de una disolución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ de concentración $0,04 \text{ mol/dm}^3$ con 50 cm^3 de una disolución de Na_2CO_3 de concentración $0,01 \text{ mol/dm}^3$, razona si precipitará el PbCO_3 en el recipiente donde se hizo la mezcla.

(P.A.U. Jun. 11)

Rta.: a) $s = 3,9 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$; b) Sí

Datos

Producto de solubilidad del PbCO_3

Volumen de la disolución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Concentración de la disolución de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Volumen de la disolución de Na_2CO_3

Concentración de la disolución de Na_2CO_3

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,5 \cdot 10^{-15}$$

$$V_1 = 150 \text{ cm}^3 = 0,150 \text{ dm}^3$$

$$[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$V_2 = 50 \text{ cm}^3 = 0,050 \text{ dm}^3$$

$$[\text{Na}_2\text{CO}_3] = 0,010 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Incógnitas

Solubilidad

s

Si se formará precipitado de PbCO_3

Q

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm^3)

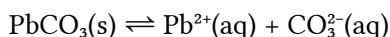
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



		PbCO_3	\rightleftharpoons	Pb^{2+}	CO_3^{2-}	
Concentración en el equilibrio	$[\text{X}]_e$			s	s	mol/dm^3

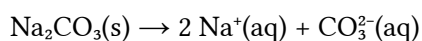
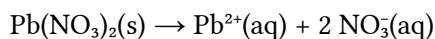
La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{CO}_3^{2-}]_e = s \cdot s = s^2$$

Como la solubilidad s es la concentración de la disolución saturada, o lo que es lo mismo, la máxima cantidad de sal, que puede disolverse por dm^3 de disolución

$$s = \sqrt{K_s} = \sqrt{1,5 \cdot 10^{-15}} = 3,9 \cdot 10^{-8} \text{ mol PbNO}_3/\text{dm}^3 \text{ D}$$

b) Las sales de las disoluciones están totalmente disociadas.



Las concentraciones iniciales de los iones son:

$$[\text{Pb}^{2+}]_0 = [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]_0 = 0,04 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}]_0 = [\text{Na}_2\text{CO}_3]_0 = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

Al mezclar ambas disoluciones, se diluyen. Suponiendo volúmenes aditivos, las nuevas concentraciones son:

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{n(\text{Pb}^{2+})}{V_T} = \frac{0,150 \text{ dm}^3 \cdot 0,040 \text{ mol Pb}^{2+} / \text{dm}^3}{(0,150 + 0,050) \text{ dm}^3} = 0,030 \text{ mol Pb}^{2+} / \text{dm}^3 \text{ D}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{n(\text{CO}_3^{2-})}{V_T} = \frac{0,050 \text{ dm}^3 \cdot 0,010 \text{ mol CO}_3^{2-} / \text{dm}^3}{(0,150 + 0,050) \text{ dm}^3} = 0,0025 \text{ mol CO}_3^{2-} / \text{dm}^3 \text{ D}$$

Se formará precipitado si $Q = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] > K_s$

$$[\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 0,030 \cdot 0,0025 = 7,5 \cdot 10^{-5} > 1,5 \cdot 10^{-5}$$

Se formará precipitado.

18. El sulfato de estroncio es una sal muy poco soluble en agua. La cantidad máxima de esta sal que se puede disolver en 250 cm³ de agua a 25 °C es de 26,0 mg.

a) Calcula el valor de la constante del producto de solubilidad de la sal a 25 °C.

b) Indica si se formará un precipitado de sulfato de estroncio al mezclar volúmenes iguales de disoluciones de Na₂SO₄ de concentración 0,02 mol/dm³ y de SrCl₂ de concentración 0,01 mol/dm³, considerando que ambas sales están totalmente disociadas.

Supón los volúmenes aditivos.

(P.A.U. Jun. 12)

Rta.: a) $K_s = 3,21 \cdot 10^{-7}$; b) Sí.

Datos

Masa de SrSO₄

Volumen disolución de SrSO₄

Concentración de la disolución del Na₂SO₄

Concentración del SrCl₂

Cifras significativas: 3

$$m = 26,0 \text{ mg} = 0,0260 \text{ g}$$

$$V = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

$$[\text{Na}_2\text{SO}_4]_0 = 0,0100 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{SrCl}_2]_0 = 0,0200 \text{ mol/dm}^3$$

Incógnitas

Constante de solubilidad del sulfato de estroncio

K_s

Si se formará precipitado

Q

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³)

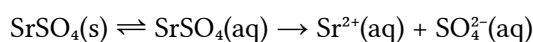
$$s = n / V = s' / M$$

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(s) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(aq) + a A^{\alpha-}(aq)$

$$K_s = [A^{\alpha-}]^a \cdot [B^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



La constante de equilibrio K_s es:

$$K_s = [\text{Sr}^{2+}]_e \cdot [\text{SO}_4^{2-}]_e$$

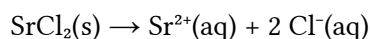
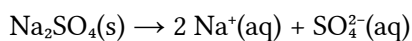
El sulfato de estroncio que se disuelve está totalmente disociado. La concentración del SrSO₄(aq) es

$$s = [\text{SrSO}_4(aq)] = \frac{0,260 \text{ g SrSO}_4}{0,250 \text{ dm}^3 \text{ D}} \cdot \frac{1 \text{ mol SrSO}_4}{184 \text{ g SrSO}_4} = 5,66 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \text{ D}$$

y la constante de equilibrio de solubilidad vale

$$K_s = s \cdot s = s^2 = 3,21 \cdot 10^{-7}$$

b) Las sales de las disoluciones están totalmente disociadas.



Las concentraciones iniciales de los iones son:

$$[\text{Sr}^{2+}]_0 = [\text{SrCl}_2]_0 = 0,0200 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]_0 = [\text{Na}_2\text{SO}_4]_0 = 0,0100 \text{ mol/dm}^3$$

Al mezclar ambas disoluciones, se diluyen. Como los volúmenes se consideran aditivos, el volumen de la mezcla es el doble del volumen de cada disolución y las nuevas concentraciones son:

$$[\text{Sr}^{2+}] = \frac{n(\text{Sr}^{2+})}{V_T} = \frac{V \cdot 0,0200 \text{ mol Sr}^{2+} / \text{dm}^3}{2 \cdot V} = 0,0100 \text{ mol Sr}^{2+} / \text{dm}^3$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{n(\text{SO}_4^{2-})}{V_T} = \frac{V \cdot 0,0100 \text{ mol SO}_4^{2-} / \text{dm}^3}{2 \cdot V} = 0,00500 \text{ mol SO}_4^{2-} / \text{dm}^3$$

Se formará precipitado si $Q = [\text{Sr}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] > K_s$

$$Q = [\text{Sr}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = 0,0100 \cdot 0,00500 = 5,00 \cdot 10^{-5} > 3,21 \cdot 10^{-7}$$

y, por tanto, se forma precipitado.

19. El producto de solubilidad del cloruro de plomo(II) es $1,6 \cdot 10^{-5}$ a 298 K.

a) Determina la solubilidad del cloruro de plomo(II) expresada en mol/dm³.

b) Se mezclan 200 cm³ de una disolución de concentración $1,0 \cdot 10^{-3}$ mol/dm³ de Pb(NO₃)₂ y 200 cm³ de una disolución de HCl de pH = 3. Suponiendo que los volúmenes son aditivos indica si precipitará cloruro de plomo(II).

(P.A.U. Sep. 12)

Rta.: a) $s = 0,016$ mol/dm³; b) No

Datos

Producto de solubilidad del PbCl₂

Volumen disolución de Pb(NO₃)₂

Concentración de la disolución del Pb(NO₃)₂

Volumen disolución de HCl

pH de la disolución de HCl

Incógnitas

Solubilidad del PbCl₂

Si se formará precipitado

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³)

pH

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(\text{s}) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(\text{aq}) + a A^{\alpha-}(\text{aq})$

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

$$V_1 = 200 \text{ cm}^3 = 0,20 \text{ dm}^3$$

$$[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$V_2 = 200 \text{ cm}^3 = 0,20 \text{ dm}^3$$

$$\text{pH} = 3,0$$

$$s$$

$$Q$$

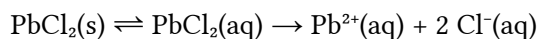
$$s = n / V = s' / M$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$K_s = [\text{A}^{\alpha-}]^a \cdot [\text{B}^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



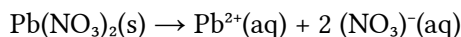
La constante de equilibrio K_s de solubilidad en función de las concentraciones es

$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{Cl}^-]_e^2 = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 = 1,6 \cdot 10^{-5}$$

Despejando la solubilidad s

$$s = \sqrt[3]{\frac{1,6 \cdot 10^{-5}}{4}} = 0,016 \text{ mol/dm}^3$$

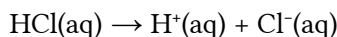
b) El nitrato de plomo(II) disuelto está totalmente disociado.



La concentración inicial del ión Pb^{2+} es:

$$[\text{Pb}^{2+}]_0 = [\text{Pb(NO}_3)_2]_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

La ionización del HCl disuelto es



La concentración inicial de iones Cl^- es la misma que la de iones H^+ , que se calcula a partir del pH

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3,0} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cl}^-]_0 = [\text{H}^+]_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

Al mezclar ambas disoluciones, se diluyen. Como los volúmenes se consideran aditivos, el volumen de la mezcla es la suma de los volúmenes de cada disolución y las nuevas concentraciones son:

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{n(\text{Pb}^{2+})}{V_T} = \frac{0,20[\text{dm}^3] \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} [\text{mol Pb}^{2+}/\text{dm}^3]}{0,40[\text{dm}^3]} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol Pb}^{2+}/\text{dm}^3$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{n(\text{Cl}^-)}{V_T} = \frac{0,20 \text{ dm}^3 \cdot 1,0 \text{ time } 10^{-3} \text{ mol Cl}^-/\text{dm}^3}{0,40 \text{ dm}^3} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol Cl}^-/\text{dm}^3$$

Se formará precipitado si $Q = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 > K_s$

$$Q = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 = 5,0 \cdot 10^{-4} \cdot (5,0 \cdot 10^{-4})^2 = 1,3 \cdot 10^{-10} < 1,6 \cdot 10^{-5}$$

y, por tanto, no se forma precipitado.

20. Se dispone de una disolución que contiene una concentración de Cd^{2+} de $1,1 \text{ mg/dm}^3$. Se quiere eliminar parte del Cd^{2+} precipitándolo con un hidróxido, en forma de Cd(OH)_2 . Calcula:

a) El pH necesario para iniciar la precipitación.

b) La concentración de Cd^{2+} , en mg/dm^3 , cuando el pH es igual a 12.

Dato: $K_s(\text{Cd(OH)}_2) = 1,2 \cdot 10^{-14}$

(P.A.U. Jun. 16)

Rta.: a) pH = 9,5; b) $[\text{Cd}^{2+}]_b = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mg/dm}^3$

Datos

Producto de solubilidad del Cd(OH)_2

Concentración de ión cadmio

Masa atómica: Cd

pH para calcular la $[\text{Cd}^{2+}]$ en el apartado b

Incógnitas

pH necesario para iniciar la precipitación

Concentración de ión cadmio a pH = 12

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm^3)

pH

pOH

Producto iónico del agua

Producto de solubilidad del equilibrio: $B_b A_a(\text{s}) \rightleftharpoons b B^{\beta+}(\text{aq}) + a A^{\alpha-}(\text{aq})$

Cifras significativas: 2

$$K_s = 1,2 \cdot 10^{-14}$$

$$[\text{Cd}^{2+}] = 1,1 \text{ mg/dm}^3$$

$$M(\text{Cd}) = 112 \text{ g/mol}$$

$$\text{pH}_b = 12$$

pH

$$[\text{Cd}^{2+}]_b$$

$$s = n / V = s' / M$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

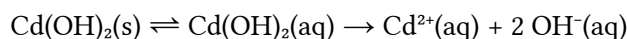
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$K_s = [\text{A}^{\alpha-}]^a \cdot [\text{B}^{\beta+}]^b$$

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad del $\text{Cd}(\text{OH})_2$ es



La constante de equilibrio K_s de solubilidad en función de las concentraciones es

$$K_s = [\text{Cd}^{2+}]_e \cdot [\text{OH}^{-}]_e^2$$

El $\text{Cd}(\text{OH})_2$ precipitará cuando el producto de las concentraciones sea mayor o igual a su producto de solubilidad.

$$Q = [\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{OH}^{-}]^2 > K_s$$

La concentración de ión cadmio es

$$[\text{Cd}^{2+}] = \frac{1,1 \text{ mg}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \cdot \frac{1 \text{ mol Cd}^{2+}}{112 \text{ g Cd}^{2+}} = 9,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$$

Suponiendo que esta concentración no varía al añadirle una disolución que contenga iones hidróxido, la concentración de iones hidróxido necesaria para que comience a precipitar hidróxido de cadmio es:

$$[\text{OH}^{-}] = \sqrt{\frac{K_s}{[\text{Cd}^{2+}]}} = \sqrt{\frac{1,20 \cdot 10^{-14}}{9,8 \cdot 10^{-6}}} = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

El pOH es:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^{-}] = -\log(3,5 \cdot 10^{-5}) = 4,5$$

El pH es:

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 9,5$$

b) Cuando el pH = 12, el pOH = 14 - 12 = 2, y la concentración de iones hidróxido vale:

$$[\text{OH}^{-}]_b = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2} = 0,010 \text{ mol/dm}^3$$

La concentración de iones cadmio se calcula a partir del producto de solubilidad:

$$[\text{Cd}^{2+}]_b = \frac{K_s}{[\text{OH}^{-}]^2} = \frac{1,20 \cdot 10^{-14}}{0,010^2} = 1,20 \cdot 10^{-10} \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cd}^{2+}]_b = \frac{1,20 \cdot 10^{-10} \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{112 \text{ g Cd}^{2+}}{1 \text{ mol Cd}^{2+}} \cdot \frac{10^3 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mg/dm}^3$$

◇ CUESTIONES

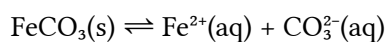
1. b) Razona cómo varía la solubilidad del FeCO_3 (sal poco soluble) al añadir Na_2CO_3 a una disolución acuosa de la dicha sal.

(A.B.A.U. Sep. 18)

Solución:

b) La solubilidad disminuye en presencia de un ión común.

Para una sal poco soluble como el carbonato de hierro(II) el sólido se encuentra en equilibrio con los iones disueltos.

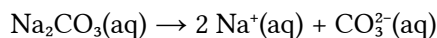


La solubilidad s (concentración de la disolución saturada), se puede calcular de la expresión de la constante de equilibrio:

		FeCO ₃	⇌	CO ₃ ²⁻	Fe ²⁺	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

$$K_s = [\text{CO}_3^{2-}] \cdot [\text{Fe}^{2+}] = s \cdot s = s^2$$

El carbonato de sodio es un electrolito fuerte que, en disoluciones diluidas, está totalmente dissociado.



Al añadir a una disolución de carbonato de hierro(II) en equilibrio una disolución acuosa de carbonato de sodio, que se disuelve totalmente, el equilibrio se desplaza, siguiendo la ley de Lee Chatelier, en el sentido de consumir el ión carbonato extra y de formar mayor cantidad de precipitado de carbonato de hierro(II), dejando menos iones hierro(II) en la disolución.

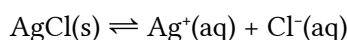
2. b) Razona si es correcta la siguiente afirmación: la solubilidad del cloruro de plata (sal poco soluble) es igual en agua pura que en una disolución de cloruro de sodio.

(A.B.A.U. Jun. 18)

Solución:

b) Incorrecta. La solubilidad disminuye en presencia de un ión común.

Para una sal poco soluble, por ejemplo el cloruro de plata, el sólido se encuentra en equilibrio con los iones disueltos.



La solubilidad s (concentración de la disolución saturada), se puede calcular de la expresión de la constante de equilibrio:

		AgCl	⇌	Cl ⁻	Ag ⁺	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

$$K_s = [\text{Cl}^-] \cdot [\text{Ag}^+] = s \cdot s = s^2$$

El cloruro de sodio es un electrolito fuerte que, en disoluciones diluidas, está totalmente dissociado.



Al añadir a una disolución de cloruro de plata en equilibrio una cantidad de cloruro de sodio, que se disuelve totalmente, el equilibrio se desplaza, siguiendo la ley de Le Chatelier, en el sentido de consumir el ión cloruro extra y de formar mayor cantidad de precipitado de cloruro de plata, dejando menos iones plata en la disolución.

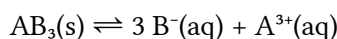
3. Se pone en un vaso con agua cierta cantidad de una sal poco soluble, de fórmula general AB₃, y no se disuelve completamente. El producto de solubilidad de la sal es K_s .
- Deduca la expresión que relaciona la concentración de A³⁺ con el producto de solubilidad de la sal.
 - A continuación se introduce en el vaso una cantidad de una sal soluble CB₂ ¿Qué variación produce en la solubilidad de la sal AB₃?

(P.A.U. Jun. 05)

Solución:

a) Se llama s a la solubilidad (concentración de la disolución saturada).

La ecuación del equilibrio de solubilidad es

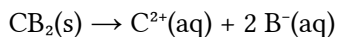


		AB ₃	⇌	3 B ⁻	A ³⁺	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			3 s	s	mol/dm ³

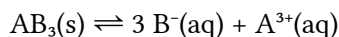
La constante de equilibrio o producto de solubilidad es:

$$K_s = [A^{3+}]_e \cdot [B^-]_e^3 = s (3 s)^3 = 27 s^4 = 27 [A^{3+}]^4$$

b) La solubilidad de la sal AB₃ será menor que antes por efecto del ión común.
La sal CB₂ soluble se disociará totalmente:



lo que produce un aumento en la concentración del ión B⁻ en la disolución.
Esto provocará un desplazamiento del equilibrio



hacia la formación de la sal sólida, ya que en la expresión del producto de solubilidad,

$$K_s = [A^{3+}]_e \cdot [B^-]_e^3$$

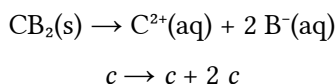
un aumento en la concentración del ión B⁻ tendrá que ser compensada con una disminución en la concentración del ión A³⁺ para mantener constante el valor del producto de solubilidad, que es una constante de equilibrio que solo cambia con la temperatura.
Es decir, la sal estará menos disociada y la solubilidad será menor.

(Si hubiese que realizar el cálculo, sería conveniente usar la situación equivalente a la de intentar disolver la sal AB₃(s) en una disolución que contiene una cantidad *n* de CB₂ en el volumen *V* de disolución de la disolución original.)

La concentración *c* de CB₂ será:

$$c = [CB_2] = n / V$$

Al ser CB₂ un sal soluble, estará totalmente disociada:



Como hay una concentración del ión B⁻ (efecto del ión común), la solubilidad de la sal AB₃ será menor.

Concentración		AB ₃	⇌	3 B ⁻	A ³⁺	
inicial	[X] ₀			2 c	0	mol/dm ³
reacciona o se forma	[X] _r	s _b	→	3 s _b	s _b	mol/dm ³
en el equilibrio	[X] _e			3 s _b + 2 c	s _b	mol/dm ³

$$K_s = [A^{3+}]_e \cdot [B^-]_e^3 = s_b (3 s_b + 2 c)^3$$

La solución de esta ecuación se haría por métodos de aproximación)

4. Justifica si esta afirmación es correcta:

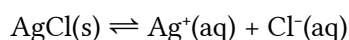
b) La presencia de un ión común disminuye la solubilidad de una sal ligeramente soluble.

(P.A.U. Jun. 14)

Solución:

b) Verdadera. La solubilidad disminuye en presencia de un ión común.

Para una sal poco soluble, por ejemplo el cloruro de plata, el sólido se encuentra en equilibrio con los iones disueltos.

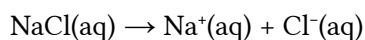


La solubilidad *s* (concentración de la disolución saturada), se puede calcular de la expresión de la constante de equilibrio:

		AgCl	⇌	Cl ⁻	Ag ⁺	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			s	s	mol/dm ³

$$K_s = [\text{Cl}^-] \cdot [\text{Ag}^+] = s \cdot s = s^2$$

El cloruro de sodio es un electrolito fuerte que, en disoluciones diluidas, está totalmente disociado.



Al añadir a una disolución de cloruro de plata en equilibrio una cantidad de cloruro de sodio, que se disuelve totalmente, el equilibrio se desplaza, siguiendo la ley de Le Chatelier, en el sentido de consumir el ión cloruro extra y de formar mayor cantidad de precipitado de cloruro de plata, dejando menos iones plata en la disolución.

5. Se dispone de una disolución saturada de cloruro de plata en agua. Indica razonadamente, que sucedería si a esta disolución:
- Se le añaden 2 g de NaCl.
 - Se le añaden 10 cm³ de agua.

(P.A.U. Sep. 08)

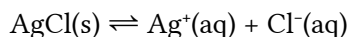
Solución:

- a) La solubilidad disminuiría por el efecto del ión común.

El cloruro de sodio es un electrolito fuerte que, en disoluciones diluidas, está totalmente disociado.



El cloruro de plata es una sal poco soluble. El sólido se encuentra en equilibrio con los iones disueltos



Al añadir NaCl, que se disuelve totalmente, el equilibrio se desplaza, siguiendo la ley de Le Chatelier, en el sentido de consumir el ión cloruro extra y de formar mayor cantidad de precipitado, dejando menos iones plata en la disolución.

Si no había sólido en equilibrio con la disolución saturada, se formaría un precipitado de cloruro de plata.

- b) Si hay sólido en equilibrio con la disolución saturada, parte del sólido se disuelve hasta alcanzar el nuevo equilibrio. La solubilidad se mantendría, pero se disolvería más cantidad del cloruro de plata sólido, ya que al haber más volumen de disolución, habría más cantidad de soluto disuelto.

Si no hay sólido en equilibrio con la disolución saturada, la concentración de la disolución disminuiría.

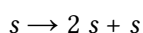
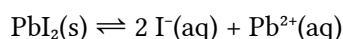
6. a) Expresa la relación que existe entre la solubilidad y el producto de solubilidad para el yoduro de plomo(II).
b) Si se dispone de una disolución saturada de carbonato de calcio en equilibrio con su sólido, ¿cómo se verá modificada la solubilidad del precipitado al añadirle carbonato de sodio? Razona las respuestas.

(P.A.U. Jun. 09)

Solución:

- a) Se llama s a la solubilidad (concentración de la disolución saturada).

La ecuación del equilibrio puede escribirse:

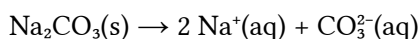


La constante de equilibrio o producto de solubilidad es:

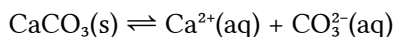
$$K_s = [\text{Pb}^{2+}]_e \cdot [\text{I}^-]_e^2 = s (2s)^2 = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$$

- b) La solubilidad del CaCO₃ será menor que antes por efecto del ión común. El Na₂CO₃ soluble se disociará totalmente:



lo que produce un aumento en la concentración del ión CO_3^{2-} en la disolución. Esto provocará un desplazamiento del equilibrio



hacia la formación de la sal sólida, ya que en la expresión del producto de solubilidad,

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}]_e \cdot [\text{CO}_3^{2-}]_e$$

un aumento en la concentración del ión CO_3^{2-} tendrá que ser compensada con una disminución en la concentración del ión Ca^{2+} para mantener constante el valor del producto de solubilidad, que es una constante de equilibrio que solo cambia con la temperatura.

Es decir, la sal estará menos disociada y la solubilidad será menor.

7. Como es conocido, el ión plata precipita con iones Cl^- , I^- y CrO_4^{2-} , con los siguientes datos:

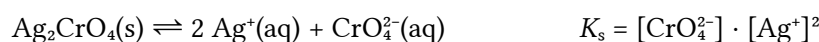
$$K_s(\text{AgCl}) = 1,7 \cdot 10^{-10}; K_s(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1,1 \cdot 10^{-12} \text{ y } K_s(\text{AgI}) = 8,5 \cdot 10^{-17}$$

- Explica razonadamente lo que sucederá si se añade una disolución acuosa de nitrato de plata lentamente, a una disolución acuosa que contiene los tres aniones a la misma concentración.
- Indica los equilibrios y las expresiones de la constante del producto de solubilidad para cada una de las reacciones entre el anión y el ión plata.

(P.A.U. Jun. 10)

Solución:

Las ecuaciones de equilibrio son:



Para una determinada concentración «c» de ión plata, la concentración de cada anión cuando comience a precipitar la sal correspondiente es:

$$[\text{Cl}^-]_p = \frac{K_{ps}(\text{AgCl})}{[\text{Ag}^+]} = \frac{1,7 \cdot 10^{-10}}{c}$$

$$[\text{I}^-]_p = \frac{K_{ps}(\text{AgI})}{[\text{Ag}^+]} = \frac{8,5 \cdot 10^{-17}}{c}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}]_p = \frac{K_{ps}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{[\text{Ag}^+]^2} = \frac{1,1 \cdot 10^{-12}}{c^2}$$

Al añadir lentamente la disolución que contiene los tres aniones, las concentraciones de ellos serán muy pequeñas e irán aumentando. El anión que alcance primero la concentración necesaria será el que produzca el primer precipitado.

Para cualquier concentración de ión plata, la concentración necesaria de ión yoduro será siempre menor que la de ión cloruro.

$$[\text{I}^-]_p < [\text{Cl}^-]_p$$

Por lo tanto el yoduro de plata precipitará antes que el cloruro de plata.

El yoduro de plata también precipitará antes que el cromato de plata siempre que la concentración de ión plata c sea menor que $1,1 \cdot 10^{-12} / 8,5 \cdot 10^{-17} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ese valor es tan elevado que la condición se cumplirá siempre

$$[\text{I}^-]_p < [\text{CrO}_4^{2-}]_p$$

Precipitará en primero lugar el AgI.

A medida que va precipitando AgI, la concentración del ión Ag^+ va disminuyendo. También disminuye la de ión yoduro, pero se va compensando en parte por la adición de la disolución que contiene los tres aniones.

Cuando la concentración de ión plata «c» quede por debajo de $1,1 \cdot 10^{-12} / 1,7 \cdot 10^{-10} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, la concentración de ión cloruro necesaria para que precipite el cloruro de plata es menor que la de ión cromato.

$$[\text{Cl}^-]_p < [\text{CrO}_4^{2-}]_p$$

Cuando se agote el ión yoduro (o más exactamente cuando la concentración de ión yoduro quede por debajo de $8,5 \cdot 10^{-17} / c$) lo que precipitará será AgCl.

Solo al final, cuando ya no quede ni ión cloruro ni ión yoduro, si aún hay ión plata, acabará precipitando el cromato de plata.

◇ LABORATORIO

- ¿Para qué sirve un embudo büchner? ¿Y un matraz kitasato? Haz un esquema de montaje para la utilización de ambos.

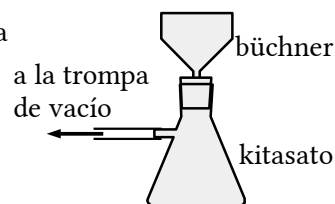
(P.A.U. Sep. 11)

Solución:

Para realizar una filtración a vacío.

Se coloca el papel de filtro en el interior del embudo büchner, se ajusta a la boca de un matraz kitasato y se conecta a una trompa de vacío.

Se vierte sobre el embudo büchner la disolución con el precipitado, y se recoge éste sobre el papel de filtro



- Se mezclan $25,0 \text{ cm}^3$ de una disolución de CaCl_2 de concentración $0,02 \text{ mol/dm}^3$ y $25,0 \text{ cm}^3$ de una disolución de Na_2CO_3 de concentración $0,03 \text{ mol/dm}^3$.

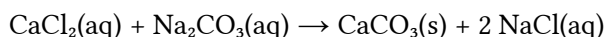
- Indica el precipitado que se obtiene y la reacción química que tiene lugar.
- Describe el material y el procedimiento empleado para su separación.

(P.A.U. Sep. 08)

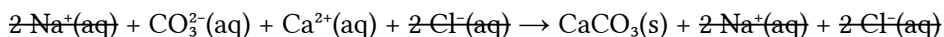
Solución:

Se obtiene un precipitado de carbonato de calcio.

La reacción de precipitación es:



Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



Procedimiento

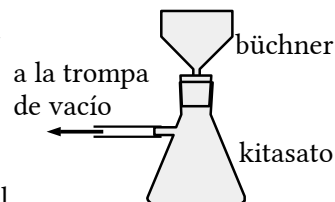
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desencaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



- Al mezclar 25 cm^3 de una disolución de AgNO_3 de concentración $0,01 \text{ mol/dm}^3$ con 10 cm^3 de una disolución de NaCl de concentración $0,04 \text{ mol/dm}^3$ se obtiene un precipitado de cloruro de plata.

- Escribe la reacción que tiene lugar y calcula la cantidad máxima de precipitado que se podría

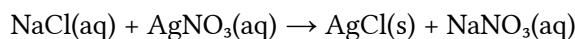
obtener.

- b) Describe el procedimiento y nombra el material que utilizarías en el laboratorio para separar el precipitado.

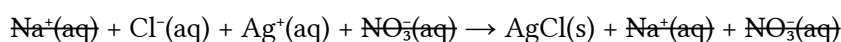
(A.B.A.U. Jun. 18)

Solución:

a) La reacción es:



Si solo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



Cálculo de la cantidad máxima de precipitado (suponiendo 2 cifras significativas)

Se calcula la masa de cloruro de plata que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de cloruro de sodio y nitrato de plata.

Cantidades iniciales de los reactivos:

$$n_0(\text{NaCl}) = 10 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,040 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ dm}^3} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaCl}$$

$$n_0(\text{AgNO}_3) = 25 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,010 \text{ mol AgNO}_3}{1 \text{ dm}^3} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol AgNO}_3$$

Como reaccionan mol a mol, la cantidad de AgNO_3 necesaria para reaccionar con el NaCl es

$$n(\text{AgNO}_3) = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol AgNO}_3$$

Como solo hay $2,5 \cdot 10^{-4}$ mol, el reactivo limitante es el nitrato de plata.

La masa que se puede obtener es:

$$m = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol AgNO}_3 \frac{1 \text{ mol AgCl}}{1 \text{ mol AgNO}_3} \frac{143 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} = 0,036 \text{ g AgCl}$$

Procedimiento

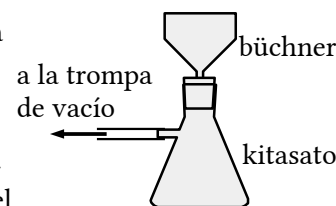
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



4. En el laboratorio se mezclan 30 cm^3 de una disolución de concentración $0,1 \text{ mol/dm}^3$ de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ y 40 cm^3 de una disolución de concentración $0,1 \text{ mol/dm}^3$ de KI , obteniéndose $0,86$ gramos de un precipitado de PbI_2 .

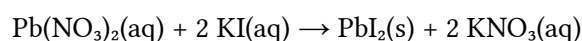
- a) Escribe la reacción que tiene lugar y calcula el porcentaje de rendimiento de la misma.
b) Indica el material y el procedimiento que emplearías para separar el precipitado formado.

(A.B.A.U. Jun. 19)

Rta.: rendimiento del 93 %

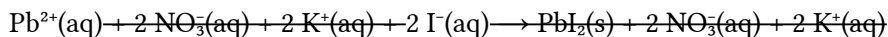
Solución:

a) La reacción es:



Se obtiene un precipitado de yoduro de plomo(II).

Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



Cálculo del rendimiento (suponiendo 2 cifras significativas)

Se calcula la masa de yoduro de plomo(II) que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de yoduro de potasio y nitrato de plomo(II).

Cantidades iniciales de los reactivos:

$$n_0(\text{KI}) = 40 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,10 \text{ mol KI}}{1 \text{ dm}^3} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol KI}$$

$$n_0(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 30 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,10 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ dm}^3} = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2$$

Cantidad de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ necesaria para reaccionar con el KI:

$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol KI} \frac{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{2 \text{ mol KI}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2$$

Como la cantidad que hay de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ($3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$) es mayor que ($2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$) la necesaria para reaccionar con todo el KI, lo reactivo limitante es el KI. La cantidad máxima de PbI_2 que se puede formar en la reacción es:

$$n = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol KI} \frac{1 \text{ mol PbI}_2}{2 \text{ mol KI}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol PbI}_2$$

La masa que se puede obtener es:

$$m = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol PbI}_2 \frac{461 \text{ g PbI}_2}{1 \text{ mol PbI}_2} = 0,92 \text{ g PbI}_2$$

El rendimiento se obtiene dividiendo la masa obtenida entre la calculada y se expresa el resultado en tanto por ciento. Como solo se obtuvieron 0,86 g, el rendimiento es:

$$rto. = \frac{0,86 \text{ g obtenidos}}{0,92 \text{ g máximo}} = 0,93 = 93 \%$$

Procedimiento

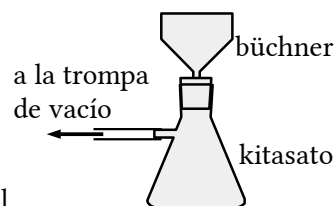
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desencaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



5. Se mezclan 20 cm^3 de disolución de Na_2CO_3 de concentración $0,15 \text{ mol/dm}^3$ y 50 cm^3 de disolución de CaCl_2 de concentración $0,10 \text{ mol/dm}^3$, obteniéndose $0,27 \text{ g}$ de un precipitado de CaCO_3 .

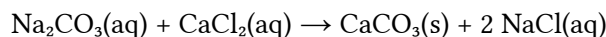
- Escribe la reacción que tiene lugar y calcula el porcentaje de rendimiento de la reacción.
- Describe el procedimiento que emplearías en el laboratorio para separar el precipitado obtenido, haciendo un esquema del montaje y el material que hay que emplear.

(A.B.A.U. Sep. 18)

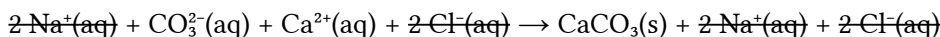
Rta.: rendimiento del 90%

Solución:

a) La reacción es:



Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



Cálculo del rendimiento (suponiendo 2 cifras significativas)

Se calcula la masa de carbonato de calcio que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de cloruro de calcio y carbonato de sodio.

Cantidades iniciales de los reactivos:

$$n_0(\text{CaCl}_2) = 50 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,10 \text{ mol CaCl}_2}{1 \text{ dm}^3} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol CaCl}_2$$

$$n_0(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 20 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,15 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{1 \text{ dm}^3} = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

Como reaccionan mol a mol, la cantidad de Na_2CO_3 necesaria para reaccionar con el CaCl_2 es:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

Como solo hay $3,0 \cdot 10^{-3}$ mol, el reactivo limitante es el carbonato de sodio.

Se producirán como máximo:

$$m = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{CO}_3 \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3} \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 0,30 \text{ g CaCO}_3$$

Como sólo se obtienen 0,27 g, el rendimiento es

$$\text{rto.} = \frac{0,27 \text{ g obtenidos}}{0,30 \text{ g máximo}} = 0,90 = 90 \%$$

Procedimiento

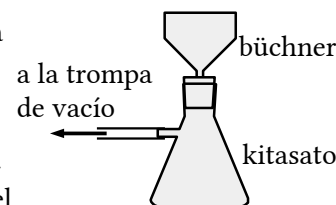
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



6. Se mezclan 10 cm^3 de una disolución de BaCl_2 de concentración $0,01 \text{ mol/dm}^3$ con 40 cm^3 de una disolución de sulfato de sodio de concentración $0,01 \text{ mol/dm}^3$ obteniéndose cloruro de sodio y un precipitado de sulfato de bario.

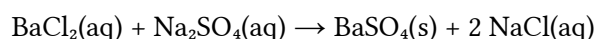
a) Escribe la reacción que tiene lugar e indica la cantidad de precipitado que se obtiene.

b) Indica el material y el procedimiento que emplearías para separar el precipitado formado.

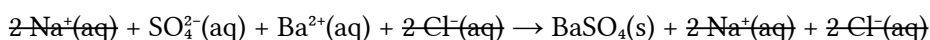
(A.B.A.U. Sep. 17)

Solución:

a) La reacción de precipitación es:



Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



Cálculo de la cantidad de precipitado (suponiendo 2 cifras significativas)

Se calcula la masa de sulfato de bario que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de cloruro de bario y sulfato de sodio.

Cantidades iniciales de los reactivos:

$$n_0(\text{BaCl}_2) = 10 \text{ cm}^3 \text{ D } \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,010 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol BaCl}_2$$

$$n_0(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 40 \text{ cm}^3 \text{ D } \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,010 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$$

Como reaccionan mol a mol, la cantidad de sulfato de sodio necesaria para reaccionar con el cloruro de bario es

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$$

Como hay $4,0 \cdot 10^{-3}$ mol, más que lo necesario, el reactivo limitante es el cloruro de bario.

Se obtiene de precipitado:

$$m = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol BaCl}_2 \frac{1 \text{ mol BaSO}_4}{1 \text{ mol BaCl}_2} \frac{233 \text{ g BaSO}_4}{1 \text{ mol BaSO}_4} = 0,023 \text{ g BaSO}_4$$

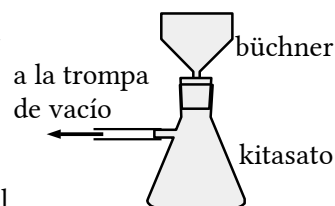
Procedimiento

Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desencaja el embudo y se cierra la llave. Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.

Material

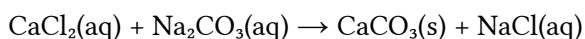
Vasos de precipitados (2), varilla de vidrio, embudo büchner, matraz kitasato, papel de filtro.

7. Al hacer reaccionar una disolución de cloruro de calcio y otra de carbonato de sodio, se obtiene un precipitado de carbonato de calcio.
 - a) Escribe la reacción que tiene lugar e indica cómo calcularías el porcentaje del rendimiento de la reacción.
 - b) Indica el material y describe el procedimiento a seguir en el laboratorio para la obtención y separación del precipitado.

(P.A.U. Jun. 15)

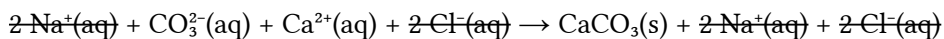
Solución:

Se produce la reacción de precipitación:



y se obtiene un precipitado de carbonato de calcio.

Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:

Cálculo del rendimiento

Se calcula la masa de carbonato de calcio que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de cloruro de calcio y carbonato de sodio.

El rendimiento se obtiene dividiendo la masa obtenida entre la calculada y se expresa el resultado en tanto por ciento.

Material

Vasos de precipitados (2), varilla de vidrio, embudo büchner, matraz kitasato, papel de filtro.

Procedimiento

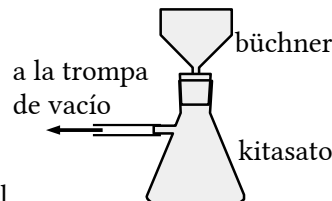
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta a una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.

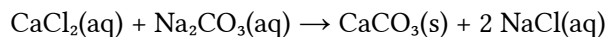


8. a) 2,0 g de CaCl_2 se disuelven en 25 mL de agua y 3,0 g de Na_2CO_3 en otros 25 mL de agua. Seguidamente se mezclan las dos disoluciones. Escribe la reacción que tiene lugar identificando el precipitado que se produce y la cantidad máxima que se podría obtener.
b) Describe la operación que emplearías en el laboratorio para separar el precipitado obtenido, dibujando el montaje y el material a emplear.

(P.A.U. Sep. 16)

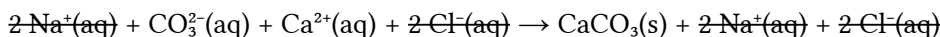
Solución:

a) Se produce la reacción de precipitación:



y se obtiene un precipitado de carbonato de calcio.

Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



Cálculo de la cantidad máxima de precipitado (suponiendo 2 cifras significativas)

Se calcula la masa de carbonato de calcio que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de cloruro de calcio y carbonato de sodio.

Cantidades iniciales de los reactivos:

$$n_0(\text{CaCl}_2) = 2,0 \text{ g} \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{111 \text{ g CaCl}_2} = 0,018 \text{ mol CaCl}_2$$

$$n_0(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 3,0 \text{ g} \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3}{106 \text{ g Na}_2\text{CO}_3} = 0,028 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

Como reaccionan mol a mol, la cantidad de Na_2CO_3 necesaria para reaccionar con el CaCl_2 es:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,018 \text{ mol Na}_2\text{CO}_3$$

Como hay 0,028 mol, más del necesario, el reactivo limitante es el cloruro de calcio.

Se producirán como máximo:

$$m = 0,0180 \text{ mol CaCl}_2 \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCl}_2} \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 1,80 \text{ g CaCO}_3$$

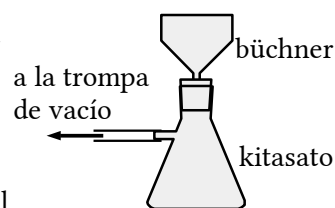
Procedimiento

Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta a una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave. Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



Material

Vasos de precipitados (2), varilla de vidrio, embudo büchner, matraz kitasato, papel de filtro.

9. Describe una reacción de precipitación que haya realizado en el laboratorio. Dibuja el material y explica el modo de utilizarlo. Escribe la reacción que tiene lugar. ¿Cómo calcularías el rendimiento?

(P.A.U. Sep. 05)

Solución:

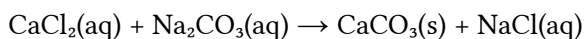
La reacción entre el cloruro de calcio CaCl_2 y el carbonato de sodio Na_2CO_3

Se pesan 5,0 g de cloruro de calcio en una balanza granataria sobre un vidrio de reloj y se disuelven en una cantidad de agua muy pequeña en un vaso de precipitados, agitando con una varilla de vidrio.

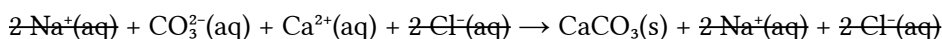
Se pesa una masa de carbonato de sodio mayor que la calculada para la reacción y se disuelve también en poca cantidad de agua en otro vaso de precipitados.

Se calienta la disolución de cloruro de calcio con un mechero Bunsen y se vierte la disolución de carbonato de sodio sobre ella, agitando la mezcla con una varilla de vidrio. Luego se deja enfriar.

Se produce la reacción de precipitación:



Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



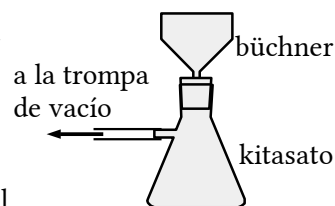
Procedimiento

Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta a una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave. Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



Se pesa el precipitado sobre el papel de filtro. Se resta a la masa que daba la balanza, la masa de un papel de filtro seco.

Para calcular el rendimiento, se calcula la cantidad esperada de CaCO_3 de la reacción:

$$m(\text{CaCO}_3) = 5,0 \text{ g CaCl}_2 \cdot \frac{1 \text{ mol CaCl}_2}{110 \text{ g CaCl}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCl}_2} \cdot \frac{100 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 5,5 \text{ g CaCO}_3$$

y se divide la cantidad obtenida entre la esperada. Si se hubiesen obtenido 5,2 g de CaCO_3 , el rendimiento sería:

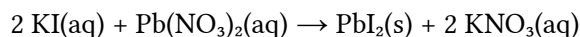
$$r = \frac{5,2 \text{ g obtenidos CaCO}_3}{5,5 \text{ g calculados CaCO}_3} = 0,94 = 94 \%$$

10. Se mezclan 50 cm³ de disolución de concentración 0,1 mol/dm³ de KI y 20 cm³ de disolución de concentración 0,1 mol/dm³ de Pb(NO₃)₂ obteniéndose 0,51 g de un precipitado de PbI₂.
- Escribe la reacción que tiene lugar e indica el porcentaje del rendimiento de la reacción.
 - Indica el material y describe el procedimiento a seguir en el laboratorio para la obtención y separación del precipitado.

(P.A.U. Jun. 16)

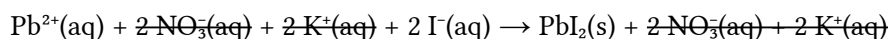
Rta.: rendimiento del 55 %**Solución:**

Se produce la reacción de precipitación:



Se obtiene un precipitado de yoduro de plomo(II).

Si sólo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:

Cálculo del rendimiento (suponiendo 2 cifras significativas)

Se calcula la masa de yoduro de plomo(II) que debería obtenerse a partir de los datos de las disoluciones de yoduro de potasio y nitrato de plomo(II).

Cantidades presentes de reactivos:

$$n(\text{KI}) = 50 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,1 \text{ mol KI}}{1 \text{ dm}^3} = 0,005 \text{ mol KI}$$

$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 20 \text{ cm}^3 \frac{1 \text{ dm}^3}{10^3 \text{ cm}^3} \frac{0,1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{1 \text{ dm}^3} = 0,002 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2$$

Cantidad de Pb(NO₃)₂ necesaria para reaccionar con el KI:

$$n(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,005 \text{ mol KI} \frac{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2}{2 \text{ mol KI}} = 0,0025 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2$$

Como la cantidad de Pb(NO₃)₂ (0,002 mol) es menor que (0,0025 mol) la necesaria para reaccionar con todo el KI, el Pb(NO₃)₂ es el reactivo limitante. La cantidad de PbI₂ que se forma de la reacción es:

$$n(\text{PbI}_2) = 0,002 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2 \frac{1 \text{ mol PbI}_2}{1 \text{ mol Pb}(\text{NO}_3)_2} = 0,002 \text{ mol PbI}_2$$

La masa que se puede obtener es:

$$m(\text{PbI}_2) = 0,002 \text{ mol PbI}_2 \frac{461 \text{ g PbI}_2}{1 \text{ mol PbI}_2} = 0,92 \text{ g PbI}_2$$

El rendimiento se obtiene dividiendo la masa obtenida entre la calculada y se expresa el resultado en tanto por ciento. Como solo se han obtenido 0,51 g, el rendimiento es:

$$r = \frac{0,51 \text{ g PbI}_2 \text{ obtenidos}}{0,92 \text{ g PbI}_2 \text{ teóricos}} = 0,55 = 55 \%$$

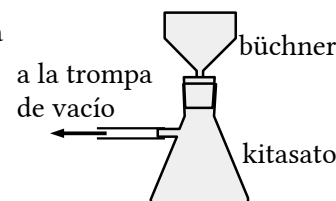
Material

Vasos de precipitados (2), varilla de vidrio, embudo büchner, matraz kitasato, papel de filtro.

Procedimiento

Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.



Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.

11. Vertemos en dos tubos de ensayo disoluciones de AgNO_3 , en uno, y de NaCl en el otro. Al mezclar ambas disoluciones se forma instantáneamente un precipitado, que poco a poco, va sedimentando en el fondo del tubo.

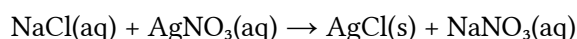
a) Escribe la reacción que tiene lugar.

b) Describe el procedimiento, indicando el material necesario, para separar y recoger el precipitado.

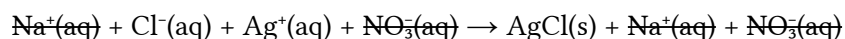
(P.A.U. Jun. 08, Jun. 06)

Solución:

La reacción es:



Si solo escribimos la reacción iónica que tiene lugar, será:



El precipitado es cloruro de plata, compuesto muy poco soluble en agua.

Procedimiento

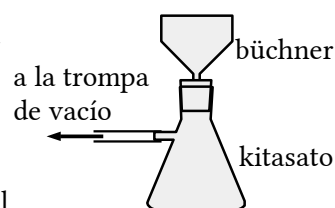
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre uno matraz kitasato y el vástago lateral del kitasato se conecta la una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido sobrenadante) en el embudo. Se echa más agua sobre el precipitado que aún queda en el vaso para llevarlo al embudo.

Cuando ya no gotee más agua en el interior del kitasato, se desenchaja el embudo y se cierra la llave.

Se quita el papel de filtro y se deja a secar un día o dos.



ACLARACIONES

Los datos de los enunciados de los problemas no suelen tener un número adecuado de cifras significativas. Por eso he supuesto que los datos tienen un número de cifras significativas razonables, casi siempre tres cifras significativas. Menos cifras darían resultados, en ciertos casos, con amplio margen de incertidumbre.

Así que cuando tomo un dato como $V = 1 \text{ dm}^3$ y lo reescribo como:

Cifras significativas: 3

$$V = 1,00 \text{ dm}^3$$

lo que quiero indicar es que supongo que el dato original tiene tres cifras significativas (no que las tenga en realidad) para poder realizar los cálculos con un margen de incertidumbre más pequeño que el que tendría si lo tomara tal como lo dan. (1 dm^3 tiene una sola cifra significativa, y una incertidumbre relativa del ¡100%! Como las incertidumbres se acumulan a lo largo del cálculo, la incertidumbre final sería inadmisiblemente. Entonces, ¿para qué realizar los cálculos? Con una estimación sería suficiente).

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](#).

Algunos cálculos se hicieron con una [hoja de cálculo](#) LibreOffice del mismo autor.

Algunas ecuaciones y las fórmulas orgánicas se construyeron con la extensión [CLC09](#) de Charles Lalanne-Cassou.

La traducción al/desde el gallego se realizó con la ayuda de [traducindote](#), de Óscar Hermida López.

Se procuró seguir las [recomendaciones](#) del Centro Español de Metrología (CEM)

Sumario

SOLUBILIDAD

<u>PROBLEMAS</u>	1
<u>CUESTIONES</u>	22
<u>LABORATORIO</u>	27

Índice de pruebas A.B.A.U. y P.A.U.

2005.....	
1. ^a (jun.).....	23
2. ^a (sep.).....	34
2006.....	
1. ^a (jun.).....	35
2. ^a (sep.).....	13
2007.....	
1. ^a (jun.).....	2
2. ^a (sep.).....	3
2008.....	
1. ^a (jun.).....	35
2. ^a (sep.).....	25, 27
2009.....	
1. ^a (jun.).....	25
2. ^a (sep.).....	17
2010.....	
1. ^a (jun.).....	26
2. ^a (sep.).....	14
2011.....	
1. ^a (jun.).....	18
2. ^a (sep.).....	27
2012.....	
1. ^a (jun.).....	19
2. ^a (sep.).....	20
2013.....	
1. ^a (jun.).....	10
2014.....	
1. ^a (jun.).....	15, 24
2. ^a (sep.).....	6
2015.....	
1. ^a (jun.).....	8, 32
2. ^a (sep.).....	11
2016.....	
1. ^a (jun.).....	21, 34
2. ^a (sep.).....	9, 33
2017.....	
1. ^a (jun.).....	13
2. ^a (sep.).....	1, 30
2018.....	
1. ^a (jun.).....	23, 28
2. ^a (sep.).....	1, 22, 29
2019.....	
1. ^a (jun.).....	5, 28
2. ^a (jul.).....	4