

## QUÍMICA

**Calificación:** El alumno elegirá UNA de las dos opciones. Cada pregunta se calificará con 2 puntos.

### OPCIÓN A

- 1.1. Nombre los siguientes compuestos e identifique y nombre los grupos funcionales presentes en cada uno de ellos:  $\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$      $\text{CH}_3\text{-NH}_2$      $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$      $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$   
1.2. Razone por qué el valor de la energía reticular (en valor absoluto) para el fluoruro de sodio es mayor que para el cloruro de sodio y cuál de ellos tendrá mayor punto de fusión.
- 2.1. Deduzca la hibridación del átomo central en la molécula de  $\text{BeF}_2$ .  
2.2. La reacción  $\text{A} + 2\text{B} \rightarrow \text{C} + 2\text{D}$  es de primer orden con respecto a cada uno de los reactivos.  
2.2.1 Escriba la expresión de la ecuación de velocidad de la reacción.  
2.2.2. Indique el orden total de la reacción.
- El  $\text{KMnO}_4$  reacciona con hipoclorito de potasio,  $\text{KClO}$ , en medio ácido sulfúrico, formando  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y agua.  
3.1. Ajuste las ecuaciones iónica y molecular por el método del ion-electrón.  
3.2. ¿Qué volumen de una disolución que contiene 15,8 g de permanganato de potasio por litro reacciona completamente con 2,0 litros de otra disolución que contiene 9,24 g de hipoclorito de potasio por litro?
- Una disolución 0,064 M de un ácido monoprótico (HA) tiene un pH de 3,86. Calcule:  
4.1. La concentración de todas las especies presentes en la disolución y el grado de ionización del ácido.  
4.2. El valor de la constante  $K_a$  del ácido y de la constante  $K_b$  de su base conjugada.
- En el laboratorio se mezclan 30 mL de una disolución 0,1 M de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  y 40 mL de una disolución 0,1 M de KI, obteniéndose 0,86 gramos de un precipitado de  $\text{PbI}_2$ .  
5.1. Escriba la reacción que tiene lugar y calcule el porcentaje de rendimiento de la misma.  
5.2. Indique el material y el procedimiento que emplearía para separar el precipitado formado.

### OPCIÓN B

- 1.1. Establezca la geometría de las moléculas  $\text{BF}_3$  y  $\text{NH}_3$  mediante la teoría de la repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (TRPEV).  
1.2. Complete la siguiente reacción:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH=CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow$   
Identifique el tipo de reacción y nombre los compuestos orgánicos que participan en ella.
- 2.1. Razone por qué a 1 atm de presión y a 25 °C de temperatura, el  $\text{H}_2\text{O}$  es un líquido y el  $\text{H}_2\text{S}$  es un gas.  
2.2. Dados los compuestos  $\text{BaCl}_2$  y  $\text{NO}_2$ , nómbralos y razone el tipo de enlace que presenta cada uno.
- El cloro gas se puede obtener según la reacción:  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ .  
Se introducen 0,90 moles de HCl y 1,2 moles de  $\text{O}_2$  en un recipiente cerrado de 10 L en el que previamente se hizo el vacío. Se calienta la mezcla a 390 °C y, cuando se alcanza el equilibrio a esta temperatura, se observa la formación de 0,40 moles de  $\text{Cl}_2$ .  
3.1. Calcule el valor de la constante  $K_c$ .  
3.2. Calcule la presión parcial de cada componente en el equilibrio y a partir de ellas calcule el valor de  $K_p$ .
- A 25 °C el producto de solubilidad del  $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$  es  $6,5 \cdot 10^{-10}$ . Calcule:  
4.1. La solubilidad de la sal y las concentraciones molares de los iones yodato y bario.  
4.2. La solubilidad de la citada sal, en  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , en una disolución 0,1 M de  $\text{KIO}_3$  a 25 °C en la que esta sal se encuentra totalmente disociada.
- 5.1 Haga un esquema indicando el material y los reactivos que se necesitan para construir en el laboratorio la pila que tiene la siguiente notación  $\text{Fe}(\text{s}) \mid \text{Fe}^{2+}(\text{ac}, 1\text{ M}) \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{ac}, 1\text{ M}) \mid \text{Cu}(\text{s})$ .  
5.2. Escriba las semirreacciones que se producen en el ánodo y en el cátodo e indique sus polaridades. Escriba la reacción iónica global y calcule la fuerza electromotriz de la pila.  
Datos:  $R = 8,31\text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,082\text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $1\text{ atm} = 101,3\text{ kPa}$ ;  $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$   
 $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34\text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44\text{ V}$

# Soluciones

## OPCIÓN A

1. a) Nombra los siguientes compuestos e identifica y nombra los grupos funcionales presentes en cada uno de ellos:



- b) Razona por qué el valor de la energía reticular (en valor absoluto) para el fluoruro de sodio es mayor que para el cloruro de sodio y cuál de ellos tendrá mayor punto de fusión.

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

### Solución:

	Fórmula	Nombre	Tipo	Grupo funcional
a.1)	$\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$	etanoato de etilo	éster	-COO- acilo
a.2)	$\text{CH}_3\text{-NH}_2$	metilamina	amina	-NH <sub>2</sub> amino
a.3)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3$	butan-2-ol	alcohol	-OH hidroxilo
a.4)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$	ácido propanoico	ácido carboxílico	-COOH carboxilo

### Solución:

- b) La energía reticular es básicamente una energía electrostática, de expresión

$$U = K \frac{Z^+ Z^- e^2}{d}$$

en la que  $K$  es la constante de Coulomb,  $Z^+$  y  $Z^-$  son los números de oxidación de los iones positivo y negativo, «e» es la carga del electrón y  $d$  es la distancia entre las cargas. Esta distancia está relacionada con la estructura cristalina y los radios iónicos  $r^+$  y  $r^-$ . Al no conocer la estructura cristalina tendremos que suponer que

$$d \approx r^+ + r^-$$

Suponiendo que el cloruro de sodio y el fluoruro de sodio tengan el mismo tipo de red, al ser en ambos casos las mismas cargas positiva (+1) y negativa (-1), el factor determinante es el radio iónico.

Puesto que el radio iónico del ion fluoruro es menor que lo del cloruro (tiene menos niveles energéticos) y el ion sodio es lo mismo se deduce que

$$d(\text{NaF}) < d(\text{NaCl}) \Rightarrow U(\text{NaF}) > U(\text{NaCl})$$

2. a) Deduce la hibridación del átomo central en la molécula de  $\text{BeF}_2$ .  
b) La reacción  $\text{A} + 2 \text{B} \rightarrow \text{C} + 2 \text{D}$  es de primer orden con respecto a cada uno de los reactivos.  
b.1) Escribe la expresión de la ecuación de velocidad de la reacción.  
b.2) Indica el orden total de la reacción.

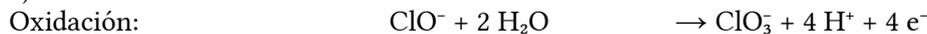
(A.B.A.U. Jun. 19)

### Solución:

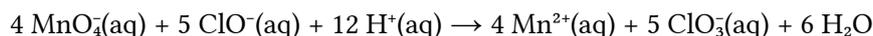
La teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia es la que da una justificación más sencilla de los ángulos de enlace. Supone que los electrones de valencia, junto con los de los átomos que forman enlace con él, rodean a un átomo formando parejas, en las que la repulsión entre los electrones de cada pareja es pequeña, debido a que tienen spin contrario, y solo hay que tener en cuenta a repulsión electrostática clásica entre los pares enlazantes (excepto los  $\pi$ ) y entre los pares enlazantes y los pares no enlazantes, de forma que se dispongan lo más lejos posible. Una repulsión de dos pares da una disposición lineal con ángulos de 180°, tres pares dan una distribución triangular con ángulos de 120° y cuatro pares se dirigen hacia los vértices de un tetraedro con ángulos de 109,5°.



a) Las semirreacciones iónicas son:



Multiplicando la primera por 5, la segunda por 4 y sumando, se obtiene la reacción iónica ajustada:



Sumando 9 K<sup>+</sup> y 6 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a cada lado de la ecuación y juntando los iones de signos opuestos se obtiene la reacción global:



b) La cantidad de hipoclorito de potasio que hay en 2,0 dm<sup>3</sup> de disolución es:

$$n = 2,00 \text{ dm}^3 \text{ D KClO} \frac{9,24 \text{ g KClO}}{1 \text{ dm}^3 \text{ D KClO}} \frac{1 \text{ mol KClO}}{90,6 \text{ g KClO}} = 0,204 \text{ mol KClO}$$

La cantidad de permanganato de potasio necesaria para reaccionar con esa cantidad de hipoclorito de potasio:

$$n' = 0,204 \text{ mol KClO} \frac{4 \text{ mol KMnO}_4}{5 \text{ mol KClO}} = 0,163 \text{ mol KMnO}_4$$

El volumen de disolución de permanganato de potasio de concentración 15,8 g/dm<sup>3</sup> que contiene esa cantidad es:

$$V_2 = 0,163 \text{ mol KMnO}_4 \frac{158 \text{ g KMnO}_4}{1 \text{ mol KMnO}_4} \frac{1 \text{ dm}^3 \text{ D KMnO}_4}{15,8 \text{ g KMnO}_4} = 1,63 \text{ dm}^3 \text{ D KMnO}_4$$

4. Una disolución de concentración 0,064 mol/dm<sup>3</sup> de un ácido monoprótico (HA) tiene un pH de 3,86.

Calcula:

a) La concentración de todas las especies presentes en la disolución y el grado de ionización del ácido.

b) El valor de la constante K<sub>a</sub> del ácido y de la constante K<sub>b</sub> de su base conjugada.

$$K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$$

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

**Rta.:** a) [HA] = 0,0639 mol/dm<sup>3</sup>; [A<sup>-</sup>] = [H<sup>+</sup>] = 1,38 · 10<sup>-4</sup> mol/dm<sup>3</sup>; [OH<sup>-</sup>] = 7,24 · 10<sup>-11</sup> mol/dm<sup>3</sup>;

$$\alpha = 0,216 \text{ %}; \text{ b) } K_a = 2,98 \cdot 10^{-7}; K_b = 3,35 \cdot 10^{-8}$$

### Datos

Concentración de ácido monoprótico

pH de la disolución

### Incógnitas

Concentración de todas las especies presentes en la disolución

Grado de disociación

Constante de acidez del ácido

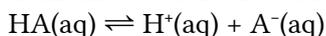
Constante de basicidad de la base conjugada

### Otros símbolos

Concentración de la sustancia X

### Ecuaciones

Constante de acidez de un ácido monoprótico:



pH

Producto iónico del agua

### Cifras significativas: 3

$$[\text{HA}]_0 = 0,064 \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{pH} = 3,86$$

$$[\text{HA}], [\text{H}^+], [\text{A}^-], [\text{OH}^-]$$

$$\alpha$$

$$K_a$$

$$K_b$$

$$[\text{X}]$$

$$K_a = \frac{[\text{A}^-]_e \cdot [\text{H}^+]_e}{[\text{HA}]_e}$$

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

$$K_w = [\text{H}^+]_e \cdot [\text{OH}^-]_e$$

### Ecuaciones

Grado de disociación

$$\alpha = \frac{n_d}{n_0} = \frac{[s]_d}{[s]_0}$$

Relación entre las constantes de acidez y de basicidad de la base conjugada  $K_a \cdot K_b = K_w$

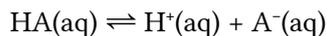
### Solución:

a) Como  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ,

$$3,86 = -\log[\text{H}^+]$$

$$[\text{H}^+]_e = 10^{-3,86} = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

De la estequiometría de la reacción de disociación



se deduce que la concentración de ácido disociado  $[\text{HA}]_a$  es la misma que la de los iones hidrógeno producidos  $[\text{H}^+]_e$  y a de los aniones  $[\text{A}^-]_e$

$$[\text{HA}]_a = [\text{H}^+]_e = [\text{A}^-]_e = 1,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$$

Escribiendo en una tabla las concentraciones de cada especie:

		HA	$\rightleftharpoons$	H <sup>+</sup>	A <sup>-</sup>	
$[\text{X}]_0$	Concentración inicial	0,064		$\approx 0$	0	mol/dm <sup>3</sup>
$[\text{X}]_d$	Concentración disociada o formada	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$\rightarrow$	$1,38 \cdot 10^{-4}$	$1,38 \cdot 10^{-4}$	mol/dm <sup>3</sup>
$[\text{X}]_e$	Concentración en el equilibrio	$0,064 - 1,38 \cdot 10^{-4} = 0,0639$		$1,38 \cdot 10^{-4}$	$1,38 \cdot 10^{-4}$	mol/dm <sup>3</sup>

La concentración de iones hidróxido se calcula de la constante de equilibrio del agua:

$$K_w = [\text{H}^+]_e \cdot [\text{OH}^-]_e \Rightarrow [\text{OH}^-]_e = \frac{K_w}{[\text{H}^+]_e} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{1,38 \cdot 10^{-4}} = 7,24 \cdot 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$$

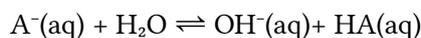
El grado de disociación es:

$$\alpha = \frac{[s]_d}{[s]_0} = \frac{1,38 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3}{0,064 \text{ mol/dm}^3} = 0,00216 = 0,216 \%$$

b) La constante de equilibrio  $K_a$  es:

$$K_a = \frac{[\text{A}^-]_e \cdot [\text{H}^+]_e}{[\text{HA}]_e} = \frac{1,38 \cdot 10^{-4} \cdot 1,38 \cdot 10^{-4}}{0,0639} = 2,98 \cdot 10^{-7}$$

La base  $\text{A}^-$ , conjugada del ácido, puede reaccionar con el agua hasta conseguir el equilibrio:



La constante de este equilibrio  $K_b$  es:

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]_e \cdot [\text{AH}]_e}{[\text{A}^-]_e}$$

Multiplicando esta expresión por la de la constante de acidez, obtenemos la relación entre ambas.

$$K_a \cdot K_b = \frac{[\text{A}^-]_e \cdot [\text{H}^+]_e}{[\text{HA}]_e} \cdot \frac{[\text{OH}^-]_e \cdot [\text{AH}]_e}{[\text{A}^-]_e} = [\text{H}^+]_e \cdot [\text{OH}^-]_e = K_w$$

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{2,98 \cdot 10^{-7}} = 3,35 \cdot 10^{-8}$$

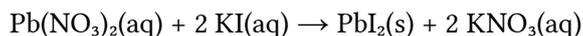
5. En el laboratorio se mezclan 30 cm<sup>3</sup> de una disolución de concentración 0,1 mol/dm<sup>3</sup> de Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> y 40 cm<sup>3</sup> de una disolución de concentración 0,1 mol/dm<sup>3</sup> de KI, obteniéndose 0,86 gramos de un precipitado de PbI<sub>2</sub>.
- Escribe la reacción que tiene lugar y calcula el porcentaje de rendimiento de la misma.
  - Indica el material y el procedimiento que emplearías para separar el precipitado formado.

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

**Rta.:** rendimiento del 93 %.

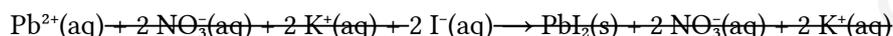
**Solución:**

a) La reacción es:



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

Si solo 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 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 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 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (3,0 · 10<sup>-3</sup> mol) es mayor que (2,0 · 10<sup>-3</sup> mol) la necesaria para reaccionar con todo el KI, lo reactivo limitante es el KI. La cantidad máxima de PbI<sub>2</sub> 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:

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

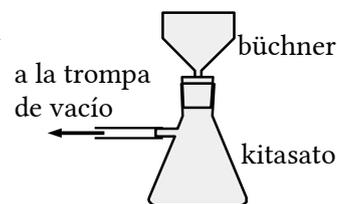
El rendimiento se obtiene dividiendo la masa obtenida entre la calculada y se expresa el resultado en tanto por ciento. Como solo se obtuvieron 0,86 g, el rendimiento es:

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

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.





2. a) Razona por qué a 1 atm de presión y a 25 °C de temperatura, el H<sub>2</sub>O es un líquido y el H<sub>2</sub>S es un gas.  
 b) Dados los compuestos BaCl<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, nómbralos y razona el tipo de enlace que presenta cada uno. (A.B.A.U. Jun. 19)
- Rta.:** b) Las moléculas de agua están unidas por puentes de hidrógeno que son fuerzas de mayor intensidad que las de dipolo-dipolo (que también están presentes en el agua) y que las de Van der Waals, ya que el agua contiene átomos de hidrógenos unidos a un elemento electronegativo del segundo período (el oxígeno) y la molécula de agua es polar.

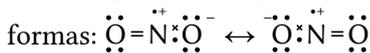
**Solución:**

b) BaCl<sub>2</sub> es cloruro de bario, iónico.

NO<sub>2</sub> es dióxido de nitrógeno, covalente.

El enlace iónico explica la unión entre átomos de diferente electronegatividad. El cloro es un elemento muy electronegativo, tanto que la captura de un electrón es un proceso exotérmico, favorecido por el hecho de que el ion cloruro consigue la configuración electrónica de un gas noble. El bario es muy poco electronegativo, y la pérdida de dos electrones para tener una configuración estable es un proceso que requiere una cantidad de energía que no es excesiva. La energía de red, junto con la afinidad electrónica, compensa los aportes energéticos necesarios para su formación.

El enlace covalente se emplea para explicar la unión entre átomos de electronegatividad parecida. El nitrógeno y el oxígeno son electronegativos. El enlace se produce por el hecho de compartir electrones desapareados para intentar que cada átomo quede rodeado por ocho electrones (regla del octete). El NO<sub>2</sub> es una excepción a la regla del octete, ya que el número de electrones implicados es impar (6 × 2 del oxígeno + 5 del nitrógeno). La explicación de su existencia covalente requiere de la suposición de resonancia entre dos formas:



3. El cloro gas se puede obtener según la reacción: 4 HCl(g) + O<sub>2</sub>(g) → 2 Cl<sub>2</sub>(g) + 2 H<sub>2</sub>O(g).  
 Se introducen 0,90 moles de HCl y 1,2 moles de O<sub>2</sub> en un recipiente cerrado de 10 dm<sup>3</sup> en el que previamente se hizo el vacío. Se calienta la mezcla a 390 °C y, cuando se alcanza el equilibrio a esta temperatura, se observa la formación de 0,40 moles de Cl<sub>2</sub>.  
 a) Calcula el valor de la constante K<sub>c</sub>.  
 b) Calcula la presión parcial de cada componente en el equilibrio y a partir de ellas calcula el valor de K<sub>p</sub>.  
 Datos: R = 8,31 J·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup> = 0,082 atm·dm<sup>3</sup>·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>; 1 atm = 101,3 kPa. (A.B.A.U. Jun. 19)  
**Rta.:** a) K<sub>c</sub> = 2,56·10<sup>3</sup>; b) p(HCl) = 0,544; p(O<sub>2</sub>) = 5,44 atm; p(Cl<sub>2</sub>) = p(H<sub>2</sub>O) = 2,18 atm; K<sub>p</sub> = 47,0.

**Datos**

Gas: Volumen

Temperatura

Cantidad inicial de HCl

Cantidad inicial de O<sub>2</sub>

Cantidad en el equilibrio de Cl<sub>2</sub>

**Incógnitas**

Constante del equilibrio K<sub>c</sub>

Presiones parciales de cada componente

Constante del equilibrio K<sub>p</sub>

**Ecuaciones**

Ecuación de estado de los gases ideales

Concentración de la sustancia X

**Cifras significativas: 3**

$$V = 10,0 \text{ dm}^3$$

$$T = 390 \text{ °C} = 663 \text{ K}$$

$$n_0(\text{HCl}) = 0,900 \text{ mol HCl}$$

$$n_0(\text{O}_2) = 1,20 \text{ mol O}_2$$

$$n_e(\text{Cl}_2) = 0,400 \text{ mol Cl}_2$$

$$K_c$$

$$p(\text{HCl}), p(\text{O}_2), p(\text{Cl}_2), p(\text{H}_2\text{O})$$

$$K_p$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$$

$$[\text{X}] = n(\text{X}) / V$$

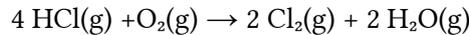
### Ecuaciones

Constantes del equilibrio:  $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$

$$K_c = \frac{[C]_e^c \cdot [D]_e^d}{[A]_e^a \cdot [B]_e^b} \quad K_p = \frac{p_e^c(C) \cdot p_e^d(D)}{p_e^a(A) \cdot p_e^b(B)}$$

### Solución:

a) De la estequiometría de la reacción:



Reaccionaron 0,800 mol de HCl y 0,200 mol de O<sub>2</sub> y se formó la misma cantidad de H<sub>2</sub>O que de Cl<sub>2</sub>.

Representamos en un cuadro las cantidades (moles) de cada gas en cada fase:

		4 HCl	O <sub>2</sub>	⇌	2 Cl <sub>2</sub>	2 H <sub>2</sub> O	
Cantidad inicial	$n_0$	0,900	1,20		0,0	0,0	mol
Cantidad que reacciona o se forma	$n_r$	0,800	0,200		0,400	0,400	mol
Cantidad en el equilibrio	$n_e$	$0,900 - 0,800 = 0,100$	$1,20 - 0,200 = 1,00$		0,400	0,400	mol

En el equilibrio habrá:

$$n_e(\text{HCl}) = 0,100 \text{ mol}; \quad n_e(\text{O}_2) = 1,00 \text{ mol}; \quad n_e(\text{Cl}_2) = n_e(\text{H}_2\text{O}) = 0,400 \text{ mol}$$

Las concentraciones serán:

$$[\text{HCl}] = \frac{n_e(\text{HCl})}{V} = \frac{0,100 \text{ mol HCl}}{10,0 \text{ dm}^3} = 0,0100 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{O}_2] = \frac{n_e(\text{O}_2)}{V} = \frac{1,00 \text{ mol O}_2}{10,0 \text{ dm}^3} = 0,100 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cl}_2] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{n_e(\text{Cl}_2)}{V} = \frac{0,400 \text{ mol}}{10,0 \text{ dm}^3} = 0,0400 \text{ mol/dm}^3$$

La constante de equilibrio en función de las concentraciones es:

$$K_c = \frac{[\text{Cl}_2]_e^2 [\text{H}_2\text{O}]_e^2}{[\text{HCl}]_e^4 [\text{O}_2]_e} = \frac{0,0400^2 \cdot 0,0400^2}{0,0100^4 \cdot 0,100} = 2,56 \cdot 10^3 \text{ (concentraciones en mol/dm}^3\text{)}$$

b) La presión parcial de cada uno de los gases, supuesto comportamiento ideal, es la que ejercería si se encontrara solo en el recipiente.

$$p(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl}) \cdot R \cdot T}{V_T} = \frac{0,100 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 663 \text{ K}}{10,0 \text{ dm}^3} = 0,544 \text{ atm}$$

$$p(\text{O}_2) = \frac{n(\text{O}_2) \cdot R \cdot T}{V_T} = \frac{1,00 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 663 \text{ K}}{10,0 \text{ dm}^3} = 5,44 \text{ atm}$$

$$p(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{Cl}_2) \cdot R \cdot T}{V_T} = \frac{0,400 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 663 \text{ K}}{10,0 \text{ dm}^3} = 2,18 \text{ atm}$$

$$p(\text{H}_2\text{O}) = p(\text{Cl}_2) = 2,18 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{p_e^2(\text{Cl}_2) \cdot p_e^2(\text{H}_2\text{O})}{p_e^4(\text{HCl}) \cdot p_e(\text{O}_2)} = \frac{2,18^2 \cdot 2,18^2}{0,544^4 \cdot 5,44} = 47,0 \text{ (presiones en atm)}$$

4. A 25 °C el producto de solubilidad del Ba(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> es 6,5·10<sup>-10</sup>. Calcula:
- La solubilidad de la sal y las concentraciones molares de los iones yodato y bario.
  - La solubilidad de la citada sal, en g/dm<sup>3</sup>, en una disolución de concentración 0,1 mol/dm<sup>3</sup> de KIO<sub>3</sub> 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 Ba(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

Concentración de la disolución del KIO<sub>3</sub>

Masa molar del yodato de bario

### Cifras significativas: 2

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

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

$$M(\text{Ba}(\text{IO}_3)_2) = 487 \text{ g/mol}$$

### Incógnitas

Solubilidad (mol/dm<sup>3</sup>) del Ba(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> en agua

$s_a$

Concentraciones (mol/dm<sup>3</sup>) de los iones

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

Solubilidad (g/dm<sup>3</sup>) del Ba(IO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> en KIO<sub>3</sub> 0,1 mol/dm<sup>3</sup>

$s'$

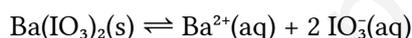
### Ecuaciones

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



		Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	⇌	Ba <sup>2+</sup>	2 IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Concentración en el equilibrio	[X] <sub>e</sub>			s	2 s	mol/dm <sup>3</sup>

La constante de equilibrio  $K_s$  es:

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

La solubilidad del yodato de bario en agua vale:

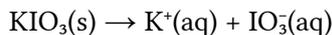
$$s_a = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6,5 \cdot 10^{-10}}{4}} = 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol Ba}(\text{IO}_3)_2/\text{dm}^3 \text{ D}$$

Las concentraciones de los iones valen:

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

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

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:

		Ba(IO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	⇌	Ba <sup>2+</sup>	2 IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Concentración inicial	[X] <sub>0</sub>			0	0,10	mol/dm <sup>3</sup>
Concentración que reacciona o se forma	[X] <sub>r</sub>	$s_b$	→	$s_b$	$2s_b$	mol/dm <sup>3</sup>
Concentración en el equilibrio	[X] <sub>e</sub>			$s_b$	$0,10 + 2s_b$	mol/dm <sup>3</sup>

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, ( $s_b \ll 0,1$ ). 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  $\text{g/dm}^3$  es

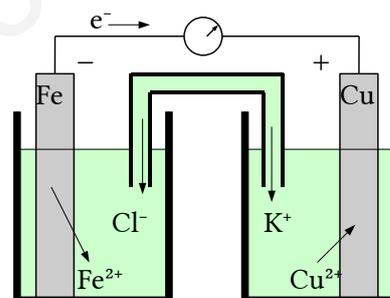
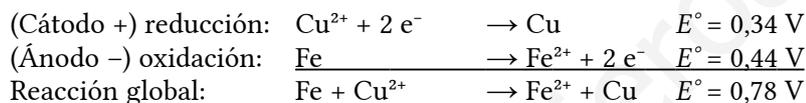
$$s' = \frac{6,5 \cdot 10^{-8} \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} \cdot \frac{487 \text{ g Ba}(\text{IO}_3)_2}{1 \text{ mol Ba}(\text{IO}_3)_2} = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ g/dm}^3$$

5. a) Haz un esquema indicando el material y los reactivos que se necesitan para construir en el laboratorio la pila que tiene la siguiente notación  $\text{Fe(s)} \mid \text{Fe}^{2+}(\text{aq}, 1 \text{ M}) \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{aq}, 1 \text{ M}) \mid \text{Cu(s)}$ .  
 b) Escribe las semirreacciones que se producen en el ánodo y en el cátodo e indica sus polaridades. Escribe la reacción iónica global y calcula la fuerza electromotriz de la pila.  
 Datos:  $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ . (A.B.A.U. Jun. 19)

### Solución:

Material: Vasos de precipitados de  $100 \text{ cm}^3$  (2), tubo en U, cables con pinzas, voltímetro.

Reactivos: láminas de cobre y zinc pulidas, disoluciones de sulfato de zinc de concentración  $1 \text{ mol/dm}^3$  y sulfato de cobre(II) de concentración  $1 \text{ mol/dm}^3$ . Disolución de cloruro de potasio para el puente salino.



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](#) de [LibreOffice](#) u [OpenOffice](#) 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)

Actualizado: 20/03/22