

QUÍMICA

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

OPCIÓN A

1. 1.1. Razone en qué grupo y en qué período se encuentra un elemento cuya configuración electrónica termina en $4f^{14} 5d^5 6s^2$.
1.2. Justifique si la disolución obtenida al disolver NaNO_2 en agua será ácida, neutra o básica.
2. 2.1. Deduzca la geometría del CCl_4 aplicando la teoría de repulsión de pares electrónicos de la capa de valencia.
2.2. Justifique cuál de los siguientes compuestos presenta isomería óptica.
(a) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (c) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$ (e) $\text{BrCH}=\text{CHBr}$
(b) $\text{BrCH}=\text{CHCl}$ (d) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ (f) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
3. En un recipiente de 2,0 L se introducen 2,1 moles de CO_2 y 1,6 moles de H_2 y se calienta a 1800°C . Una vez alcanzado el siguiente equilibrio: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$, se analiza la mezcla y se encuentran 0,90 moles de CO_2 . Calcule:
3.1. La concentración de cada especie en el equilibrio.
3.2. El valor de las constantes K_c y K_p a esa temperatura.
4. 4.1. Se hace pasar durante 2,5 horas una corriente de 2,0 A a través de una celda electroquímica que contiene una disolución de SnI_2 . Calcule la masa de estaño metálico depositada en el cátodo.
4.2. ¿Cuál es el pH de una disolución saturada de hidróxido de zinc si su K_s a 25°C es $1,2 \cdot 10^{-17}$?
5. En la valoración de 25,0 mL de una disolución de ácido clorhídrico se han gastado 22,1 mL de una disolución de hidróxido de potasio 0,100 M.
5.1. Indique la reacción que tiene lugar y calcule la molaridad de la disolución del ácido.
5.2. Detalle el material y los reactivos necesarios, así como el procedimiento para llevar a cabo a valoración en el laboratorio.

OPCIÓN B

1. 1.1. Ordene de forma creciente a primera energía de ionización de Li, Na y K. Razone la respuesta.
1.2. Identifique el polímero que tiene la siguiente estructura: $\dots\text{CH}_2-(\text{CH}_2)_n-\text{CH}_2\dots$, indicando además el nombre y la fórmula del monómero de partida.
2. Explique razonadamente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: 2.1. El tetracloruro de carbono es mejor disolvente para el cloruro de potasio que el agua. 2.2. El cloruro de sodio en estado sólido conduce la electricidad.
3. Para una disolución acuosa 0,200 M de ácido láctico (ácido 2-hidroxipropanoico), calcule:
3.1. El grado de ionización del ácido en disolución y el pH de la misma.
3.2. ¿Qué concentración debe tener una disolución de ácido benzoico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$) para dar un pH igual al de la disolución de ácido láctico 0,200 M?
4. 4.1. Empleando el método del ion-electrón, ajuste las ecuaciones iónica y molecular que corresponden la siguiente reacción redox: $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{KBr}(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Br}_2(\text{l}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
4.2. Calcule el volumen de bromo líquido (densidad $2,92 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$) que se obtendrá al tratar 90,1 g de bromuro de potasio con cantidad suficiente de ácido sulfúrico.
5. 5.1. Justifique qué reacción tendrá lugar en una pila galvánica formada por un electrodo de cobre y otro de cinc en condiciones estándar, a partir de las reacciones que tienen lugar en el ánodo y el cátodo. Calcule la fuerza electromotriz de la pila en estas condiciones.
5.2. Indique como realizaría el montaje de la pila en el laboratorio para hacer la comprobación experimental, detallando el material y los reactivos necesarios.

Datos: $K_a(\text{HNO}_2) = 4,5 \cdot 10^{-4}$; $K_a(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}) = 3,2 \cdot 10^{-4}$; $K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,42 \cdot 10^{-5}$;
 $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$; constante de Faraday: $F = 96\,500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$;
 $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$.

Soluciones

OPCIÓN A

1. a) Razona en qué grupo y en qué período se encuentra un elemento cuya configuración electrónica termina en $4f^{14} 5d^5 6s^2$.
b) Justifica si la disolución obtenida al disolver NaNO_2 en agua será ácida, neutra o básica.

(A.B.A.U. ord. 17)

Solución:

Grupo 7, período 6. Es un elemento de transición.

Tiene dos electrones en el nivel 6 de energía, por lo que el elemento se encuentra en el sexto período.

Tiene 5 electrones 5 d, por lo que se encuentra en la quinta columna del bloque d, es decir, en el grupo 7. Es el renio.

Solución:

b) El nitrito de sodio tendrá carácter básico.

Al disolverse el nitrito de sodio (compuesto iónico), sus iones se separarán y se solvatarán:

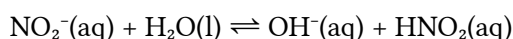


El ion sodio proviene de una base fuerte (el hidróxido de sodio), y el posible equilibrio.



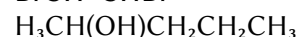
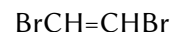
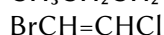
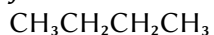
está totalmente desplazado hacia la izquierda. No se hidroliza.

Pero el ion nitrito proviene de un ácido débil (el ácido nitroso), y se hidroliza



Este equilibrio produce exceso de iones hidróxido, lo que da a la disolución un carácter básico.

2. a) Deduce la geometría del CCl_4 aplicando la teoría de la repulsión de pares electrónicos de la capa de valencia.
b) Justifica cuál de los siguientes compuestos presenta isomería óptica.



(A.B.A.U. ord. 17)

Solución:

La teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (TRPECV) 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 π) y entre los pares enlazantes y los pares no enlazantes, de forma que se dispongan lo más lejos posible.

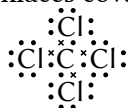
Esta teoría es la que da una justificación más sencilla de los ángulos de enlace. La repulsión de dos pares da una disposición lineal con ángulos de 180° , tres pares dan una distribución triangular con ángulos de 120° y cuatro pares se dirigen hacia los vértices de un tetraedro con ángulos de $109,5^\circ$.

El átomo central es el de carbono, que tiene 4 electrones en su capa de valencia.

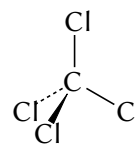
La configuración electrónica del átomo de carbono ($Z = 6$) en el estado fundamental es $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$, que solo tiene dos electrones desapareados y solo podría formar dos enlaces. Para poder formar cuatro enlaces, tiene que separar («desaparear») los dos electrones $2s^2$, elevando uno de ellos al orbital $2p$ vacío, siendo su configuración excitada: $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$.

El coste de energía de excitación se compensa con la energía de los enlaces que se van a formar.

Los cuatro electrones forman enlaces covalentes con los cuatro átomos de cloro, como se ve en el diagrama electrón-punto de Lewis:



Según la TRPECV, la geometría electrónica de 4 pares de electrones es tetraédrica. El átomo de carbono está en el centro del tetraedro y los cuatro átomos de cloro en los vértices. La forma de molécula es tetraédrica, con ángulos Cl-C-Cl de 109,5°.



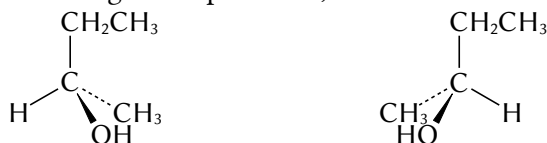
Solución:

b) La isomería óptica la presentan los compuestos que tienen algún carbono asimétrico.

El butan-2-ol, $\text{CH}_3-\text{C}(\text{OH})(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, tiene isomería óptica porque el carbono 2 es asimétrico. Está unido a

cuatro grupos distintos: hidrógeno (-H), etilo (-CH₂-CH₃), hidroxilo (-OH) y metilo (-CH₃).

Tiene dos isómeros ópticos que son imágenes especulares, llamados enantiómeros.



El ácido 2-aminopropanoico, $\text{CH}_3-\text{C}(\text{NH}_2)(\text{H})-\text{COOH}$, tiene isomería óptica porque el carbono 2 es asimétrico. Está

unido a cuatro grupos distintos: hidrógeno (-H), amino (-NH₂), metilo (-CH₃) y carboxilo (-COOH).

Tiene dos isómeros ópticos.



El pentan-2-ol, $\text{CH}_3-\text{C}(\text{OH})(\text{H})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, tiene isomería óptica porque el carbono 2 es asimétrico. Está uni-

do a cuatro grupos distintos: hidrógeno (-H), hidroxilo (-OH), propilo (-CH₂-CH₂-CH₃) y metilo (-CH₃).

Tiene dos isómeros ópticos.



3. En un recipiente de 2,0 L se introducen 2,1 moles de CO₂ y 1,6 moles de H₂ y se calienta a 1800 °C. Una vez alcanzado el siguiente equilibrio: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ se analiza la mezcla y se encuentran 0,90 moles de CO₂. Calcula:

- La concentración de cada especie en el equilibrio.
- El valor de las constantes K_c y K_p a esa temperatura.

(A.B.A.U. ord. 17)

Rta.: a) $[\text{CO}_2] = 0,45 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{H}_2] = 0,20 \text{ mol/dm}^3$; $[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = 0,60 \text{ mol/dm}^3$; b) $K_p = K_c = 4,0$.

Datos

Gas: Volumen

Temperatura

Cantidad inicial de CO₂

Cifras significativas: 3

$V = 2,00 \text{ dm}^3$

$T = 1800 \text{ °C} = 2073 \text{ K}$

$n_0(\text{CO}_2) = 2,10 \text{ mol CO}_2$

DatosCantidad inicial de H₂Cantidad de CO₂ en el equilibrio**Incógnitas**

Cantidad (moles) de cada componente en el equilibrio

Constantes de equilibrio

Ecuaciones

Concentración de la sustancia X

Constantes del equilibrio: $a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$ **Cifras significativas: 3**

$$n_0(\text{H}_2) = 1,60 \text{ mol H}_2$$

$$n_e(\text{CO}_2) = 0,900 \text{ mol CO}_2$$

$$n_e(\text{H}_2), n_e(\text{CO}), n_e(\text{H}_2\text{O})$$

$$K_c, K_p$$

$$[X] = n(X) / V$$

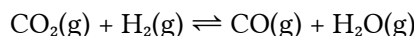
$$K_c = \frac{[C]_e^c \cdot [D]_e^d}{[A]_e^a \cdot [B]_e^b} \quad K_p = \frac{p_e^c(C) \cdot p_e^d(D)}{p_e^a(A) \cdot p_e^b(B)}$$

Solución:

a) Si quedan 0,900 mol de los 2,10 mol que había inicialmente, es que reaccionaron:

$$n_r(\text{CO}_2) = 2,10 - 0,900 = 1,20 \text{ mol CO}_2 \text{ que reaccionaron}$$

De la estequiometría de la reacción:

Reaccionaron 1,20 mol de H₂ y se formaron los mismos de CO y H₂O.

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

		CO ₂	H ₂	\rightleftharpoons	H ₂ O	CO	
Cantidad inicial	n_0	2,10	1,60		0,0	0,0	mol
Cantidad que reacciona o se forma	n_r	1,20	1,20		1,20	1,20	mol
Cantidad en el equilibrio	n_e	0,90	0,40		1,20	1,20	mol

En el equilibrio habrá:

$$n_e(\text{CO}_2) = 0,90 \text{ mol}; n_e(\text{H}_2) = 0,40 \text{ mol}; n_e(\text{CO}) = n_e(\text{H}_2\text{O}) = 1,20 \text{ mol}$$

Las concentraciones serán:

$$[\text{CO}_2] = \frac{n_e(\text{CO}_2)}{V} = \frac{0,90 \text{ mol CO}_2}{2,00 \text{ dm}^3} = 0,45 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{H}_2] = \frac{n_e(\text{H}_2)}{V} = \frac{0,40 \text{ mol H}_2}{2,00 \text{ dm}^3} = 0,20 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{n_e(\text{H}_2\text{O})}{V} = \frac{1,20 \text{ mol}}{2,00 \text{ dm}^3} = 0,60 \text{ mol/dm}^3$$

b) La expresión de la constante de equilibrio en función de las concentraciones es:

$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]_e \cdot [\text{CO}]_e}{[\text{H}_2]_e \cdot [\text{CO}_2]_e} = \frac{\frac{1,20 \text{ mol H}_2\text{O}}{2,00 \text{ dm}^3} \cdot \frac{1,20 \text{ mol CO}}{2,00 \text{ dm}^3}}{\frac{0,90 \text{ mol CO}_2}{2,00 \text{ dm}^3} \cdot \frac{0,40 \text{ mol CO}_2}{2,00 \text{ dm}^3}} = 4,0$$

La relación entre K_p y K_c para esta reacción es

$$K_p = \frac{p_e(\text{H}_2\text{O}) \cdot p_e(\text{CO})}{p_e(\text{H}_2) \cdot p_e(\text{CO}_2)} = \frac{\frac{n_e(\text{H}_2\text{O}) \cdot R \cdot T}{V} \cdot \frac{n_e(\text{CO}) \cdot R \cdot T}{V}}{\frac{n_e(\text{H}_2) \cdot R \cdot T}{V} \cdot \frac{n_e(\text{CO}_2) \cdot R \cdot T}{V}} = \frac{[\text{H}_2\text{O}]_e \cdot [\text{CO}]_e}{[\text{H}_2]_e \cdot [\text{CO}_2]_e} = K_c$$

Por lo que

$$K_p = K_c = 4,0$$

4. a) Se hace pasar durante 2,5 horas una corriente de 2,0 A a través de una celda electroquímica que contiene una disolución de SnI_2 . Calcula la masa de estaño metálico depositada en el cátodo.
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. ord. 17)

Rta.: a) $m(\text{Sn}) = 11 \text{ g}$; b) $\text{pH} = 8,5$,

Datos

Intensidad de corriente eléctrica

Tiempo

Faraday (1 mol de electrones)

Masa atómica del estaño

Incógnitas

Masa de estaño depositada

Otros símbolos

Cantidad de sustancia (número de moles)

Cifras significativas: 2

$$I = 2,0 \text{ A}$$

$$t = 2,5 \text{ h} = 9,0 \cdot 10^3 \text{ s}$$

$$F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$$

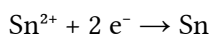
$$M(\text{Sn}) = 119 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Sn})$$

$$n$$

Solución:

La reacción en el cátodo es:



$$n(\text{e}) = 2,0 \text{ A} \cdot 2,5 \text{ h} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ mol e}}{9,65 \cdot 10^4 \text{ C}} = 0,19 \text{ mol e}$$

$$m(\text{Sn}) = 0,19 \text{ mol e} \cdot \frac{1 \text{ mol Sn}}{2 \text{ mol e}} \cdot \frac{119 \text{ g Sn}}{1 \text{ mol Sn}} = 11 \text{ g Sn}$$

b)

Datos

Producto de solubilidad del $\text{Zn}(\text{OH})_2$

Masa molar del hidróxido de zinc

Incógnitas

pH de la disolución saturada

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) de $\text{Zn}(\text{OH})_2$

Ecuaciones

Concentración molar (mol/dm³)

pH

pOH

Producto iónico del agua

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

Cifras significativas: 2

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

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

$$\text{pH}$$

$$s$$

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

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

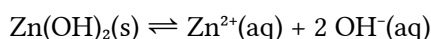
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$$

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

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

Solución:

a) El equilibrio de solubilidad es



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

La constante de equilibrio K_s es:

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

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

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

$$\text{pH} = 14,0 - 5,5 = 8,5$$

que es básico.

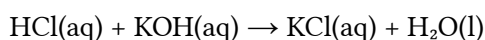
5. En la valoración de 25,0 cm³ de una disolución de ácido clorhídrico se gastan 22,1 cm³ de una disolución de hidróxido de potasio de concentración 0,100 mol/dm³.

- Indica la reacción que tiene lugar y calcula la concentración molar de la disolución del ácido.
- Detalla el material y los reactivos necesarios, así como el procedimiento para llevar a cabo a valoración en el laboratorio.

(A.B.A.U. ord. 17)

Solución:

a) La reacción ajustada es



Cálculos: Si se gastaron 22,1 cm³ de disolución de hidróxido de potasio de concentración 0,100 mol/dm³, la cantidad de hidróxido de potasio que reacciona es:

$$n(\text{KOH}) = 22,1 \text{ cm}^3 \text{ D KOH} \frac{0,100 \text{ mol KOH}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ D KOH}} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol KOH}$$

La cantidad de ácido clorhídrico que reacciona es:

$$n(\text{HCl}) = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH} \frac{1 \text{ mol HCl}}{1 \text{ mol NaOH}} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCl}$$

Y la concentración de la disolución de HCl es

$$[\text{HCl}] = \frac{2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCl}}{25,0 \text{ cm}^3 \text{ D HCl}} \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1,00 \text{ dm}^3} = 0,0884 \text{ mol HCl/dm}^3 \text{ D}$$

Procedimiento de valoración: Con una pipeta de 25 cm³ se miden 25,0 cm³ de disolución de HCl y se vierten en un matraz erlenmeyer de 100 cm³. Se añaden dos gotas de azul de bromotimol y la disolución se volverá de color amarillo. Se llena una bureta de 25 cm³ con disolución de KOH de concentración 0,100 mol/dm³ por encima del cero. Se abre la llave hasta que el pico de la bureta esté lleno y el nivel en cero. Se dejan caer 20 cm³ sobre lo erlenmeyer y se agita. Se abre la llave de la bureta para dejar caer la disolución de KOH en pequeños chorros mientras se imprime un movimiento circular al erlenmeyer hasta que el color del contenido del erlenmeyer pase a azul. Se anota el volumen de KOH gastado (p. ej. 22,5 cm³) y se tira el contenido del erlenmeyer y se lava el matraz. Se vuelve a llenar la bureta con KOH hasta el cero. Se miden otros 25,0 cm³ de HCl con la pipeta, se vierten en el erlenmeyer (lavado, pero no necesariamente seco) y se añaden dos gotas de azul de bromotimol. Se coloca el erlenmeyer bajo a bureta y se abre la llave hasta dejar caer casi todo el volumen medido antes (p. ej. 22,0 cm³). Ahora se deja caer el KOH gota a gota mientras se hace rotar al erlenmeyer, hasta que el indicador cambie de color. Se anota este valor. Se repite otras dos veces y se toma como volumen correcto el valor medio de las medidas que más se aproximan.

Material: Bureta (1) de 25 cm³ (graduada en 0,1 cm³), pipeta (1) de 25 cm³ con aspirador, matraz erlenmeyer (1) de 100 cm³, disolución de azul de bromotimol.

La bureta es un tubo estrecho graduado con una boca superior algo más ancha para llenarlo y una llave de paso en la parte inferior para poder vaciarla.

La pipeta es también un tubo estrecho que puede ser graduado o tener una marca de aforo. Se llena al aspirar con una especie de jeringa cuando la boca inferior más estrecha está sumergida en la disolución.

El matraz erlenmeyer es un recipiente con forma de tronco de cono, con la boca más estrecha que el fondo, para no salpicar al removerlo con un movimiento circular.

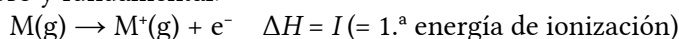
OPCIÓN B

1. a) Ordena de forma creciente la primera energía de ionización de Li, Na y K. Razona la respuesta.
b) Identifica el polímero que tiene la siguiente estructura:CH₂-(CH₂)_n-CH₂....., indicando además el nombre y la fórmula del monómero de partida.

(A.B.A.U. ord. 17)

Solución:

La primera energía de ionización es la energía necesaria para arrancar el electrón más externo a un mol de elemento en estado gaseoso y fundamental:



Es una propiedad periódica. Disminuye a medida que se baja en el grupo debido al aumento del radio atómico.

$$I(K) < I(Na) < I(Li)$$

Solución:

b) El polímero es el polietileno.

El monómero de partida es el eteno CH₂=CH₂ también llamado etileno.

2. Explica razonadamente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:
a) El tetracloruro de carbono es mejor disolvente para el cloruro de potasio que el agua.
b) El cloruro de sodio en estado sólido conduce la electricidad.

(A.B.A.U. ord. 17)

Solución:

a) Falso. El cloruro de potasio es un compuesto iónico. El mejor disolvente para los compuestos iónicos es el agua. Las moléculas polares del agua se acercan a los iones de la superficie de la red cristalina del KCl arrancándolos de la estructura y rodeándolos de forma que no puedan volver a ella. Solo los compuestos iónicos de elevada energía de red son poco solubles en agua.

b) Falso. Los iones del NaCl ocupan posiciones fijas en la red cristalina y no pueden desplazarse. Solo lo hacen cuando la estructura se rompe por los procesos de fusión o disolución.

3. Para una disolución acuosa de concentración 0,200 mol/dm³ de ácido láctico (ácido 2-hidroxipropanoico), calcula:
a) El grado de ionización del ácido en disolución y el pH de la misma.
b) ¿Qué concentración debe tener una disolución de ácido benzoico (C₆H₅COOH) para dar un pH igual al de la disolución de ácido láctico de concentración 0,200 mol/dm³?

$$K_a(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}) = 3,2 \cdot 10^{-4}; K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,42 \cdot 10^{-5}.$$

(A.B.A.U. ord. 17)

Rta.: a) $\alpha = 3,92 \%$; pH = 2,11; b) $[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_0 = 0,965 \text{ mol/dm}^3$.

Datos

Concentración de ácido láctico
 Constante de acidez del ácido láctico
 Constante de acidez del ácido benzoico

Cifras significativas: 3

$[C_3H_6O_3]_0 = 0,200 \text{ mol/dm}^3$
 $K_a(C_3H_6O_3) = 3,20 \cdot 10^{-4}$
 $K_a(C_7H_6O_2) = 6,42 \cdot 10^{-5}$

Incógnitas

pH de la disolución de ácido láctico
 Grado de disociación del ácido láctico
 Concentración de la disolución de ácido benzoico del incluso pH

pH
 α
 $[C_6H_5COOH]$

Otros símbolos

Concentración (mol/dm³) de ácido débil que se disocia
 Cantidad de sustancia disociada
 Cantidad inicial
 Concentración de la sustancia X
 Concentración inicial de ácido benzoico

x
 n_d
 n_0
 $[X]$
 c_0

Ecuaciones

Constante de acidez del ácido: $H_aA(aq) \rightleftharpoons a H^+(aq) + A^{a-}(aq)$

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

pH

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

pOH

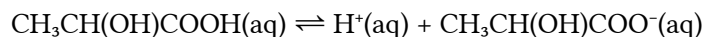
$$pOH = -\log[OH^-]$$

Grado de disociación

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

Solución:

a) El ácido láctico es un ácido débil, y se disocia en agua según la ecuación:



Llamando x a la concentración de ácido que se disocia, se puede escribir:

		$CH_3CH(OH)COOH$	\rightleftharpoons	H^+	$CH_3CH(OH)COO^-$	
$[X]_0$	Concentración inicial	0,200		0	0	mol/dm ³
$[X]_d$	Concentración disociada o formada	x	\rightarrow	x	x	mol/dm ³
$[X]_e$	Concentración en el equilibrio	$0,200 - x$		x	x	mol/dm ³

La constante de equilibrio K_a es:

$$K_a = \frac{[CH_3-CH(OH)-COO^-]_e \cdot [H^+]_e}{[CH_3-CH(OH)-COOH]_e}$$

Sustituyendo las concentraciones en el equilibrio

$$3,20 \cdot 10^{-4} = \frac{x \cdot x}{0,200 - x}$$

En una primera aproximación se puede suponer que x es despreciable frente a 0,200 y resolver la ecuación

$$3,20 \cdot 10^{-4} \approx \frac{x^2}{0,200}$$

que da:

$$x \approx \sqrt{0,200 \cdot 3,20 \cdot 10^{-4}} = 0,00800 \text{ mol/dm}^3$$

Al calcular el grado de ionización

$$\alpha = \frac{[s]_d}{[s]_0} = \frac{0,00800 \text{ mol/dm}^3}{0,200 \text{ mol/dm}^3} = 0,0400 = 4,00 \%$$

No es despreciable, por lo que habría que resolver la ecuación

$$x^2 + 3,20 \cdot 10^{-4} \cdot x - 6,4 \cdot 10^{-5} = 0$$

$$x = \frac{-3,20 \cdot 10^{-4} \pm \sqrt{(3,20 \cdot 10^{-4})^2 - 4 \cdot 6,40 \cdot 10^{-5}}}{2}$$

La solución positiva es:

$$x = 0,00784$$

El grado de ionización vale:

$$\alpha = \frac{[s]_d}{[s]_0} = \frac{0,00784 \text{ mol/dm}^3}{0,200 \text{ mol/dm}^3} = 0,039 \approx 3,92 \%$$

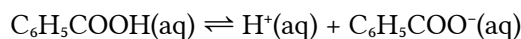
La concentración de iones hidrógeno es:

$$[H^+]_e = x = 0,00784 \text{ mol/dm}^3$$

El pH:

$$\text{pH} = -\log[H^+] = -\log(0,00784) = 2,11$$

b) La disolución de ácido benzoico que tiene el mismo pH tendrá la misma concentración de ion hidrógeno, y también de ion benzoato, por ser un ácido monoprótico.



$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]_e = [H^+]_e = 0,00784 \text{ mol/dm}^3$$

Llamando c_0 a la concentración inicial de ácido benzoico, se puede escribir:

		$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	\rightleftharpoons	H^+	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$	
$[X]_0$	Concentración inicial	c_0		0	0	mol/dm ³
$[X]_d$	Concentración disociada o formada	x	\rightarrow	x	x	mol/dm ³
$[X]_e$	Concentración en el equilibrio	$c_0 - x$		0,00784	0,00784	mol/dm ³

Se ve que

$$x = 0,00784 \text{ mol/dm}^3$$

La constante de equilibrio K_a es:

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-]_e \cdot [H^+]_e}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_e}$$

Sustituyendo el valor de la constante y las concentraciones en el equilibrio, queda

$$6,42 \cdot 10^{-5} = \frac{0,00784 \cdot 0,00784}{c_0 - 0,00784}$$

Despejando

$$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_0 = c_0 = 0,965 \text{ mol/dm}^3$$

Análisis: El resultado tiene sentido, porque como el ácido benzoico es más débil que el ácido láctico ($K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 6,42 \cdot 10^{-5} < 3,2 \cdot 10^{-4} = K_a(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH})$), su concentración tiene que ser mayor que 0,200 mol/dm³ para dar el mismo pH.

4. a) Empleando el método del ion-electrón, ajusta las ecuaciones iónica y molecular que corresponden la siguiente reacción redox: $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{KBr}(\text{aq}) \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{Br}_2(\text{l}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

b) Calcula el volumen de bromo líquido (densidad 2,92 g/cm³) que se obtendrá al tratar 90,1 g de bromuro de potasio con cantidad suficiente de ácido sulfúrico.

(A.B.A.U. ord. 17)

Rta.: a) $(\text{SO}_4)^{2-} + 2 \text{Br}^- + 4 \text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$; $2 \text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{KBr} \rightarrow \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$;
b) $V = 20,7 \text{ cm}^3$.

Datos

Masa de bromuro de potasio

Densidad del bromo líquido

Masa molar del bromuro de potasio

Incógnitas

Volumen de bromo líquido que se obtiene.

Cifras significativas: 3

$m(\text{KBr}) = 90,1 \text{ g}$

$\rho = 2,92 \text{ g/cm}^3$

$M(\text{KBr}) = 119 \text{ g/mol}$

$V(\text{Br}_2)$

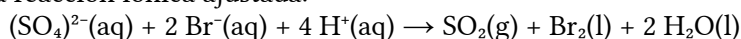
Solución:

a) Las semirreacciones iónicas son:

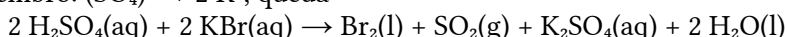
Oxidación: $2 \text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2 \text{e}^-$

Reducción: $(\text{SO}_4)^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{SO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Sumando, se obtiene la reacción iónica ajustada:



Sumando la cada miembro: $(\text{SO}_4)^{2-} + 2 \text{K}^+$, queda



b)

$$V = 90,1 \text{ g KBr} \frac{1 \text{ mol KBr}}{119 \text{ g KBr}} \frac{1 \text{ mol Br}_2}{2 \text{ mol KBr}} \frac{160 \text{ g Br}_2}{1 \text{ mol Br}_2} \frac{1 \text{ cm}^3 \text{ Br}_2}{2,92 \text{ g Br}_2} = 20,7 \text{ cm}^3 \text{ Br}_2$$

5. a) Justifica qué reacción tendrá lugar en una pila galvánica formada por un electrodo de cobre y otro de cinc en condiciones estándar, a partir de las reacciones que tienen lugar en el ánodo y el cátodo. Calcula la fuerza electromotriz de la pila en estas condiciones.

b) Indica como realizaría el montaje de la pila en el laboratorio para hacer la comprobación experimental, detallando el material y los reactivos necesarios.

$E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$

(A.B.A.U. ord. 17)

Solución:

a) En una pila galvánica formada por un electrodo de cobre y otro de cinc en condiciones estándar, la reacción que tendrá lugar es la oxidación del cinc y la reducción del ión cobre(II).

Reducción: $\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$ $E^\circ = 0,34 \text{ V}$ (Cátodo +)

Oxidación: $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{e}^-$ $E^\circ = 0,76 \text{ V}$ (Ánodo -)

Reacción global: $\text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{ac})$ $E^\circ = 1,10 \text{ V}$

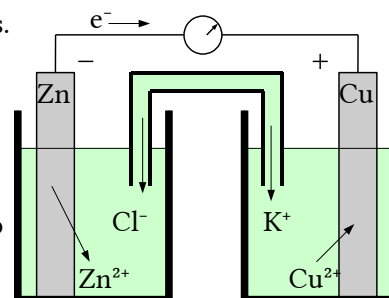
El criterio para indicar si una reacción es espontánea es que la variación de energía libre de Gibbs sea negativa. La reacción es espontánea porque la relación entre la energía libre de Gibbs y el potencial de reacción es:

$$\Delta G = -z F E = -2 \cdot F \cdot (1,10) < 0$$

b) Material: Dos vasos de precipitados de 100 cm³, un tubo de vidrio en forma de U, un voltímetro de corriente continua, cables y pinzas metálicas.

Reactivos: láminas de cobre y cinc pulidas, disoluciones de nitrato de cobre(II), de concentración 1 mol/dm³, y nitrato de cinc, de concentración 1 mol/dm³. Disolución de cloruro de potasio para el puente salino.

El montaje de la pila en el laboratorio consistiría en dos recipientes, por ejemplo dos vasos de precipitados, conectados por un puente salino. Un recipiente contendría una disolución de nitrato de cobre(II) y un electrodo



de cobre metálico, mientras que el otro contendría una disolución de nitrato de cinc y un electrodo de cinc metálico.

Los dos electrodos estarían conectados, mediante cables, a un voltímetro para medir la f.e.m. de la pila.

El sentido de circulación de los electrones será desde el polo negativo (ánodo Zn) hacia el polo positivo (cátodo Cu) mientras que los iones fluirán por el puente salino para mantener la neutralidad eléctrica.

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)

Se consultó el chat de BING y se usaron algunas respuestas en las cuestiones.

Actualizado: 19/07/23

