

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

1. Dados los orbitales atómicos 4s, 2d, 5f, 2p, 1p, razone cuáles no pueden existir.
- 1.2. Razone 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.
2. 2.1. Explique la hibridación del átomo central en la molécula de BeCl_2 .
- 2.2. Dada la reacción: 2-propanol \rightarrow propeno + agua, escriba las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos orgánicos e identifique el tipo de reacción.
3. 3.1. Calcule:
 - 3.1.1. El pH de una disolución de hidróxido de sodio 0,010 M.
 - 3.1.2. El pH de una disolución de ácido clorhídrico 0,020 M.
- 3.2. Calcule el pH de la disolución obtenida al mezclar 100 mL de la disolución de hidróxido de sodio 0,010 M con 25 mL de la disolución de ácido clorhídrico 0,020 M.
4. El cobre metálico reacciona con ácido nítrico concentrado formando dióxido de nitrógeno, nitrato de cobre(II) y agua.
 - 4.1. Ajuste la reacción iónica y molecular por el método del ion-electrón.
 - 4.2. Calcule el volumen de una disolución de ácido nítrico comercial del 25,0 % en masa y densidad $1,15 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ que reaccionará con 5,0 g de un mineral que tiene un 10 % de cobre.
5. Al mezclar 25 mL de una disolución de AgNO_3 0,01 M con 10 mL de una disolución de NaCl 0,04 M se obtiene un precipitado de cloruro de plata.
 - 5.1. Escriba la reacción que tiene lugar y calcule la cantidad máxima de precipitado que se podría obtener.
 - 5.2. Describa el procedimiento y nombre el material que utilizaría en el laboratorio para separar el precipitado.

1

Soluciones

OPCIÓN A

1. a) Dados los orbitales atómicos 4s, 2d, 5f, 2p, 1p, razona cuáles no pueden existir.
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. ord. 18)

Solución:

a) No pueden existir los orbitales 2d y 1p.

Los tres primeros números cuánticos definen las propiedades del orbital atómico:

n: principal, indica el nivel de energía. Los valores posibles son números enteros: **n** = 1, 2, 3...

l: secundario, indica la forma del orbital. Los valores posibles son: **l** = 0, 1, 2..., **n** - 1.

m: magnético, indica la orientación del orbital. Los valores posibles son: **m** = -**l**, -**l** + 1..., -1, 0, 1..., **l** - 1, **l**.

El último número cuántico:

s: spin, indica el sentido de giro del electrón. Los valores posibles son: **s** = + $\frac{1}{2}$ y - $\frac{1}{2}$.

Para **n** = 1, el único valor posible de **l** es 0 que corresponden al orbital 1s. No existe el orbital 1p.

Para **n** = 2, los valores posibles de **l** son 0 y 1 que corresponden a los orbitales 2s y 2p. No existe el orbital 2d.

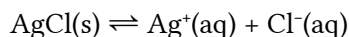
Para **n** = 4, los valores posibles de **l** son 0, 1, 2 y 3 que corresponden a los orbitales 4s, 4p, 4d y 4f.

Para **n** = 5, los valores posibles de **l** son 0, 1, 2, 3 y 4 que corresponden a los orbitales 5s, 5p, 5d, 5f y 5g.

Solución:

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

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

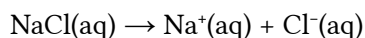


La solubilidad *s* (concentración de la disolución saturada), se puede calcular de la expresión de la constante de equilibrio:

		AgCl	\rightleftharpoons	Cl ⁻	Ag ⁺	
Concentración en el equilibrio	[X] _e			<i>s</i>	<i>s</i>	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 ion cloruro extra y de formar mayor cantidad de precipitado de cloruro de plata, dejando menos iones plata en la disolución.

2. a) Explica la hibridación del átomo central en la molécula de BeCl₂.
b) Dada la reacción: 2-propanol → propeno + agua, escribe las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos orgánicos e identifica el tipo de reacción.

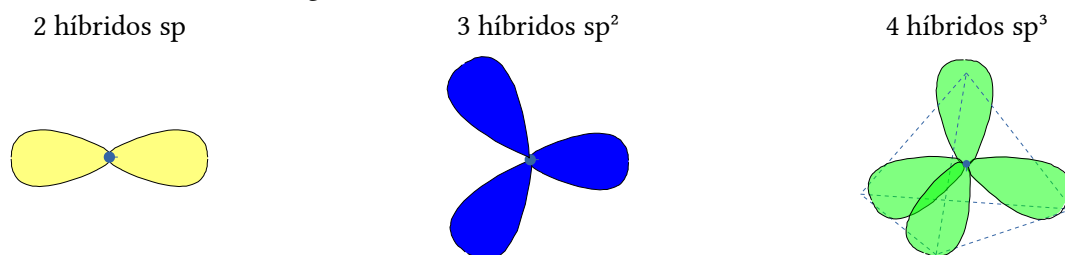
(A.B.A.U. ord. 18)

Solución:

En la teoría de la hibridación, los orbitales s, p_x, p_y y p_z, soluciones de la ecuación de onda para determinadas condiciones regidas por los números cuánticos **n**, **l** es **m**, pueden ser sustituidos por ciertas combinaciones lineales de ellas llamadas orbitales híbridos.

Combinando los orbitales s y p se pueden formar tres tipos de orbitales híbridos:

- 2 orbitales sp , formados por la hibridación del orbital s y un orbital p . Están dirigidos en sentidos opuestos de una línea recta, formando un ángulo de 180° .
(Quedan dos orbitales p sin hibridar, que podrían formar parte de los enlaces π).
- 3 orbitales sp^2 , formados por la hibridación del orbital s y dos orbitales p . Están dirigidos hacia los vértices de un triángulo equilátero, formando ángulos de 120° .
(Queda un orbital p sin hibridar que podría ser parte de un enlace π).
- 4 orbitales sp^3 , formados por la hibridación del orbital s y los tres orbitales p . Están dirigidos hacia los vértices de un tetraedro, formando ángulos de $109,5^\circ$.



Molécula de cloruro de berilio: $BeCl_2$.

La configuración electrónica del átomo de berilio ($Z = 4$) en el estado fundamental es $1s^2 2s^2$, pero para poder enlazarse tiene que separar, («desaparear») los dos electrones, elevando uno de ellos al orbital $2p$. El coste de energía de excitación se compensa con la energía de los enlaces que se van a formar.

La configuración electrónica del átomo de berilio excitado es $1s^2 2s^1 2p^1$.

Al tener dos electrones desapareados, puede formar dos enlaces. Para ello, los dos orbitales s y p_x se hibridan, dando lugar a dos orbitales híbridos sp que se disponen linealmente en sentidos opuestos.

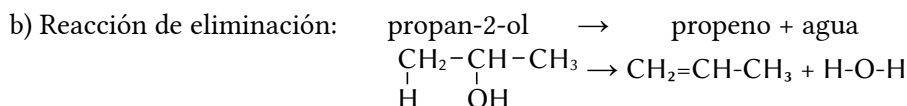
Al compartir cada una de los electrones que ocupan estos orbitales híbridos, con un electrón desapareado de un átomo de cloro, se forma la molécula de $BeCl_2$ que es lineal.

El diagrama de Lewis para la molécula de $BeCl_2$ es: $:\ddot{Cl}:Be:\ddot{Cl}:$

La forma de la molécula es lineal, con un ángulo $Cl-Be-Cl$ de 180° .

(La molécula de $BeCl_2$ es una excepción a la regla del octeto, que establece que los átomos tienden a formar enlaces de manera que cada átomo tenga ocho electrones en su capa de valencia. En el átomo de berilio solo hay cuatro, (dos pares de) electrones).

Solución:



3. Calcula:

- El pH de una disolución de hidróxido de sodio de concentración $0,010 \text{ mol/dm}^3$.
- El pH de una disolución de ácido clorhídrico de concentración $0,020 \text{ mol/dm}^3$.
- El pH de la disolución obtenida al mezclar 100 cm^3 de la disolución de hidróxido de sodio de concentración $0,010 \text{ mol/dm}^3$ con 25 cm^3 de la disolución de ácido clorhídrico de concentración $0,020 \text{ mol/dm}^3$.

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

(A.B.A.U. ord. 18)

Rta.: a) $\text{pH} = 12$; b) $\text{pH} = 1,7$; c) $\text{pH} = 11,6$,

Datos

Concentración de la disolución de NaOH

Volumen que se mezcla de la disolución de NaOH

Concentración de la disolución de HCl

Volumen que se mezcla de la disolución de HCl

Incógnitas

pH de la disolución de NaOH

Cifras significativas: 3

$[\text{NaOH}] = 0,0100 \text{ mol/dm}^3$

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

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

$V_a = 25,0 \text{ cm}^3 = 25,0 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$

pH_b

Incógnitas

pH de la disolución de HCl

pH_a

pH de la mezcla

pH₃

Ecuaciones

pH

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

pOH

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

Producto iónico del agua

$K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$; $\text{pH} + \text{pOH} = 14$

Solución:

a) El hidróxido de sodio es una base fuerte que se disocia totalmente:



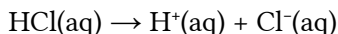
El pOH de la disolución de NaOH valdrá:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[\text{NaOH}] = -\log(0,0100) = 2,000$$

Por tanto su pH será:

$$\text{pH} = 14,000 - \text{pOH} = 14,000 - 2,000 = 12,000$$

b) El ácido clorhídrico es un ácido fuerte que se disocia totalmente:



El pH de la disolución de HCl valdrá:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log[\text{HCl}] = -\log(0,0200) = 1,700$$

c) Se estudia la reacción entre el HCl y el NaOH para ver qué reactivo está en exceso,

En 25 cm³ de la disolución de HCl hay: $n = 0,0250 \text{ dm}^3 \cdot 0,0200 \text{ mol/dm}^3 = 5,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol HCl}$

En 100 cm³ de la disolución de NaOH hay: $n' = 0,100 \text{ dm}^3 \cdot 0,0100 \text{ mol/dm}^3 = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol NaOH}$

Suponiendo volúmenes aditivos

$$V_t = 25,0 \text{ cm}^3 \text{ D HCl} + 100 \text{ cm}^3 \text{ D NaOH} = 125 \text{ cm}^3 = 0,125 \text{ dm}^3 \text{ de mezcla.}$$

		HCl	NaOH	→	Na ⁺	Cl ⁻	H ₂ O	
n_0	Cantidad inicial	$5,00 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$		0	0		mol
n_r	Cantidad que reacciona o se forma	$5,00 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$		$5,00 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$	mol
n_f	Cantidad al final de la reacción	0	$5,0 \cdot 10^{-4}$		$5,00 \cdot 10^{-4}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$		mol

La concentración final de hidróxido de sodio es:

$$[\text{NaOH}] = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol NaOH} / 0,125 \text{ dm}^3 \text{ D} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

El pOH de la disolución final valdrá:

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log[\text{NaOH}] = -\log(4,0 \cdot 10^{-3}) = 2,40$$

Por tanto su pH será:

$$\text{pH} = 14,00 - \text{pOH} = 14,000 - 2,40 = 11,60$$

4. El cobre metálico reacciona con ácido nítrico concentrado formando dióxido de nitrógeno, nitrato de cobre(II) y agua.

a) Ajusta la reacción iónica y molecular por el método del ion-electrón.

b) Calcula el volumen de una disolución de ácido nítrico comercial del 25,0 % en masa y densidad 1,15 g·cm⁻³ que reaccionará con 5,0 g de un mineral que tiene un 10 % de cobre.

(A.B.A.U. ord. 18)

Rta.: a) $\text{Cu} + 4 \text{HNO}_3 \rightarrow 2 \text{NO}_2 + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$; b) $V_d = 6,90 \text{ cm}^3$.

DatosHNO₃: Riqueza

Densidad

Masa del mineral de cobre

Riqueza del mineral de cobre

Masa molar: Cobre

Ácido nítrico

Cifras significativas: 3 $R = 25,0 \%$ $\rho = 1,15 \text{ g/cm}^3$ $m = 5,00 \text{ g Cu}$ $r = 10,0 \%$ $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol}$ $M(\text{HNO}_3) = 63,0 \text{ g/mol}$ **Incógnitas**Volumen de disolución de HNO₃ necesario para reaccionar con el cobre V_d **Otros símbolos**

Cantidad de sustancia (número de moles)

 n **Ecuaciones**

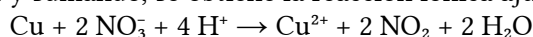
De estado de los gases ideales

 $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ **Solución:**

a) Las semirreacciones iónicas son:

Oxidación: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$ Reducción: $\text{NO}_3^- + 2 \text{H}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Multiplicando la segunda por 2 y sumando, se obtiene la reacción iónica ajustada.

Sumando 2 NO₃⁻ a cada lado de la ecuación y juntando los iones de signos opuestos se obtiene la reacción global:

b) La cantidad de cobre que hay en 5,0 g del mineral es:

$$n(\text{Cu}) = 5,00 \text{ g mineral} \cdot \frac{10,0 \text{ g Cu}}{100 \text{ g mineral}} \cdot \frac{1 \text{ mol Cu}}{63,5 \text{ g Cu}} = 0,00787 \text{ mol Cu}$$

El volumen de disolución de ácido nítrico comercial que se necesita es:

$$V_d = 0,00787 \text{ mol Cu} \cdot \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol Cu}} \cdot \frac{63,0 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} \cdot \frac{100 \text{ g D HNO}_3}{25,0 \text{ g HNO}_3} \cdot \frac{1 \text{ cm}^3 \text{ D HNO}_3}{1,15 \text{ g D HNO}_3} = 6,90 \text{ cm}^3 \text{ D HNO}_3$$

5. Al mezclar 25 cm³ de una disolución de AgNO₃ de concentración 0,01 mol/dm³ con 10 cm³ de una disolución de NaCl de concentración 0,04 mol/dm³ se obtiene un precipitado de cloruro de plata.

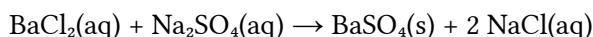
a) Escribe la reacción que tiene lugar y calcula la cantidad máxima de precipitado que se podría obtener.

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

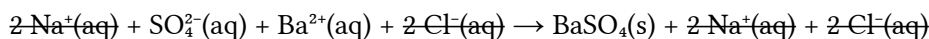
(A.B.A.U. ord. 18)

Solución:

a) La reacción de precipitación es:



Si solo 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

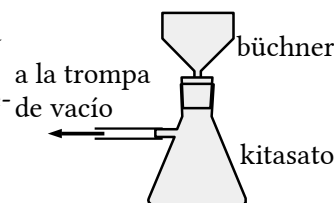
Para separar el precipitado, se coloca un papel de filtro circular en un embudo büchner ajustándolo para no dejar orificios libres y se humedece con agua para que quede adherido.

Se ajusta el embudo büchner sobre un matraz kitasato y se conecta la rama lateral del kitasato a una trompa de vacío.

Se abre la llave y se vierte el contenido del vaso (precipitado y líquido) 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.

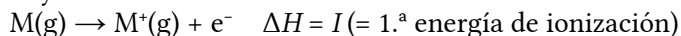
OPCIÓN B

- a) Ordena razonadamente de menor a mayor primera energía de ionización, los átomos Al, B, C, K y Na.
b) Dados los compuestos HF y HCl, justifica cuál presentará un punto de ebullición más alto.

(A.B.A.U. ord. 18)

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 desciende en un grupo debido al aumento del radio atómico.

$$I(\text{K}) < I(\text{Na})$$

$$I(\text{Al}) < I(\text{B})$$

Aumenta hacia la derecha en el período por la disminución del radio atómico y el aumento de la carga nuclear.

$$I(\text{B}) < I(\text{C})$$

$$I(\text{Na}) < I(\text{Al})$$

El orden final es:

$$I(\text{K}) < I(\text{Na}) < I(\text{Al}) < I(\text{B}) < I(\text{C})$$

Solución:

Se consideran tres tipos de fuerzas intermoleculares: de dispersión, dipolo-dipolo y puentes de hidrógeno.

- Las fuerzas de dispersión o de Van der Waals están presentes en todos los compuestos covalentes. En principio son las más débiles, pero aumentan considerablemente con la masa molecular del compuesto.
- Las siguientes en intensidad son las fuerzas dipolo-dipolo. Aparecen en compuestos que tengan moléculas con momento dipolar. Para que haya momento dipolar en uno enlace debe haber una diferencia de electronegatividad entre los átomos que une. Además, las moléculas deben tener una asimetría que permita que los vectores momento dipolar de los enlaces no se anulen.
- Las de mayor intensidad son los llamados puentes de hidrógeno o enlaces de hidrógeno. Las presentan moléculas que contienen átomos pequeños (del segundo período) muy electronegativos (N, O y F) unidos a átomos de hidrógeno.

Fluoruro de hidrógeno: HF.

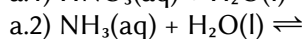
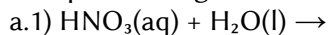
Las moléculas de fluoruro de hidrógeno están unidas por puentes de hidrógeno que son fuerzas de mayor intensidad que las de dipolo-dipolo (que también están presentes en ellas) y que las de Van der Waals, ya que contienen átomos de hidrógeno unidos a un elemento electronegativo del segundo período (el flúor) y presenta momento dipolar.

Cloruro de hidrógeno: HCl.

La molécula de cloruro de hidrógeno no cumple el requisito para presentar puentes de hidrógeno, porque el cloro tiene un radio atómico más grande y el momento dipolar de la molécula es menor porque el cloro es menos electronegativo que el flúor. Aunque la masa molar del HCl es mayor que la del HF, el mayor valor de las fuerzas de dispersión no compensa la intensidad de la fuerza de los enlaces de hidrógeno.

Como las fuerzas intermoleculares del HF son mucho más intensas que las del HCl, su temperatura de ebullición es más alta.

2. a) Completa las siguientes reacciones e identifica los pares conjugados ácido-base.



b) Para los compuestos:

b.1.1) 2-pentanol, b.1.2) dietiléter, b.1.3) ácido 3-metilbutanoico, b.1.4)propanamida:

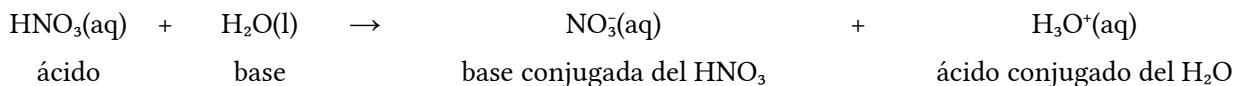
b.1) Escribe sus fórmulas semidesarrolladas.

b.2) Razona si alguno puede presentar isomería óptica.

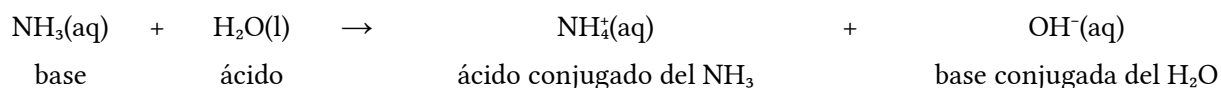
(A.B.A.U. ord. 18)

Solución:

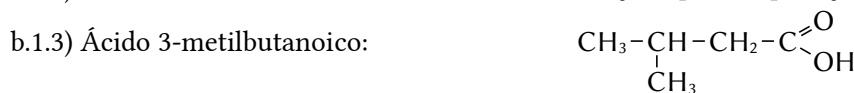
a.1)



a.2)



Solución:



b.2) Presenta isomería óptica el pentan-2-ol porque tiene un carbono asimétrico. El carbono 2 está unido a cuatro grupos distintos: metilo ($-\text{CH}_3$), hidrógeno ($-\text{H}$), hidroxilo ($-\text{OH}$) y propilo ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$).

3. Se realiza la electrolisis de una disolución de cloruro de hierro(III) haciendo pasar una corriente de 10 amperios durante 3 horas. Calcula:
- Los gramos de hierro depositados en el cátodo.
 - El tiempo que tendría que pasar la corriente para que en el ánodo se desprendan 20,5 L de Cl_2 gas medidos a 25 °C de temperatura y 1 atm de presión.
- 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 atm = 101,3 kPa
 constante de Faraday, $F = 96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$. (A.B.A.U. ord. 18)
- Rta.:** a) $m = 20,8 \text{ g Fe}$; b) $t = 4,5 \text{ h}$.

Datos

Intensidad de corriente eléctrica

Tiempo para la masa de Fe depositada

Gas cloro: Presión

Temperatura

Volumen

Constante de los gases ideales

Masa atómica del hierro

Incógnitas

Masa de Fe depositada

Tiempo que se tarda en desprender el Cl_2

Otros símbolos

Cantidad de sustancia (número de moles)

Ecuaciones

Ecuación de los gases ideales

Intensidad de corriente eléctrica

Cifras significativas: 3

$$I = 10,0 \text{ A}$$

$$T = 3,00 \text{ h} = 1,08 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$p = 1,00 \text{ atm}$$

$$T = 25 \text{ °C} = 298 \text{ K}$$

$$V = 20,5 \text{ dm}^3$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{Fe}) = 55,8 \text{ g/mol}$$

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

$$t$$

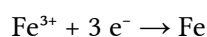
$$n$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$I = Q / t$$

Solución:

a) La reacción en el cátodo es:



$$Q = I \cdot t = 10,0 \text{ A} \cdot 1,08 \cdot 10^4 \text{ s} = 1,08 \cdot 10^5 \text{ C}$$

$$n(e) = 1,08 \cdot 10^5 \text{ C} \cdot 1 \text{ mol } e^- / 96 500 \text{ C} = 1,12 \text{ mol } e$$

$$m(\text{Fe}) = 1,12 \text{ mol } e \cdot \frac{1 \text{ mol Fe}}{3 \text{ mol } e} \cdot \frac{55,8 \text{ g Fe}}{1,00 \text{ mol Fe}} = 20,8 \text{ g Fe}$$

b) La reacción de electrolisis es: $2 \text{FeCl}_3(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{Cl}_2(\text{g})$

La reacción en el ánodo es: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 e^-$

Suponiendo comportamiento ideal para el cloro:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1,00 \text{ atm} \cdot 20,5 \text{ dm}^3}{0,0820 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 0,839 \text{ mol Cl}_2$$

Se necesitarían

$$n(e) = 0,839 \text{ mol Cl}_2 \cdot 2 \text{ mol } e / \text{mol Cl}_2 = 1,68 \text{ mol } e$$

$$Q = 1,68 \text{ mol } e \cdot 96 500 \text{ C} / \text{mol } e = 1,62 \cdot 10^5 \text{ C}$$

$$t = Q / I = 1,62 \cdot 10^5 \text{ C} / 10 \text{ A} = 1,62 \cdot 10^4 \text{ s} = 4,5 \text{ h}$$

4. En un reactor de 10 L se introducen 2,5 moles de PCl_5 y se calienta hasta 270°C , produciéndose la siguiente reacción: $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$. Una vez alcanzado el equilibrio se comprueba que la presión en el reactor es de 15,7 atm. Calcula:

a) El número de moles de todas las especies presentes en el equilibrio.

b) El valor de las constantes K_c y K_p a dicha temperatura.

Datos: $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$; $1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa}$.

(A.B.A.U. ord. 18)

Rta.: a) $n(\text{PCl}_5) = 1,48 \text{ mol PCl}_5$; $n(\text{PCl}_3) = n(\text{Cl}_2) = 1,02 \text{ mol}$; b) $K_c = 0,0708$; $K_p = 3,15$.



Datos

Cantidad inicial de PCl_5

Gas: Volumen

Temperatura

Presión total en el equilibrio

Constante de los gases ideales

Cifras significativas: 3

$$n_0(\text{PCl}_5) = 2,50 \text{ mol}$$

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

$$t = 270^\circ \text{C} = 543 \text{ K}$$

$$p = 15,7 \text{ atm}$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Incógnitas

Concentraciones de cada especie en el equilibrio

$$[\text{PCl}_5], [\text{PCl}_3], [\text{Cl}_2]$$

Constantes de equilibrio

$$K_c, K_p$$

Otros símbolos

Cantidad de la sustancia X en el equilibrio

$$n_e(X)$$

Ecuaciones

Concentración de la sustancia X

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

Ecuación de estado de los gases ideales

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

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

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

Solución:

a) Suponiendo comportamiento ideal para los gases:

$$n_{e,t} = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{15,7 \text{ atm} \cdot 10,0 \text{ L}}{0,0820 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 543 \text{ K}} = 3,52 \text{ mol de gases en el equilibrio}$$

La ecuación de disociación es:



Se llama x a la cantidad de PCl_5 disociada. Por la estequiometría de la reacción,

		PCl_5	\rightleftharpoons	PCl_3	Cl_2	
Cantidad inicial	n_0	n_0		0	0	mol
Cantidad que reacciona o se forma	n_r	x	\rightarrow	x	x	mol
Cantidad en el equilibrio	n_e	$n_0 - x$		x	x	mol

La cantidad de gas que hay en el equilibrio es: $n_{\text{et}} = n_0 - x + x + x = n_0 + x$

Comparando con el resultado anterior,

$$3,52 = 2,50 + x$$

$$x = 3,52 - 2,50 = 1,02 \text{ moles disociados}$$

Las cantidades en el equilibrio serán:

$$n_e(\text{PCl}_5) = n_0 - x = 2,50 - 1,02 = 1,48 \text{ mol PCl}_5 \text{ en el equilibrio}$$

$$n_e(\text{Cl}_2) = n_e(\text{PCl}_3) = x = 1,02 \text{ mol}$$

Y las concentraciones serán:

$$[\text{PCl}_5]_e = 1,48 \text{ mol PCl}_5 / 10,0 \text{ dm}^3 = 0,148 \text{ mol/dm}^3$$

$$[\text{Cl}_2]_e = [\text{PCl}_3]_e = 1,02 \text{ mol}/10,0 \text{ dm}^3 = 0,102 \text{ mol/dm}^3$$

b) La constante de equilibrio en función de las concentraciones es

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3]_e \cdot [\text{Cl}_2]_e}{[\text{PCl}_5]_e} = \frac{0,102 \cdot 0,102}{0,148} = 0,0708 \text{ (concentraciones en mol/dm}^3\text{)}$$

La constante de equilibrio en función de las presiones es

$$K_p = \frac{p_e(\text{PCl}_3) \cdot p_e(\text{Cl}_2)}{p_e(\text{PCl}_5)} = \frac{[\text{PCl}_3]_e \cdot R \cdot T [\text{Cl}_2]_e \cdot R \cdot T}{[\text{PCl}_5]_e \cdot R \cdot T} = \frac{[\text{PCl}_3]_e \cdot [\text{Cl}_2]_e}{[\text{PCl}_5]_e} \cdot R \cdot T = K_c \cdot R \cdot T$$

$$K_p = K_c \cdot R \cdot T = 0,0708 \cdot 0,082 \cdot 543 = 3,15 \text{ (presiones en atm)}$$

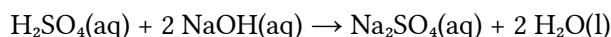
5. En la valoración de 20,0 cm³ de una disolución de ácido sulfúrico se gastan 30,0 cm³ de una disolución de hidróxido de sodio de concentración 0,50 mol/dm³.

a) Escribe la reacción que tiene lugar y calcula la concentración molar del ácido.

b) Describe el procedimiento experimental y nombra el material necesario para realizar la valoración. (A.B.A.U. ord. 18)

Solución:

a) La reacción ajustada es:



Cálculos: Si para neutralizar 30,0 cm³ de NaOH de concentración 0,50 mol/dm³ se necesitan 20,0 cm³ de disolución de ácido sulfúrico, la concentración del ácido es:

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = 30,0 \text{ cm}^3 \text{ D NaOH} \cdot \frac{0,50 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ D NaOH}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NaOH}} \cdot \frac{1}{20,0 \text{ cm}^3 \text{ D H}_2\text{SO}_4} \cdot \frac{10^3 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} = 0,375 \text{ mol/dm}^3$$

Procedimiento de valoración: Se llena una bureta de 50 cm³ con la disolución de NaOH de concentración 0,50 mol/dm³ por encima del cero. Se abre la llave hasta que el pico de la bureta esté lleno y el nivel se encuentre en el cero. Se vierten 30,0 cm³ en un matraz erlenmeyer de 100 cm³. Se añaden dos gotas de fenol-

ftaleína y la disolución tomará un color violeta. Se llena otra bureta de 25 cm³ con la disolución de H₂SO₄. Se dejan caer 15 cm³ sobre el erlenmeyer y se agita. Se abre la llave de la bureta para dejar caer la disolución de H₂SO₄ en pequeños chorros mientras se hace rotar al erlenmeyer hasta que el contenido del erlenmeyer quede incoloro. Se anota el volumen de H₂SO₄ gastado (p. ej. 20,6 cm³) y se tira el contenido del erlenmeyer y se lava el matraz. Se vuelven a llenar las buretas de 50 cm³ con la disolución de NaOH y la de 25 cm³ con H₂SO₄ hasta el cero. Se vierten otros 30,0 cm³ de NaOH en el erlenmeyer (lavado, pero no necesariamente seco) y se añaden dos gotas de fenolftaleína. Se coloca el erlenmeyer bajo la bureta de 25 cm³ y se abre la llave hasta dejar caer casi todo el volumen medido antes (p. ej. 19,5 cm³). Ahora se deja caer el H₂SO₄ gota a gota mientras se rota el erlenmeyer, hasta que la fenolftaleína pierda el 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: Buretas (2) de 25 cm³ y 50 cm³ (graduadas en 0,1 cm³), matraz erlenmeyer (1) de 100 cm³, disolución de fenolftaleína.

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