

© International Baccalaureate Organization 2022

All rights reserved. No part of this product may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without the prior written permission from the IB. Additionally, the license tied with this product prohibits use of any selected files or extracts from this product. Use by third parties, including but not limited to publishers, private teachers, tutoring or study services, preparatory schools, vendors operating curriculum mapping services or teacher resource digital platforms and app developers, whether fee-covered or not, is prohibited and is a criminal offense.

More information on how to request written permission in the form of a license can be obtained from <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organisation du Baccalauréat International 2022

Tous droits réservés. Aucune partie de ce produit ne peut être reproduite sous quelque forme ni par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, y compris des systèmes de stockage et de récupération d'informations, sans l'autorisation écrite préalable de l'IB. De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation de tout fichier ou extrait sélectionné dans ce produit. L'utilisation par des tiers, y compris, sans toutefois s'y limiter, des éditeurs, des professeurs particuliers, des services de tutorat ou d'aide aux études, des établissements de préparation à l'enseignement supérieur, des fournisseurs de services de planification des programmes d'études, des gestionnaires de plateformes pédagogiques en ligne, et des développeurs d'applications, moyennant paiement ou non, est interdite et constitue une infraction pénale.

Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour obtenir une autorisation écrite sous la forme d'une licence, rendez-vous à l'adresse <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

© Organización del Bachillerato Internacional, 2022

Todos los derechos reservados. No se podrá reproducir ninguna parte de este producto de ninguna forma ni por ningún medio electrónico o mecánico, incluidos los sistemas de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización por escrito del IB. Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso de todo archivo o fragmento seleccionado de este producto. El uso por parte de terceros —lo que incluye, a título enunciativo, editoriales, profesores particulares, servicios de apoyo académico o ayuda para el estudio, colegios preparatorios, desarrolladores de aplicaciones y entidades que presten servicios de planificación curricular u ofrezcan recursos para docentes mediante plataformas digitales—, ya sea incluido en tasas o no, está prohibido y constituye un delito.

En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una autorización por escrito en forma de licencia: <https://ibo.org/become-an-ib-school/ib-publishing/licensing/applying-for-a-license/>.

**Química**  
**Nivel Superior**  
**Prueba 2**

Miércoles 9 de noviembre de 2022 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Instrucciones para los alumnos**

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones del **cuadernillo de datos de Química** para esta prueba.
- La puntuación máxima para esta prueba de examen es **[90 puntos]**.



Conteste **todas** las preguntas. Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.

1. El nitrato de amonio,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , se usa como fertilizante de alto contenido en nitrógeno.

(a) Calcule el porcentaje en masa de nitrógeno en el nitrato de amonio. Use la sección 6 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
.....  
.....

(b) Indique, con una razón, si el ion amonio es un ácido o una base de Brønsted-Lowry. [1]

.....  
.....  
.....

(c) Se prepara una solución  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$  de nitrato de amonio.

(i) Calcule el pH de una solución de nitrato de amonio con  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,07 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ . Use la sección 1 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
.....

(ii) El nitrato de amonio se neutraliza con hidróxido de sodio. Escriba la ecuación para la reacción. [1]

.....  
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 1: continuación)**

- (iii) Una muestra de  $20,00\text{ cm}^3$  de la solución  $0,20\text{ mol dm}^{-3}$  de nitrato de amonio se titula con una solución  $0,20\text{ mol dm}^{-3}$  de hidróxido de sodio. Determine el pH en el punto de equivalencia, a **dos** cifras decimales, usando las secciones 1 y 21 del cuadernillo de datos.

[4]

.....

.....

.....

.....

.....

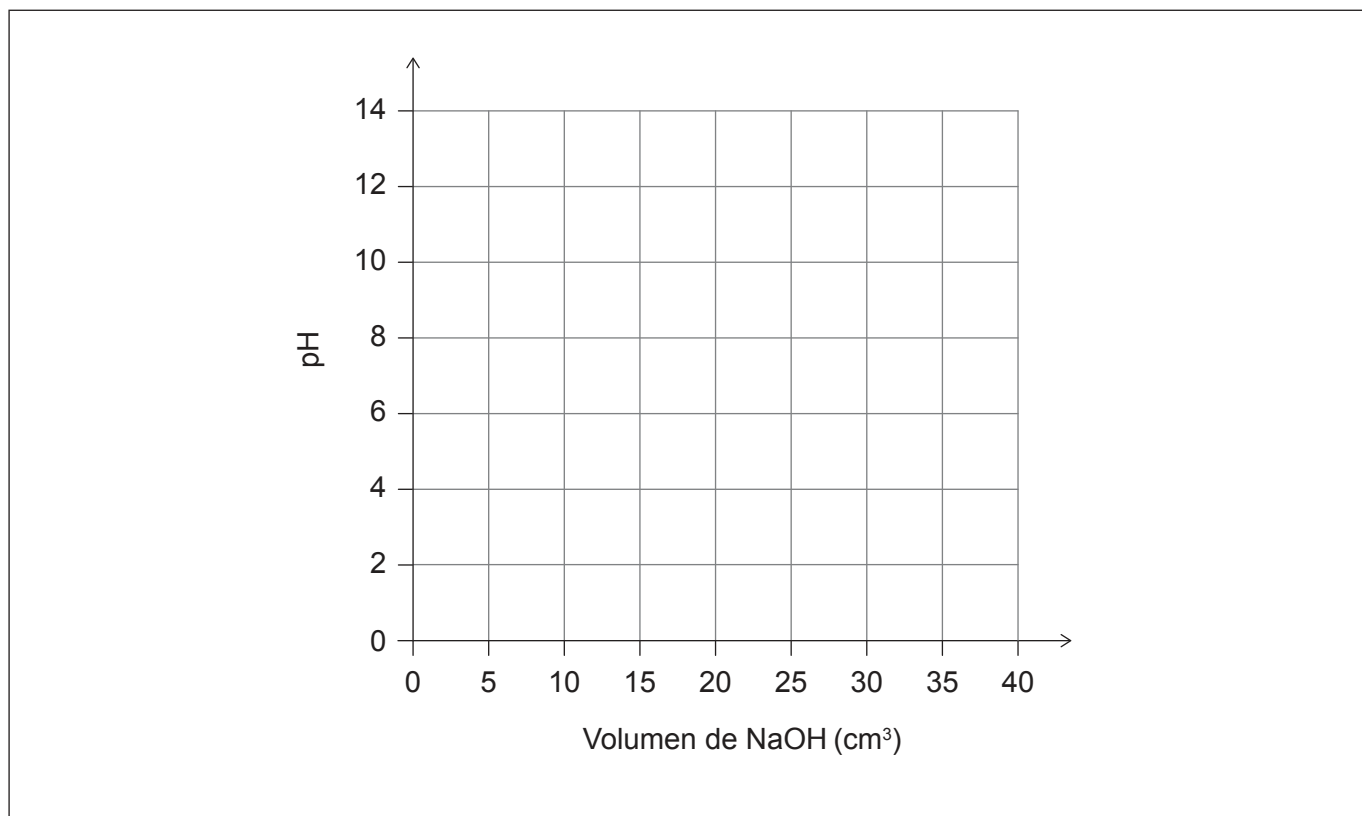
.....

.....

.....

- (iv) Dibuje aproximadamente la curva de pH que resultaría de la titulación de una solución  $0,20\text{ mol dm}^{-3}$  de nitrato de amonio con hidróxido de sodio.

[2]



**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



28EP03

**Véase al dorso**

**(Pregunta 1: continuación)**

- (v) Indique, con una razón, si el azul de bromotimol es un indicador apropiado para esta titulación. Use la sección 22 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
.....

- (d) Las bolsas de enfriamiento contienen nitrato de amonio y agua separados por una membrana.

- (i) La masa de los contenidos de una bolsa de enfriamiento es de 25,32 g y su temperatura inicial es de 25,2 °C. Una vez mezclados los contenidos, la temperatura disminuye a 0,8 °C.

Calcule la energía absorbida, en J, por la disolución de nitrato de amonio en agua dentro de la bolsa de enfriamiento. Suponga que la capacidad calorífica específica de la solución es  $4,18 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Use la sección 1 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
.....  
.....

- (ii) Determine la masa de nitrato de amonio en la bolsa de enfriamiento, usando su respuesta obtenida en (d)(i) y las secciones 6 y 19 del cuadernillo de datos.

Si no obtuvo una respuesta a (d)(i), use  $3,11 \times 10^3 \text{ J}$ , aunque esta no es la respuesta correcta. [2]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 1: continuación)**

- (iii) La incertidumbre absoluta en la masa de los contenidos de la bolsa de enfriamiento es  $\pm 0,01$  g y en cada lectura de temperatura es  $\pm 0,2$  °C. Usando su respuesta a (d)(ii), calcule la incertidumbre absoluta en la masa de nitrato de amonio de la bolsa de enfriamiento.

Si no obtuvo respuesta a (d)(ii), use 6,55 g, aunque esta no es la respuesta correcta.

[3]

.....

.....

.....

.....

- (iv) La bolsa de enfriamiento contiene 9,50 g de nitrato de amonio. Calcule el error porcentual en la masa determinada experimentalmente de nitrato de amonio obtenida en (d)(ii).

Si no obtuvo una respuesta a (d)(ii), use 6,55 g, aunque esta no es la respuesta correcta.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (v) Calcule la variación de entropía estándar,  $\Delta S^\ominus$ , para la disolución del nitrato de amonio.

[1]

$$S^\ominus \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) = 151,1 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$S^\ominus \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq}) = 259,8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



28EP05

Véase al dorso

**(Pregunta 1: continuación)**

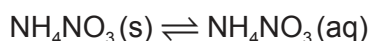
- (vi) Calcule la variación de la energía libre estándar de Gibbs,  $\Delta G^\ominus$ , en  $\text{kJ mol}^{-1}$ , para la disolución de nitrato de amonio a 298 K. Use las secciones 1 y 19 del cuadernillo de datos así como también su respuesta al apartado (d)(v).

Si no obtuvo una respuesta a (d)(v), use  $102,3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , aunque esta no es la respuesta correcta.

[1]

.....  
.....  
.....

- (vii) Calcule el valor de la constante de equilibrio para la disolución de nitrato de amonio a 298 K, usando su respuesta al apartado (d)(vi) y la sección 1 del cuadernillo de datos.



Si no obtuvo una respuesta a (d)(vi), use  $-7,84 \text{ kJ/mol}$ , aunque esta no es la respuesta correcta.

[2]

.....  
.....  
.....  
.....

- (viii) Deduzca, con una razón, la posición del equilibrio.

[1]

.....  
.....  
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 1: continuación)**

- (e) Prediga, usando los valores dados, qué reacción se produciría en el ánodo y el cátodo para la electrólisis de una solución acuosa de nitrato de amonio con electrodos de grafito. [2]

	$E^\ominus / V$
$\frac{1}{2} O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2O(l)$	+ 1,23
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	+ 0,96
$H^+(aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g)$	0,00

Ánodo: .....

.....

Cátodo: .....

.....

- (f) El nitrato de amonio sólido se puede descomponer en monóxido de dinitrógeno gaseoso y agua líquida.

- (i) Escriba la ecuación química para esta descomposición. [1]

.....

.....

- (ii) Calcule el volumen de monóxido de dinitrógeno producido a PTN cuando una muestra de 5,00g de nitrato de amonio se descompone. Use la sección 2 del cuadernillo de datos. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 9)**



28EP07

**Véase al dorso**



**No** escriba en esta página.

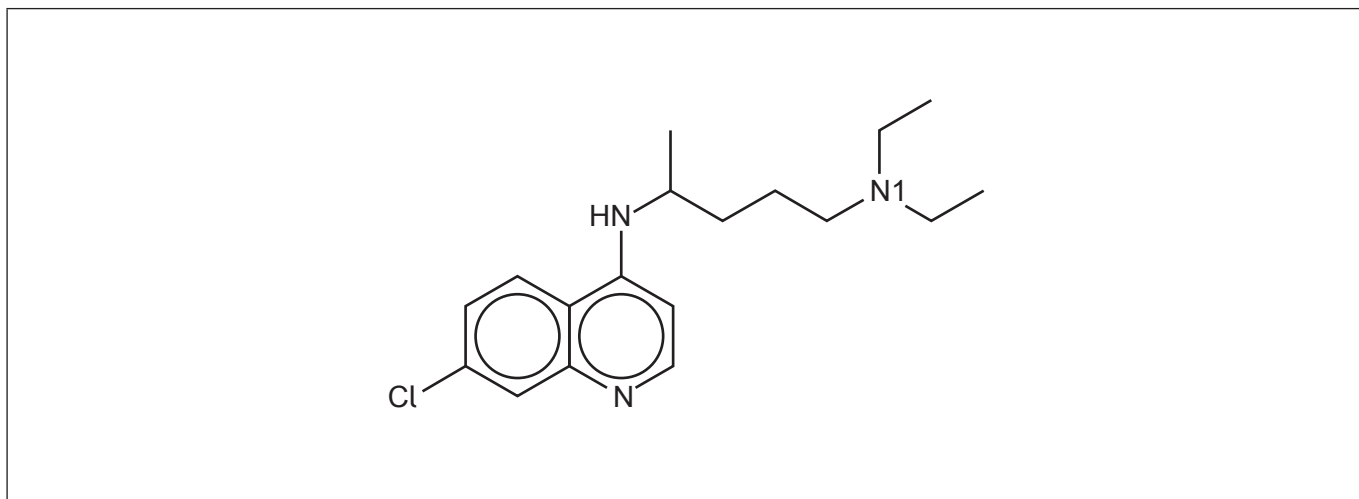
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



28EP08



2. La cloroquina es una medicación para la prevención y tratamiento de la malaria.



(a) Dibuje un círculo rodeando el grupo amino secundario en la cloroquina. [1]

(b) Indique el número de carbonos que presentan hibridación  $sp^2$  en la cloroquina. [1]

.....

(c) Determine el índice de déficit de hidrógeno, IDH, en la cloroquina. [1]

.....  
.....

(d) Compare, dando una razón, la longitud del enlace carbono-nitrógeno en el anillo con la longitud del enlace carbono-N1. [1]

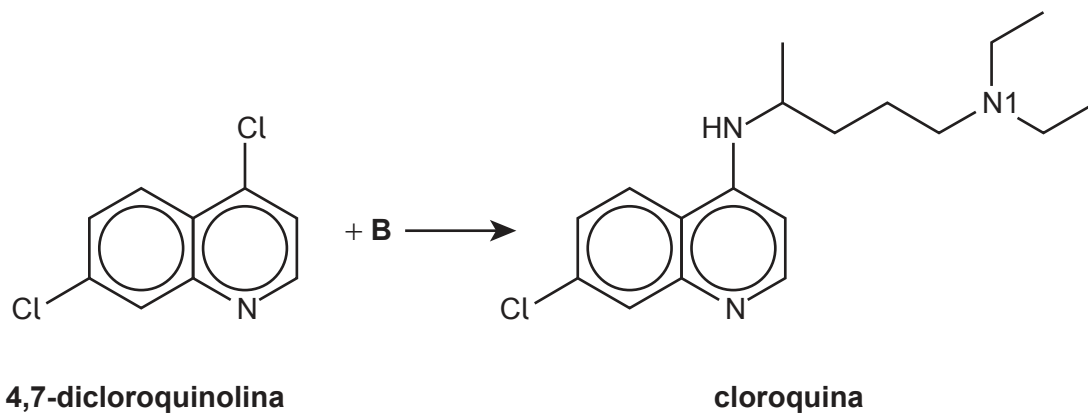
.....  
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 2: continuación)**

- (e) La cloroquina se puede sintetizar haciendo reaccionar 4,7-dicloroquinolina con otro reactivo, **B**.



- (i) Deduzca la estructura de **B**.

[2]

- (ii) Esta reacción se puede realizar con un catalizador de cobre. Indique la configuración electrónica en estado fundamental del cobre.

[1]

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 13)**



28EP11

Véase al dorso

**No** escriba en esta página.

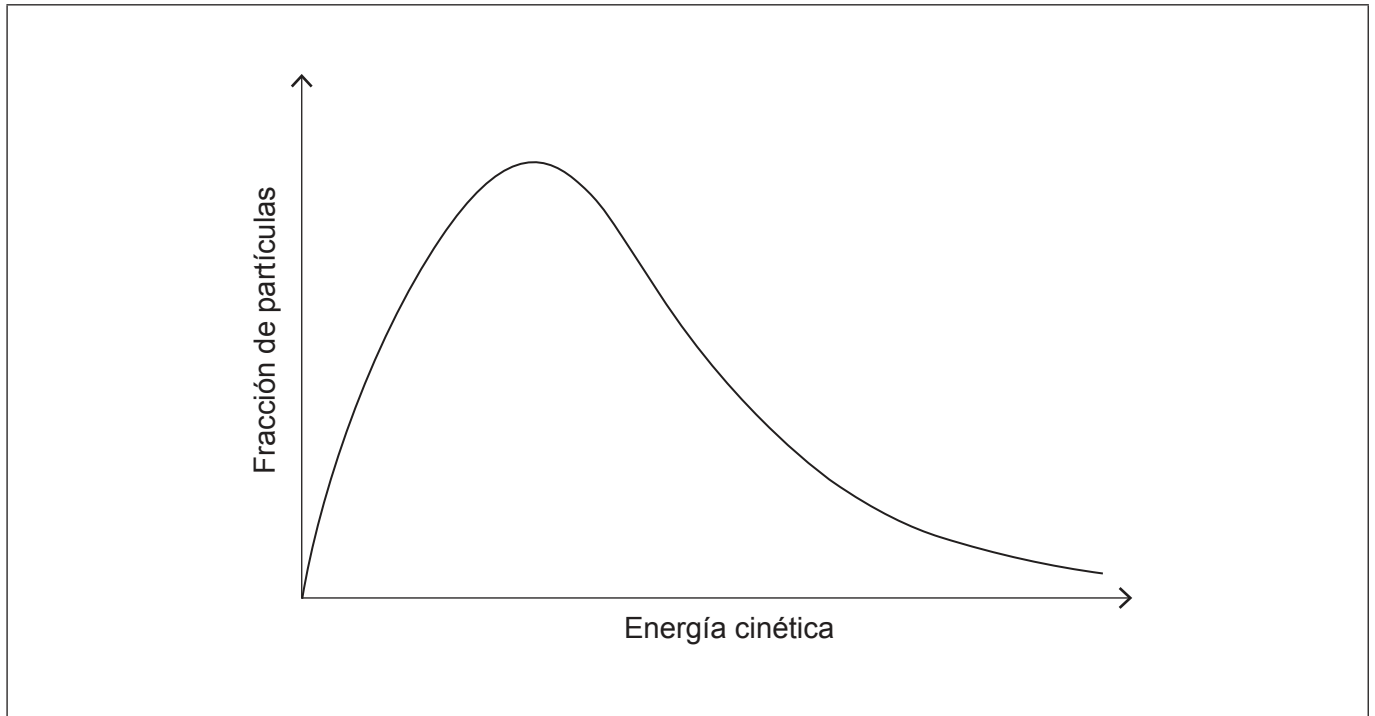
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



28EP12

**(Pregunta 2: continuación)**

- (iii) Anote la curva de distribución de Maxwell-Boltzmann mostrando las energías de activación,  $E_a$ , para las reacciones catalizada y sin catalizar. [1]



- (iv) Explique, haciendo referencia a la curva de distribución de Maxwell-Boltzmann, el efecto de un catalizador sobre una reacción química. [1]

.....

.....

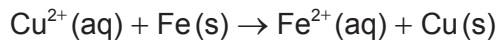
.....



28EP13

Véase al dorso

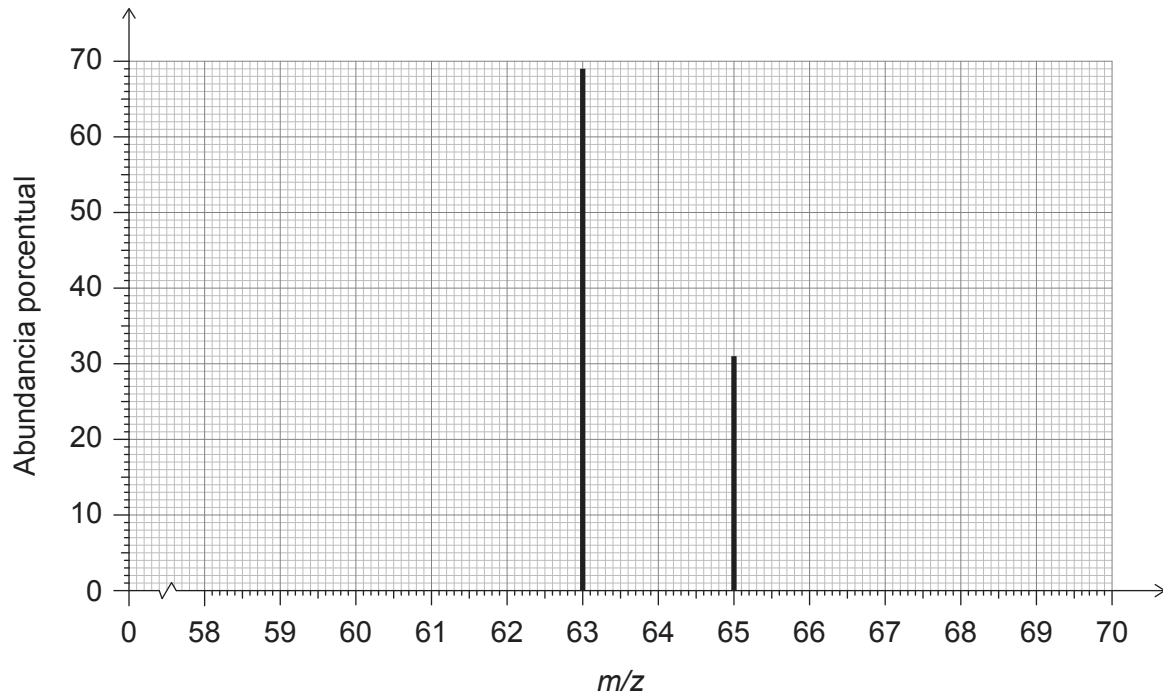
3. Considere la siguiente reacción:



(a) Indique la configuración electrónica del  $\text{Fe}^{2+}$  en el estado fundamental. [1]

.....  
.....

(b) Se muestra el espectro de masas del cobre:



Muestre cómo se puede obtener una masa atómica relativa del cobre de 63,62 a partir de este espectro.

[1]

.....  
.....  
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



28EP14

**(Pregunta 3: continuación)**

(c) Prediga, con una razón, cuál tiene mayor energía de ionización, el Cu o el  $\text{Cu}^{2+}$ . [1]

.....  
.....  
.....

(d) Determine la frecuencia, en  $\text{s}^{-1}$ , de un fotón que provocaría la primera energía de ionización del cobre. Use las secciones 1, 2 y 8 del cuadernillo de datos. [2]

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

(e) Resuma las propiedades magnéticas del hierro haciendo referencia a su configuración electrónica. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



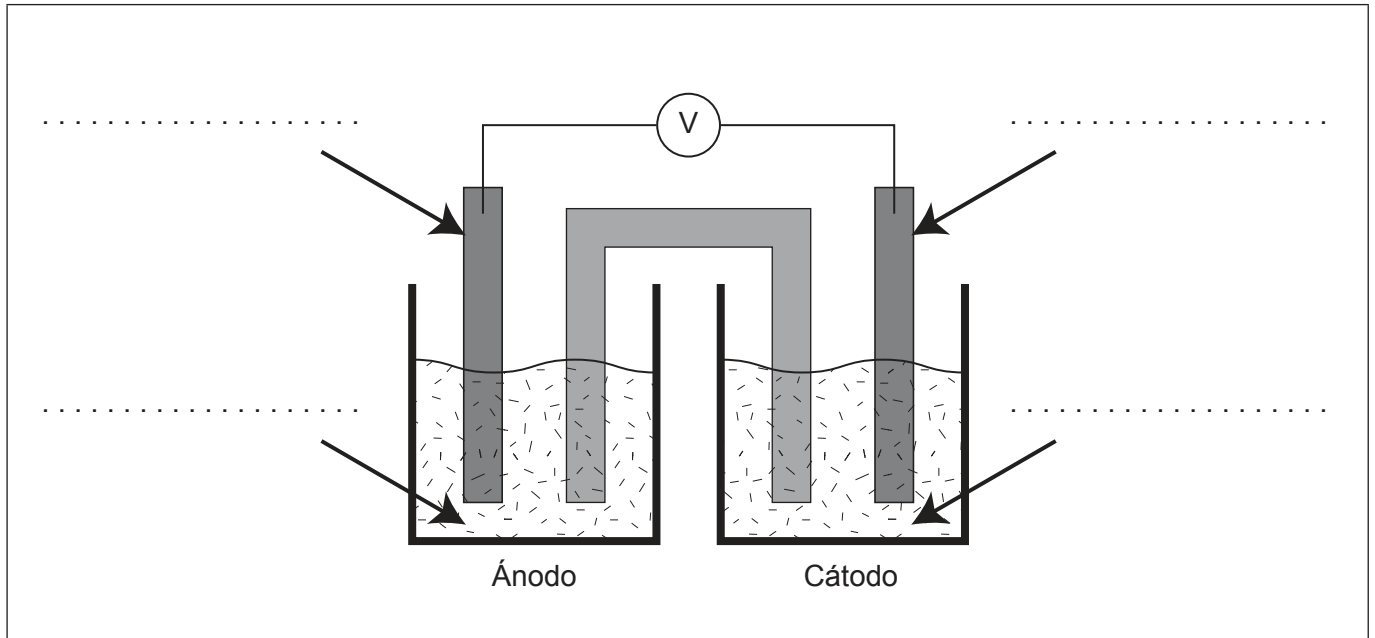
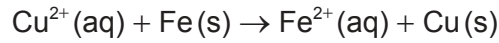
28EP15

**Véase al dorso**



**(Pregunta 3: continuación)**

(f) El diagrama muestra una pila voltaica sin rotular para la reacción:



- (i) Rotule el diagrama con las especies de la ecuación y la dirección del flujo de electrones. [2]
- (ii) Escriba la semiecuación para la reacción que se produce en el ánodo (electrodo negativo). [1]

.....

.....

- (iii) El diagrama incluye un puente salino que está lleno de solución saturada de  $\text{KNO}_3$ . Resuma la función del puente salino. [1]

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 3: continuación)**

(iv) Prediga el movimiento de **todas** las especies iónicas a través del puente salino. [2]

.....  
.....  
.....  
.....

(v) Calcule el potencial estándar, en V, para esta pila. Use la sección 24 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
.....

(vi) Calcule la variación de energía libre estándar, **en kJ**, para la pila. Use su respuesta a (f)(v) y las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos.

Si no obtuvo una respuesta a (f)(v), use 0,68 V, aunque esta no es la respuesta correcta. [1]

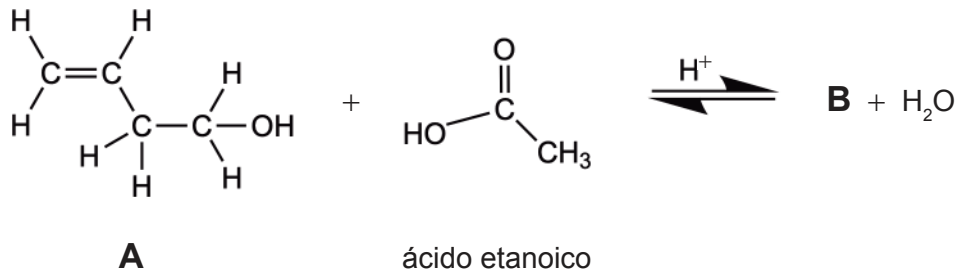
.....  
.....  
.....



28EP17

Véase al dorso

4. Un compuesto orgánico, **A**, reacciona con ácido etanoico para producir **B** usando ácido sulfúrico concentrado como catalizador.



(a) (i) Deduzca las fórmulas estructural y empírica de **B**. [3]

Fórmula estructural:

Fórmula empírica: .....

(ii) Explique, haciendo referencia al principio de Le Châtelier, el efecto de usar ácido sulfúrico diluido en lugar de concentrado como catalizador sobre el rendimiento de la reacción. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 4: continuación)**

(iii) Explique, haciendo referencia a las fuerzas intermoleculares, por qué **B** es más volátil que **A**.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) El compuesto **A** también puede reaccionar con bromo. Describa el cambio que se observa si **A** reacciona con bromo.

[1]

.....

.....

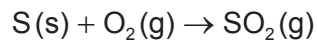


28EP19

Véase al dorso

5. El lignito, un tipo de carbón, contiene cerca de 0,40% de azufre en masa.

(a) Calcule la cantidad, en mol, de dióxido de azufre que se produce por la combustión de 500,0g de lignito. [2]



.....

.....

.....

.....

.....

(b) Escriba una ecuación que muestre cómo el dióxido de azufre puede producir lluvia ácida. [1]

.....

.....

(c) Deduzca la estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) para el dióxido de azufre. [1]

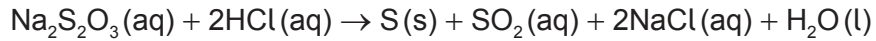
.....

**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**

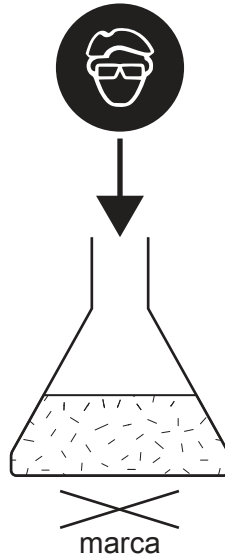


**(Pregunta 5: continuación)**

(d) El tiosulfato de sodio reacciona con ácido clorhídrico como se muestra:



El precipitado de azufre hace que la mezcla se enturbie, por ello, una marca debajo de la mezcla de reacción se hace invisible con el tiempo.



Sugiera **dos** variables, distintas de la concentración, que se debería controlar cuando se comparan velocidades relativas a diferentes temperaturas. [2]

.....

.....

.....

.....

(e) Discuta **dos** formas diferentes de reducir el impacto ambiental de producir energía a partir de carbón. [2]

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 23)**



28EP21

**Véase al dorso**

**No** escriba en esta página.

Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



28EP22

**(Pregunta 5: continuación)**

- (f) El  $\text{SF}_4\text{Cl}_2$  puede formar dos isómeros, uno polar y otro no polar. Deduzca las representaciones tridimensionales de ambos isómeros del  $\text{SF}_4\text{Cl}_2$ .

[2]

Isómero no polar:

Isómero polar:

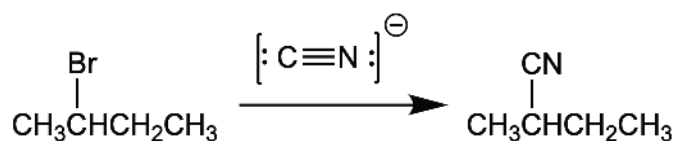


28EP23

Véase al dorso

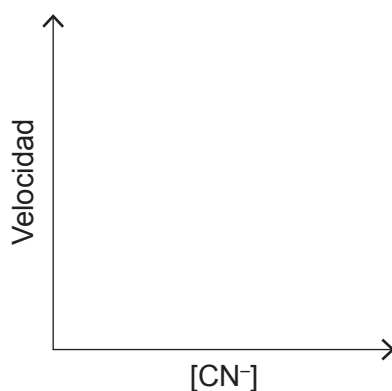


6. El 2-bromobutano puede reaccionar con cianuro,  $\text{CN}^-$ , en una reacción de sustitución nucleófila.

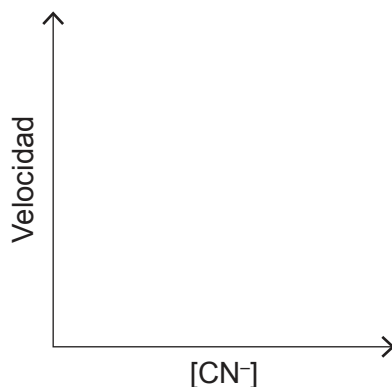


- (a) Esta reacción podría producirse por medio de mecanismos  $\text{S}_\text{N}1$  o  $\text{S}_\text{N}2$  dependiendo de las condiciones de la reacción. Dibuje aproximadamente un gráfico de velocidad en función de concentración del nucleófilo,  $[\text{CN}^-]$ , para cada uno de los mecanismos. [2]

Mecanismo  $\text{S}_\text{N}1$ :



Mecanismo  $\text{S}_\text{N}2$ :



- (b) Sugiera, con una razón, si la reacción sigue un mecanismo  $\text{S}_\text{N}1$  o  $\text{S}_\text{N}2$  si solo se obtuvo un estereoisómero como producto. [1]

.....  
 .....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 6: continuación)**

- (c) Indique un instrumento que se podría usar para determinar si el producto era un solo enantiómero o una mezcla racémica. [1]

.....

- (d) Las reacciones  $S_N1$  y  $S_N2$  se conducen mejor usando diferentes tipos de disolventes. Identifique **dos** propiedades de un disolvente que sea el más adecuado para el mecanismo propuesto en (b). [1]

.....  
.....

- (e) Indique, con una razón, cómo se diferencia la velocidad de la reacción de cianuro con 2-clorobutano de la velocidad de reacción con 2-bromobutano bajo las mismas condiciones. [1]

.....  
.....

- (f) El 2-bromobutano reacciona con hidróxido por medio del mismo mecanismo identificado en (b). Explique este mecanismo usando flechas curvas para representar el movimiento de los pares electrónicos. [3]

**(Esta pregunta continúa en la página 27)**



28EP25

**Véase al dorso**

**No** escriba en esta página.

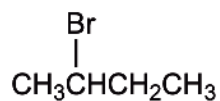
Las respuestas que se escriban en esta página no serán corregidas.



28EP26

**(Pregunta 6: continuación)**

- (g) (i) Deduzca el número de señales y la relación de las áreas debajo de las señales en el espectro de RMN de  $^1\text{H}$  del 2-bromobutano. [2]



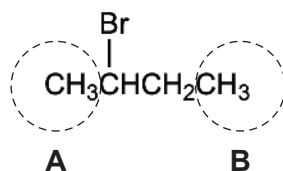
Número de señales:

.....

Relación de áreas:

.....

- (ii) Identifique el patrón de desdoblamiento de la señal de los átomos de hidrógeno en los átomos de carbono rodeados con un círculo en el 2-bromobutano. [2]



Patrón de desdoblamiento de la señal de los átomos de hidrógeno en el círculo **A**:

.....

Patrón de desdoblamiento de la señal de los átomos de hidrógeno en el círculo **B**:

.....



**Advertencia:**

Los contenidos usados en las evaluaciones del IB provienen de fuentes externas auténticas. Las opiniones expresadas en ellos pertenecen a sus autores y/o editores, y no reflejan necesariamente las del IB.

**Referencias:**

- 3.(b) WebElements, s.f. *Copper: isotope data* [en línea] Disponible en: <https://www.webelements.com/copper/isotopes.html> [Consulta: 6 de octubre de 2021].

**Los demás textos, gráficos e ilustraciones: © Organización del Bachillerato Internacional, 2022**



28EP28