

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 written permission from the IB.

Additionally, the license tied with this product prohibits commercial 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, is not permitted and is subject to the IB's prior written consent via a license. More information on how to request a license can be obtained from <http://www.ibo.org/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

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 de l'IB.

De plus, la licence associée à ce produit interdit toute utilisation commerciale 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, n'est pas autorisée et est soumise au consentement écrit préalable de l'IB par l'intermédiaire d'une licence. Pour plus d'informations sur la procédure à suivre pour demander une licence, rendez-vous à l'adresse <http://www.ibo.org/fr/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

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 que medie la autorización escrita del IB.

Además, la licencia vinculada a este producto prohíbe el uso con fines comerciales 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— no está permitido y estará sujeto al otorgamiento previo de una licencia escrita por parte del IB. En este enlace encontrará más información sobre cómo solicitar una licencia: <http://www.ibo.org/es/contact-the-ib/media-inquiries/for-publishers/guidance-for-third-party-publishers-and-providers/how-to-apply-for-a-license>.

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

Miércoles 13 de noviembre de 2019 (tarde)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

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

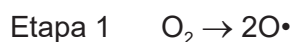
**Instrucciones para los alumnos**

- 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. Las ecuaciones muestran las etapas de la formación y descomposición del ozono en la estratosfera, algunas de las cuales absorben luz ultravioleta.



- (a) Dibuje las estructuras de Lewis del oxígeno,  $O_2$ , y el ozono,  $O_3$ . [2]

- (b) Resuma por qué ambos enlaces en la molécula de ozono tienen la misma longitud y prediga la longitud de enlace en la molécula de ozono. Refiérase a la sección 10 del cuadernillo de datos. [2]

Razón:

.....

.....

.....

Longitud:

.....

- (c) Prediga el ángulo de enlace en la molécula de ozono. [1]

.....

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



**(Pregunta 1: continuación)**

- (d) Discuta cómo las diferentes fuerzas de enlace entre los átomos de oxígeno en el O<sub>2</sub> y en el O<sub>3</sub> en la capa de ozono afectan la radiación que llega a la superficie terrestre. [2]

.....

.....

.....

.....

- (e) (i) Identifique las etapas que absorben luz ultravioleta. [1]

.....

- (ii) Determine, mostrando su trabajo, la longitud de onda, en m, de luz ultravioleta que absorbe una sola molécula en una de esas etapas. Use las secciones 1, 2 y 11 del cuadernillo de datos. [2]

.....

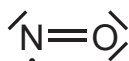
.....

.....

.....

.....

- (f) La descomposición del ozono es catalizada por el monóxido de nitrógeno, NO, que se produce en los motores de los aviones y los automóviles, y tiene la siguiente estructura de Lewis.



- Muestre cómo el monóxido de nitrógeno cataliza la descomposición del ozono, incluya ecuaciones en su respuesta. [2]

.....

.....

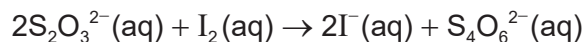
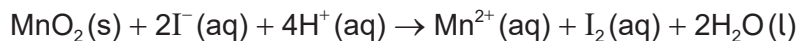
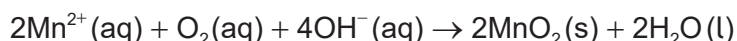
.....

.....

.....



2. La demanda bioquímica de oxígeno en una muestra de agua se puede determinar por medio de la siguiente serie de reacciones. La etapa final es la titulación de la muestra con solución de tiosulfato de sodio,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$ .



Un estudiante analizó dos muestras de  $300,0\text{ cm}^3$  de agua tomadas del estanque del colegio: una inmediatamente (día 0), y la otra después de dejarla sellada en la oscuridad durante 5 días (día 5). Se obtuvieron los siguientes resultados para la titulación de las muestras con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$   $0,0100\text{ mol dm}^{-3}$ .

Muestra	Titulación / $\text{cm}^3 \pm 0,1\text{ cm}^3$
Día 0	25,8
Día 5	20,1

- (a) (i) Determine la relación molar de  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  a  $\text{O}_2$ , usando las ecuaciones ajustadas. [1]

..... .....
----------------

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 2: continuación)**

(ii) Calcule el número de moles de oxígeno en la muestra del día 0. [2]

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

(iii) La muestra día 5 contenía  $5,03 \times 10^{-5}$  moles de oxígeno.

Determine la demanda bioquímica de oxígeno de los 5 días en el estanque, en  $\text{mg dm}^{-3}$  ("partes por millón", ppm). [2]

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

(b) (i) Calcule la incertidumbre porcentual de la titulación del día 5. [1]

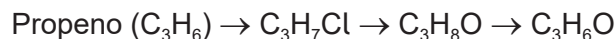
.....  
.....  
.....

(ii) Sugiera una modificación del procedimiento que hiciera que los resultados fueran más fiables. [1]

.....  
.....



3. El propeno es un material inicial importante para muchos productos. A continuación se muestran algunos compuestos que se pueden obtener a partir de propeno, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>.



(a) Considere la conversión de propeno a C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>Cl.

(i) Indique el tipo de reacción. [1]

.....

(ii) Indique el nombre de la IUPAC del producto principal. [1]

.....

(iii) Resuma por qué es el producto principal. [1]

.....  
.....

(iv) Escriba una ecuación para la reacción del producto principal con hidróxido de sodio acuoso para producir un compuesto C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O, mostrando fórmulas estructurales. [1]

.....  
.....

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



**(Pregunta 3: continuación)**

- (b) Se llevó a cabo un experimento para determinar el orden de la reacción entre uno de los isómeros de  $C_3H_7Cl$  e hidróxido de sodio acuoso. Se obtuvieron los siguientes resultados.

Experimento	$[C_3H_7Cl] / \text{mol dm}^{-3}$	$[OH^-] / \text{mol dm}^{-3}$	Velocidad inicial / $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$
1	0,05	0,10	$3,1 \times 10^{-4}$
2	0,10	0,20	$1,3 \times 10^{-3}$
3	0,15	0,10	$9,2 \times 10^{-4}$

- (i) Determine la expresión de velocidad a partir de los resultados, explique su método. [3]

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

- (ii) Deduzca el tipo de mecanismo de la reacción de este isómero de  $C_3H_7Cl$  con hidróxido de sodio acuoso. [1]

.....

- (iii) Dibuje aproximadamente el mecanismo usando flechas curvas para representar el movimiento de los electrones. [4]

.....

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





**(Pregunta 3: continuación)**

- (c) (i) Escriba una ecuación para la combustión completa del compuesto  $C_3H_8O$  formado en (a)(iv). [1]

.....  
.....

- (ii) Determine la entalpía de combustión de este compuesto, en  $\text{kJ mol}^{-1}$ , usando los datos de la sección 11 del cuadernillo de datos. [3]

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

- (d) (i) Indique los reactivos para la conversión del compuesto  $C_3H_8O$  formado en (a)(iv) en  $C_3H_6O$ . [1]

.....  
.....

- (ii) Explique por qué el compuesto  $C_3H_8O$ , producido en (a)(iv), tiene mayor punto de ebullición que el compuesto  $C_3H_6O$ , producido en d(i). [2]

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

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



**(Pregunta 3: continuación)**

(iii) Explique por qué el espectro de RMN de  $^1\text{H}$  del  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , producido en (d)(i), presenta solo una señal.

[1]

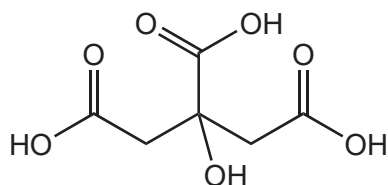
.....  
.....

(e) El propeno se polimeriza con frecuencia. Dibuje una sección del polímero resultante, mostrando dos unidades que se repitan.

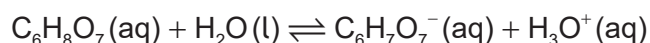
[1]



4. Se muestra una molécula de ácido cítrico, C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>.



La ecuación para la primera disociación del ácido cítrico en agua es



(a) (i) Identifique un par ácido-base conjugado en la ecuación. [1]

.....

.....

(ii) El valor de  $K_a$  a 298 K para la primera disociación es  $5,01 \times 10^{-4}$ .

Indique, razonadamente, la fuerza del ácido cítrico. [1]

.....

.....

(iii) La disociación del ácido cítrico es un proceso endotérmico. Indique el efecto de aumentar la temperatura sobre la concentración de ion hidrógeno, [H<sup>+</sup>], y sobre  $K_a$ . [2]

Efecto sobre [H <sup>+</sup> ]	Efecto sobre $K_a$
.....	.....

(iv) Calcule la variación de energía libre estándar de Gibbs,  $\Delta G^\ominus$ , en kJ mol<sup>-1</sup>, para la primera disociación del ácido cítrico a 298 K, usando la sección 1 del cuadernillo de datos. [1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 4: continuación)**

(v) Comente sobre la espontaneidad de la reacción a 298 K.

[1]

.....

.....

(b) Resuma **dos** métodos de laboratorio para distinguir entre soluciones de ácido cítrico y ácido clorhídrico de igual concentración, indicando las observaciones esperadas.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



24EP11

Véase al dorso

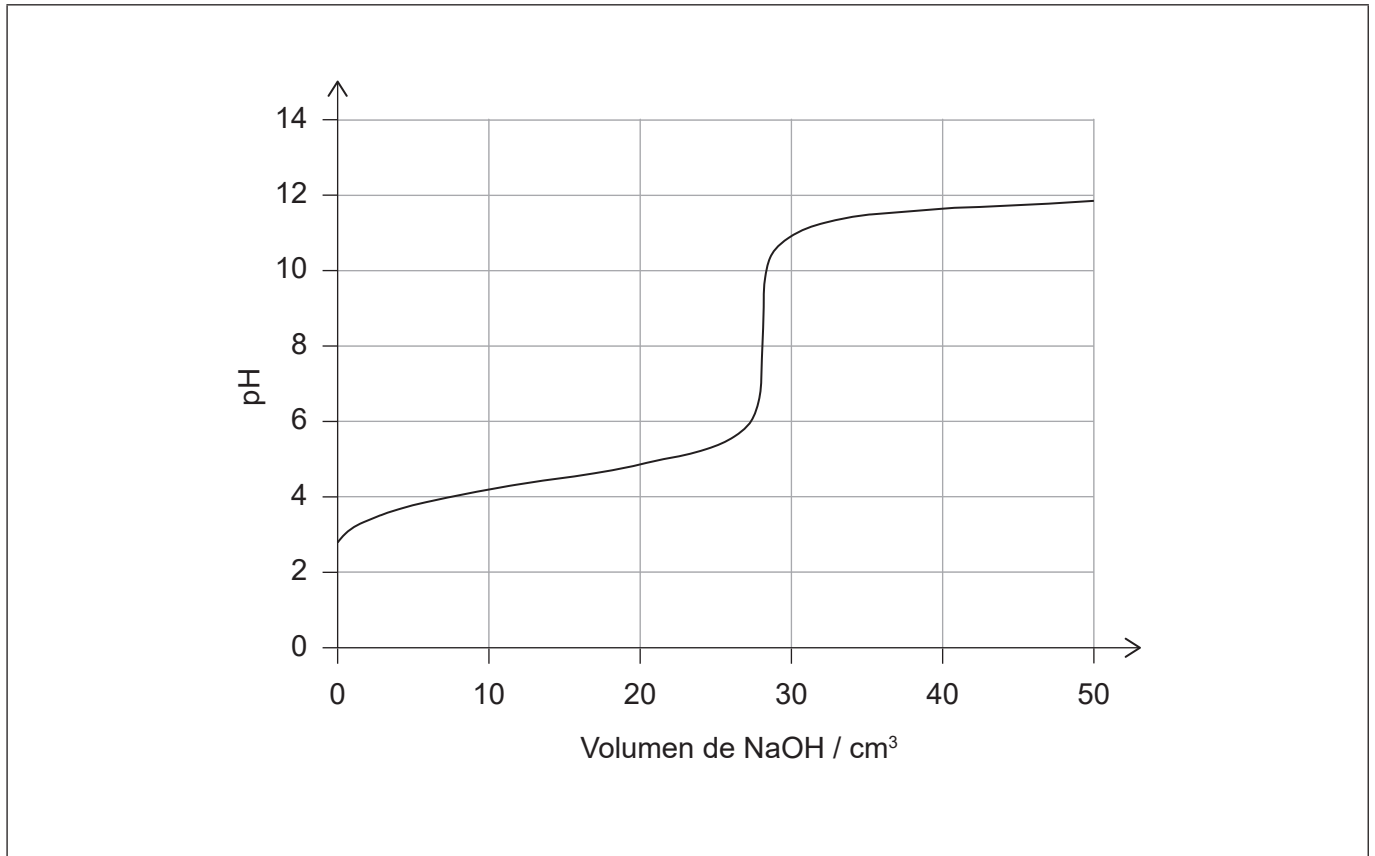
**No** escriba en esta página.

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



5. Otro ácido que se halla frecuentemente en los alimentos es el ácido etanoico.

(a) Se tituló una muestra de ácido etanoico con solución de hidróxido de sodio, y se obtuvo la siguiente curva de pH.



Anote el gráfico para mostrar la región tampón y el volumen de hidróxido de sodio en el punto de equivalencia.

[2]

(b) (i) Identifique el indicador más apropiado para la titulación usando la sección 22 del cuadernillo de datos.

[1]

.....

(ii) Describa, usando una ecuación adecuada, cómo la solución tampón formada durante la titulación amortigua las variaciones de pH cuando se añaden pequeñas cantidades de ácido.

[2]

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



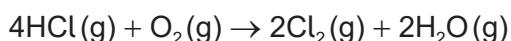
6. El cobre forma dos cloruros, cloruro de cobre(I) y cloruro de cobre(II).

(a) (i) Indique la configuración electrónica del ion  $\text{Cu}^+$ . [1]

.....

.....

(ii) El cloruro de cobre(II) se usa como catalizador en la producción de cloro a partir de cloruro de hidrógeno.



Calcule la variación de entalpía estándar,  $\Delta H^\ominus$ , en kJ, para esta reacción, usando la sección 12 del cuadernillo de datos. [2]

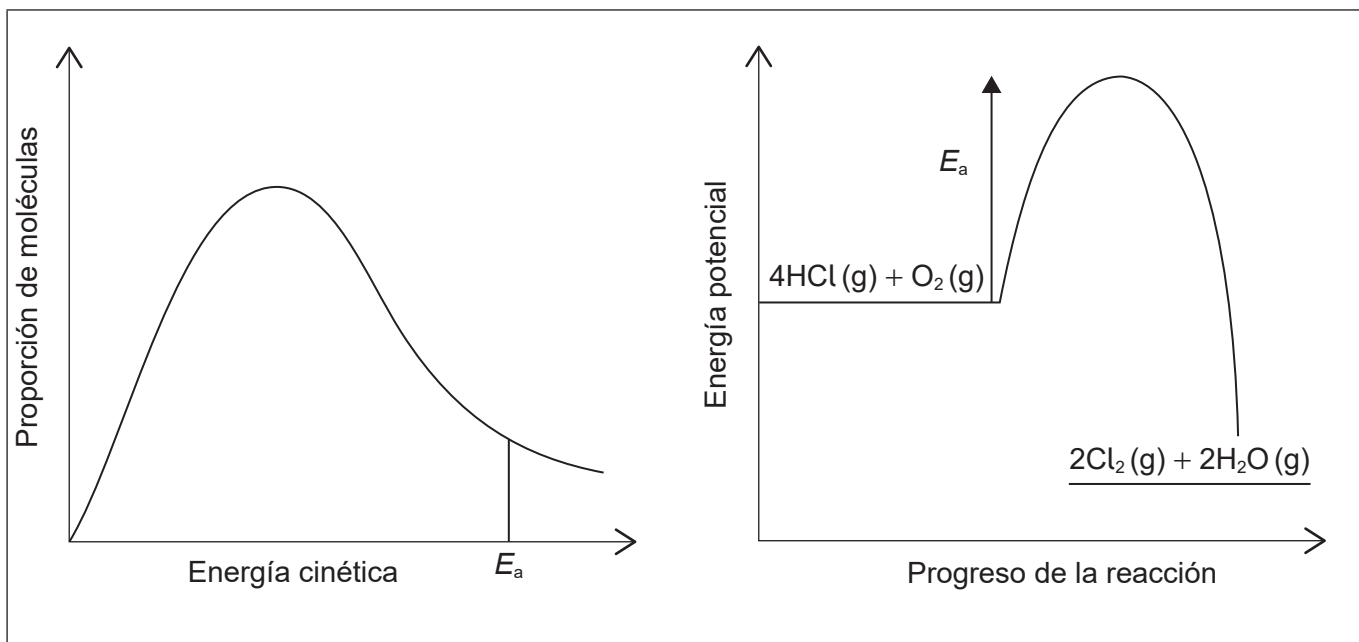
.....

.....

.....

(iii) El diagrama muestra la distribución de Maxwell–Boltzmann y el perfil de energía potencial para la reacción sin catalizador.

Anote ambas gráficas para mostrar la energía de activación para la reacción catalizada, con el rótulo  $E_{a(\text{cat})}$ . [2]



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 6: continuación)**

(iv) Explique cómo el catalizador aumenta la velocidad de la reacción. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) El cloruro de cobre(II) sólido absorbe humedad de la atmósfera para formar un hidrato de fórmula  $\text{CuCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Un estudiante calentó una muestra de cloruro de cobre(II) hidratado, para determinar el valor de  $x$ . Obtuvo los siguientes resultados:

Masa del crisol = 16,221 g

Masa inicial del crisol y el cloruro de cobre(II) hidratado = 18,360 g

Masa final del crisol y el cloruro de cobre(II) anhidro = 17,917 g

Determine el valor de  $x$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

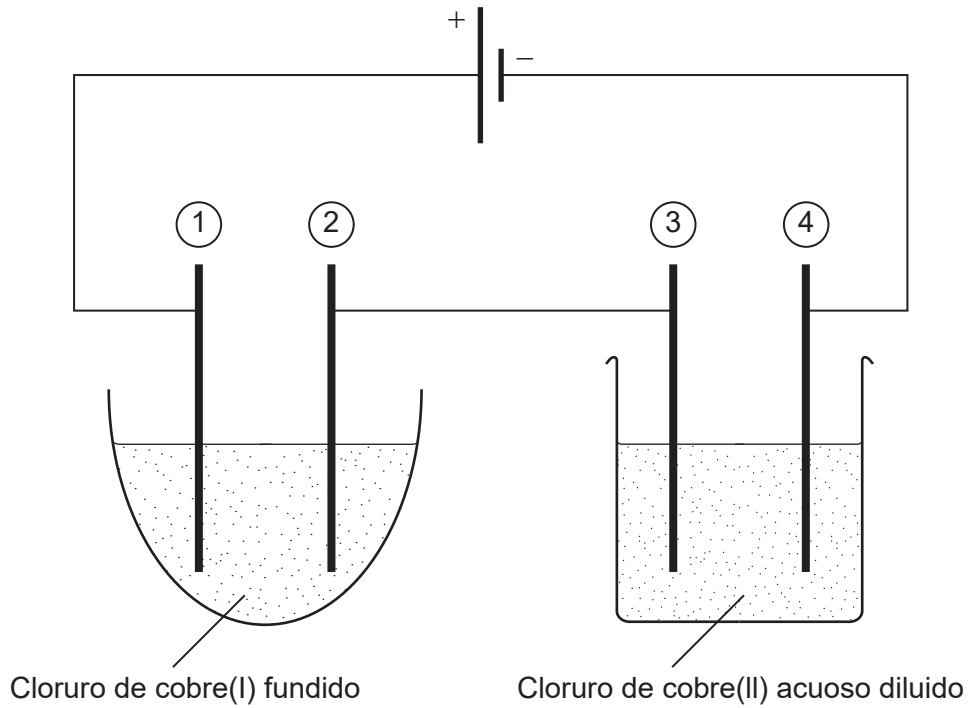
**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**





**(Pregunta 6: continuación)**

- (c) Se ensamblaron dos celdas electrolíticas con electrodos de grafito y se conectaron en serie como se muestra a continuación.



- (i) Indique cómo se conduce la corriente a través de los cables y a través del electrolito.

[2]

Cables:

.....

Electrolito:

.....

- (ii) Escriba la semiecuación para la formación de burbujas de gas en el electrodo 1.

[1]

.....  
.....

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



**(Pregunta 6: continuación)**

(iii) También se observaron burbujas de gas en otro electrodo. Identifique el electrodo y el gas.

[1]

Número de electrodo (en el diagrama):  
.....

Nombre del gas:  
.....

(iv) Deduzca la semiecuación de formación del gas identificado en (c)(iii).

[1]

.....  
.....

(d) Determine la entalpía de disolución del cloruro de cobre(II), usando los datos de las secciones 18 y 20 del cuadernillo de datos.

La entalpía de hidratación del ion cobre(II) es  $-2161 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

[2]

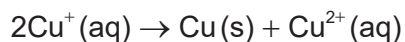
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

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



**(Pregunta 6: continuación)**

- (e) El cloruro de cobre(I) sufre reacción de desproporción, produciendo cloruro de cobre(II) y cobre.



- (i) Calcule el potencial de la pila a 298 K para la reacción de desproporción, en V, usando la sección 24 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
.....

- (ii) Comente sobre la espontaneidad de la reacción de desproporción a 298 K. [1]

.....  
.....

- (iii) Calcule la variación de energía libre estándar de Gibbs,  $\Delta G^\ominus$ , con dos cifras significativas, para la desproporción a 298 K. Use su respuesta a (e)(i) y las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos. [1]

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

- (iv) Sugiera, dando una razón, si la entropía del sistema aumenta o disminuye durante el proceso de desproporción. [1]

.....  
.....

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



**(Pregunta 6: continuación)**

- (v) Deduzca, dando una razón, el signo de la variación de entalpía estándar,  $\Delta H^e$ , para la reacción de desproporción a 298 K. [1]

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

- (vi) Prediga, dando una razón, el efecto de aumentar la temperatura sobre la estabilidad de la solución de cloruro de cobre(I). [1]

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

- (f) La solución diluida de cloruro de cobre(II) es azul claro, mientras que la solución de cloruro de cobre(I) es incolora.

- (i) Describa cómo se produce el color azul de la solución de Cu(II). Refiérase a la sección 17 del cuadernillo de datos. [3]

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

- (ii) Deduzca por qué la solución de Cu(I) es incolora. [1]

.....  
.....

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



**(Pregunta 6: continuación)**

- (iii) Cuando se añade un exceso de amoníaco a una solución de cloruro de cobre(II), se forma el ion complejo azul oscuro  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$ .

Indique la geometría molecular de este ion complejo, y los ángulos de enlace dentro del mismo.

[1]

Geometría molecular:

.....

Ángulos de enlace:

.....

- (iv) Examine la relación entre las definiciones de una base de Brønsted–Lowry y Lewis, haciendo referencia a los ligandos del ion complejo  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ .

[2]

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

7. Los air bags de los automóviles se inflan por medio de una reacción de descomposición rápida. Un compuesto típico que se usa es el nitrato de guanidina,  $\text{C}(\text{NH}_2)_3\text{NO}_3$ , que se descompone muy rápidamente para formar nitrógeno, vapor de agua y carbono.

- (a) (i) Deduzca la ecuación de descomposición del nitrato de guanidina.

[1]

.....  
.....

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



**(Pregunta 7: continuación)**

(ii) Calcule el número total de moles de gas producidos a partir de la descomposición de 10,0g de nitrato de guanidina.

[1]

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

(iii) Calcule la presión, en kPa, de este gas en un air bag de 10,0dm<sup>3</sup> a 127°C, suponiendo que no hay escapes de gas.

[1]

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

(iv) Sugiera por qué el vapor de agua se desvía significativamente del comportamiento ideal cuando los gases se enfrían, mientras que el nitrógeno no lo hace.

[2]

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

(b) Otro reactivo de air bag produce nitrógeno gaseoso y sodio.

Sugiera, incluyendo una ecuación, por qué los productos de este reactivo presentan riesgos de seguridad.

[2]

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



**No** escriba en esta página.

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



24EP22

**No** escriba en esta página.

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



24EP23



**No** escriba en esta página.

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



24EP24