

© International Baccalaureate Organization 2021

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 2021

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, 2021

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

Viernes 14 de mayo de 2021 (mañana)

Número de convocatoria del alumno

2 horas 15 minutos

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

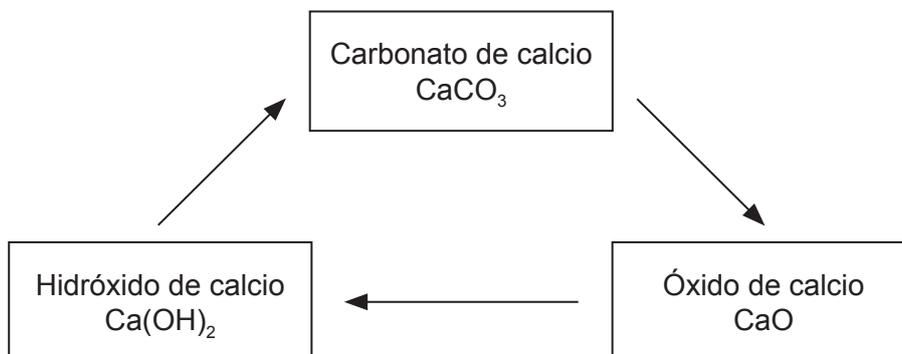
Instrucciones para los alumnos

- 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. La piedra caliza se puede convertir en varios productos comerciales útiles por medio del ciclo de la caliza. La piedra caliza contiene elevados porcentajes de carbonato de calcio, CaCO_3 .



- (a) El carbonato de calcio se calienta para producir óxido de calcio, CaO .



Calcule el volumen de dióxido de carbono producido a PTN cuando se descomponen 555g de carbonato de calcio. Use las secciones 2 y 6 del cuadernillo de datos. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(b) Se dan los datos termodinámicos para la descomposición del carbonato de calcio.

Sustancia	$\Delta H_f^\ominus / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^\ominus / \text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$
CaCO ₃ (s)	-1207	93
CaO(s)	-635	40
CO ₂ (g)	-393,5	214

(i) Calcule la variación de entalpía de la reacción, ΔH , en kJ, para la descomposición del carbonato de calcio.

[2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Calcule la variación de entropía, ΔS , en J K⁻¹, para la descomposición del carbonato de calcio.

[1]

.....

.....

.....

(iii) Determine la temperatura, en K, a la cual la descomposición del carbonato de calcio se hace espontánea, usando b(i), b(ii) y la sección 1 del cuadernillo de datos.

(Si no tiene respuestas para b(i) y b(ii), use $\Delta H = 190 \text{ kJ}$ y $\Delta S = 180 \text{ JK}^{-1}$, pero esas no son las respuestas correctas.)

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



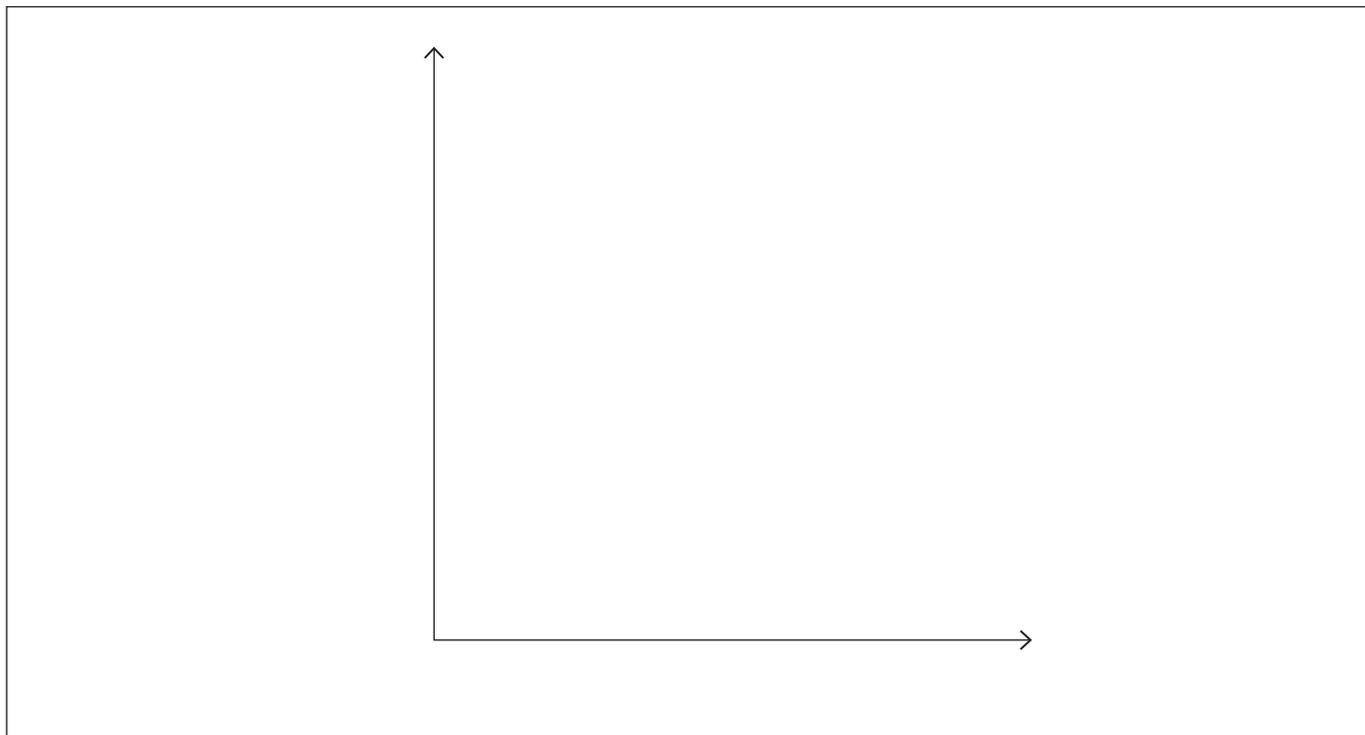
24EP03

Véase al dorso

(Pregunta 1: continuación)

- (iv) Dibuje aproximadamente un perfil de energía para la descomposición del carbonato de calcio, basándose en su respuesta a b(i). Rotule los ejes y la energía de activación, E_a .

[3]



- (v) Indique qué impacto tendría el añadido de un catalizador a la reacción sobre la variación de entalpía de la reacción, ΔH , y la energía de activación, E_a .

[1]

ΔH :

.....

E_a :

.....

- (c) La segunda etapa del ciclo de la caliza produce hidróxido de calcio, Ca(OH)_2 .

- (i) Escriba la ecuación para la reacción del $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq})$ con ácido clorhídrico, $\text{HCl}(\text{aq})$.

[1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

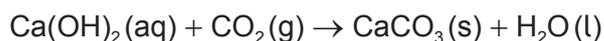
- (ii) Determine el volumen, en dm^3 , de una solución de hidróxido de calcio $0,015 \text{ mol dm}^{-3}$, necesario para neutralizar $35,0 \text{ cm}^3$ de $\text{HCl (aq)} 0,025 \text{ mol dm}^{-3}$. [2]

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

- (iii) La solución saturada de hidróxido de calcio se usa para analizar dióxido de carbono. Calcule el pH de una solución de hidróxido de calcio $2,33 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$, una base fuerte. [2]

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

- (d) El hidróxido de calcio reacciona con dióxido de carbono para formar nuevamente carbonato de calcio.



- (i) Determine la masa, en g, de $\text{CaCO}_3(\text{s})$ producida por reacción de $2,41 \text{ dm}^3$ de $\text{Ca(OH)}_2(\text{aq}) 2,33 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ con $0,750 \text{ dm}^3$ de $\text{CO}_2(\text{g})$ a PTN. [2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (ii) En el experimento d(i), se recogieron 2,85g de CaCO_3 . Calcule el rendimiento porcentual de CaCO_3 .

(Si no obtuvo respuesta en d(i), use 4,00g, pero este no es el valor correcto.)

[1]

.....

.....

.....

- (e) Resuma cómo **un** compuesto de calcio del ciclo de la caliza puede reducir el problema causado por la deposición ácida.

[1]

.....

.....

.....

2. Las propiedades de los elementos se pueden predecir a partir de su posición en la tabla periódica.

- (a) (i) Explique por qué el radio atómico del Si es menor que el del Al.

[2]

.....

.....

.....

.....

- (ii) Explique por qué la energía de primera ionización del azufre es menor que la del fósforo.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

(b) (i) Indique las configuraciones electrónicas condensadas del Cr y el Cr³⁺. [2]

Cr:
.....

Cr³⁺:
.....

(ii) Describa el enlace metálico y cómo contribuye a la conductividad eléctrica. [3]

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

(iii) Deduzca, dando una razón, qué ion complejo [Cr(CN)₆]³⁻ o [Cr(OH)₆]³⁻ absorbe luz de mayor energía. Use la sección 15 del cuadernillo de datos. [1]

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

(iv) El [Cr(OH)₆]³⁻ forma una solución verde. Estime una longitud de onda de la luz absorbida por este complejo, usando la sección 17 del cuadernillo de datos. [1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la página 9)



No escriba en esta página.

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



(Pregunta 2: continuación)

- (c) Deduzca la estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) y la geometría molecular del tetrafluoruro de azufre, SF₄, y el dicloruro de azufre, SCl₂. [4]

Especies	SF ₄	SCl ₂
Estructura de Lewis		
Geometría molecular

- (d) Sugiera, dando razones, las volatilidades relativas del SCl₂ y el H₂O. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



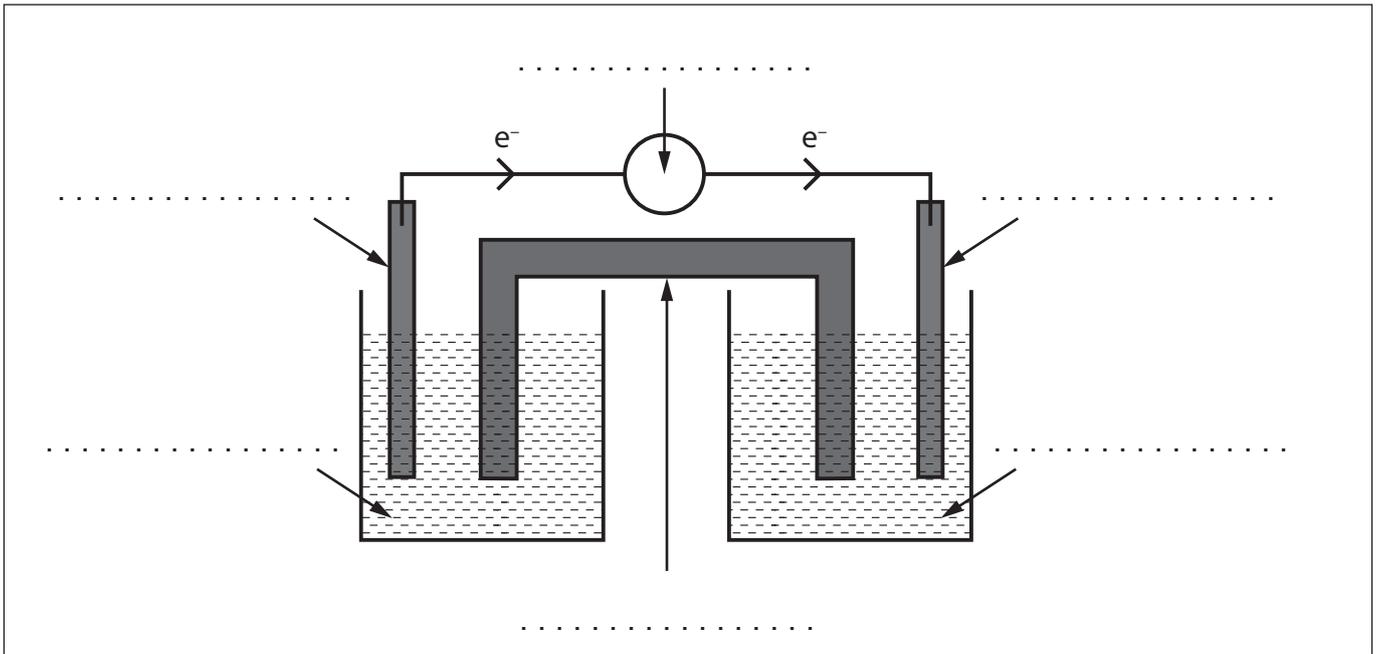
3. Las reacciones de oxidación y reducción pueden tener varios usos comerciales.

- (a) Un alumno decide construir una pila voltaica que consiste en un electrodo de aluminio, $\text{Al}(s)$, un electrodo de estaño, $\text{Sn}(s)$, y soluciones de nitrato de aluminio, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3(aq)$ y nitrato de estaño(II), $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2(aq)$.

En el diagrama se representa el flujo de electrones.

Rotule cada línea del diagrama usando la sección 25 del cuadernillo de datos.

[3]



- (b) Escriba la ecuación para la reacción química total esperada en (a).

[1]

.....

.....

.....

- (c) Calcule el potencial de la pila usando la sección 24 del cuadernillo de datos.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (d) Calcule la variación de energía libre de Gibbs, ΔG^\ominus , en kJ, para la pila, usando la sección 1 del cuadernillo de datos.

[2]

.....

.....

.....

.....

4. La química orgánica se puede usar para sintetizar una variedad de productos.

- (a) A partir del 2-buteno se pueden sintetizar varios compuestos. Dibuje la estructura del producto final de cada una de las siguientes reacciones químicas.

[2]

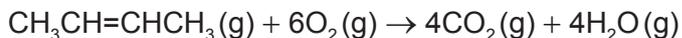
$$\begin{array}{c} \nearrow +\text{H}_2\text{O} \\ \text{H}^+ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \searrow +\text{H}_2 \\ \text{Pt} \end{array}$$

.....

.....

- (b) Determine la variación de entalpía, ΔH , para la combustión del 2-buteno, usando la sección 11 del cuadernillo de datos.

[3]



.....

.....

.....

.....

.....

.....

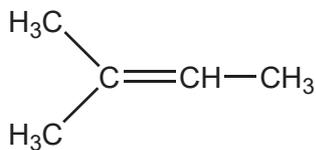
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (e) Dibuje aproximadamente el mecanismo para la reacción del 2-metil-2-buteno con bromuro de hidrógeno, usando flechas curvas.

[3]



- (f) Explique por qué el principal producto orgánico es 2-bromo-2-metilbutano y no 2-bromo-3-metilbutano.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

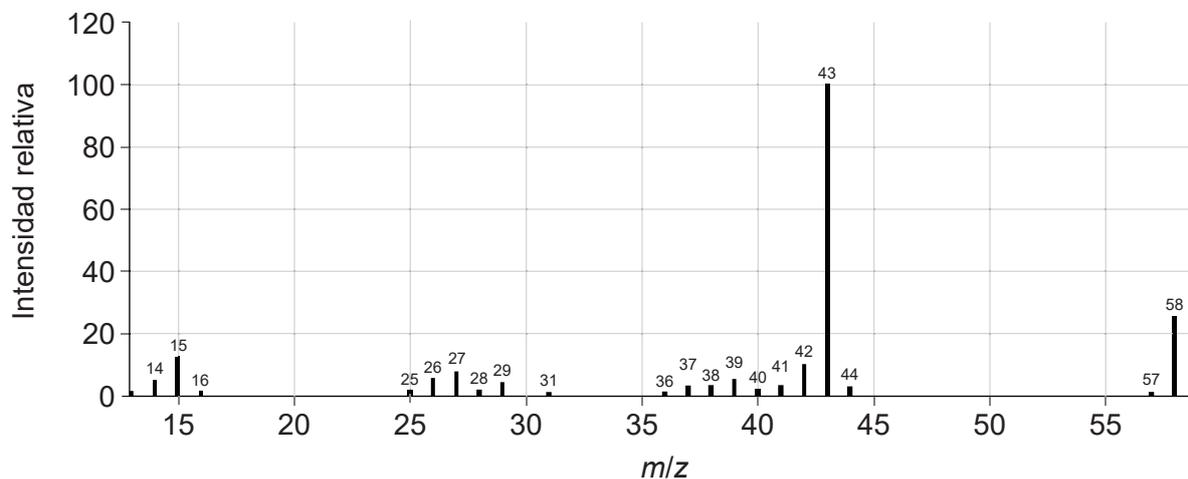
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

(g) El análisis por combustión de un compuesto orgánico desconocido indicó que solo contenía carbono, hidrógeno y oxígeno.

(i) Deduzca dos características de esta molécula que se pueden obtener del espectro de masas. Use la sección 28 del cuadernillo de datos. [2]



m/z 58:

.....
.....

m/z 43:

.....
.....

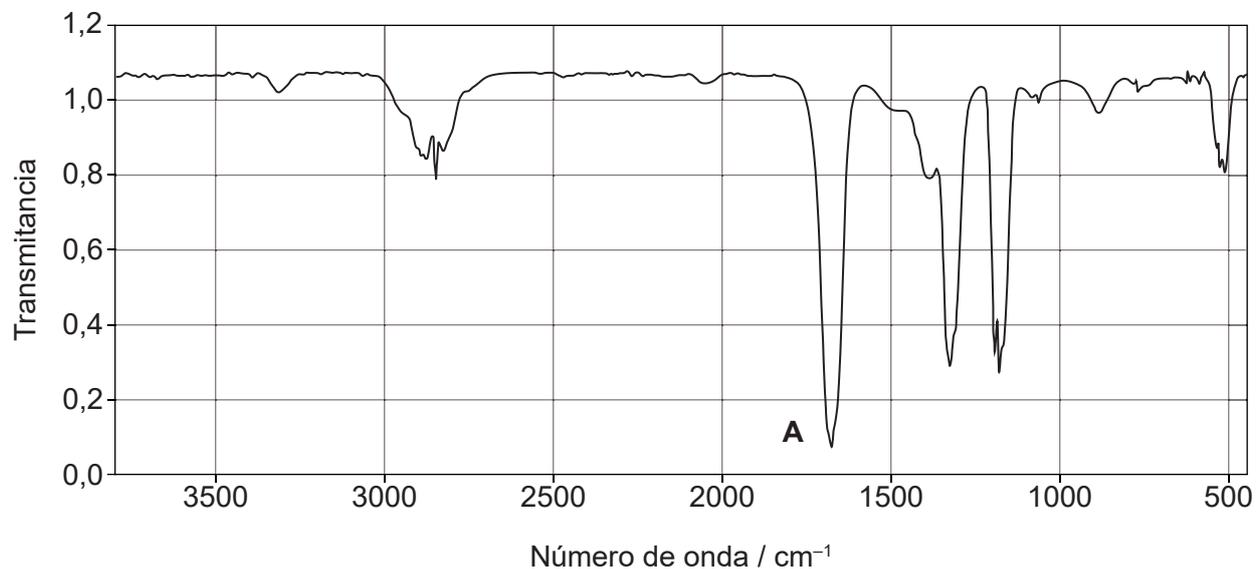
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (ii) Identifique el enlace responsable de la absorción a **A** en el espectro infrarrojo. Use la sección 26 del cuadernillo de datos.

[1]



.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



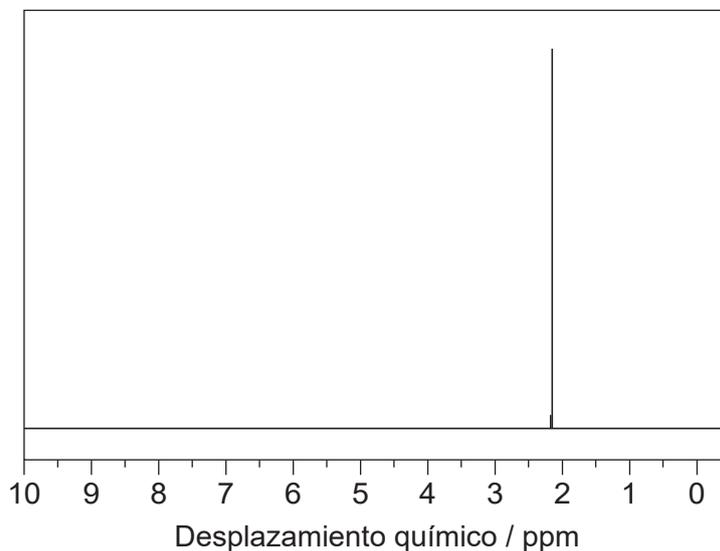
24EP15

Véase al dorso

(Pregunta 4: continuación)

- (iii) Deduzca la identidad del compuesto desconocido usando la información previa, el espectro de RMN de ^1H y la sección 27 del cuadernillo de datos. [2]

Espectro de RMN de ^1H



Información deducida de la RMN de ^1H :

.....
.....

Compuesto:

.....
.....

- (h) (i) Dibuje con precisión los estereoisómeros del 2-butanol usando representaciones del tipo caballete. [1]

Blank area for drawing the stereoisomers of 2-butanol.

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

(ii) Resuma cómo se pueden distinguir dos enantiómeros usando un polarímetro. [2]

.....

.....

.....

.....

5. El etanol y el ácido metanoico son productos industriales importantes.

(a) El etanol se usa como combustible.

(i) Escriba la ecuación química para la combustión completa del etanol. [1]

.....

.....

(ii) Deduzca la variación de entalpía, ΔH , en kJ, cuando arden 56,00 g de etanol. Use la sección 13 del cuadernillo de datos. [2]

.....

.....

.....

.....

(b) La oxidación del etanol con dicromato de potasio, $K_2Cr_2O_7$, puede formar dos productos orgánicos diferentes. Determine los nombres de los productos orgánicos y los métodos usados para aislarlos. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

(c) Escriba la ecuación y nombre el producto orgánico de la reacción entre etanol y ácido metanoico.

[2]

Ecuación:

.....

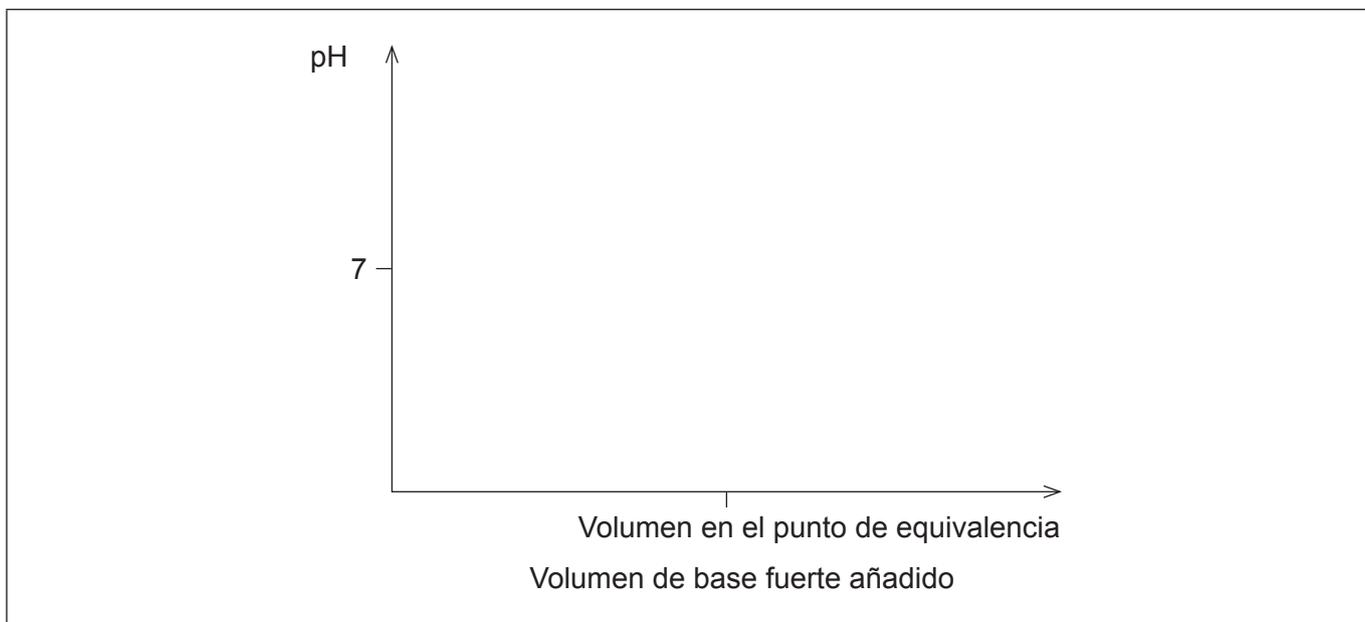
.....

Nombre del producto:

.....

(d) (i) Dibuje aproximadamente la curva de titulación del ácido metanoico con hidróxido de sodio, mostrando cómo determinaría el pK_a del ácido metanoico.

[2]



(ii) Identifique un indicador que se podría usar para la titulación en (d)(i), usando la sección 22 del cuadernillo de datos.

[1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

- (e) Determine la concentración de ácido metanoico en una solución de $\text{pH} = 4,12$.
Use la sección 21 del cuadernillo de datos.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (f) Identifique si soluciones acuosas de las siguientes sales son ácidas, básicas o neutras.

[2]

Metanoato de sodio:

.....

Cloruro de amonio:

.....

Nitrato de sodio:

.....



6. Los iones bromato y bromuro reaccionan en solución acuosa ácida.



Se recogieron los siguientes datos de velocidad.

Experimento	$[\text{BrO}_3^-] / \text{mol dm}^{-3}$	$[\text{Br}^-] / \text{mol dm}^{-3}$	$[\text{H}^+] / \text{mol dm}^{-3}$	Velocidad inicial / $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$
1	0,10	0,10	0,10	$8,0 \times 10^{-4}$
2	0,20	0,10	0,10	$1,6 \times 10^{-3}$
3	0,20	0,20	0,10	$3,2 \times 10^{-3}$
4	0,10	0,10	0,20	$3,2 \times 10^{-3}$

(a) Determine la expresión de velocidad para la reacción.

[2]

Orden de la reacción con respecto al BrO_3^- :

.....

Orden de la reacción con respecto al Br^- :

.....

Orden de la reacción con respecto al H^+ :

.....

Expresión de velocidad:

.....

.....

(b) Determine el valor y la unidad de la constante de velocidad, usando la expresión de velocidad de (a).

[2]

.....

.....

.....

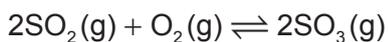
.....

.....

.....



7. Considere la siguiente reacción de equilibrio:



(a) Indique la expresión de la constante de equilibrio, K_c , para la reacción de arriba. [1]

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

(b) Indique y explique cómo se vería afectado el equilibrio por el aumento de volumen del recipiente de reacción a temperatura constante. [3]

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

(c) Se mezclan $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{O}_2(\text{g})$ y $\text{SO}_3(\text{g})$ permitiéndose que alcancen el equilibrio a 600°C .

	SO₂	O₂	SO₃
Concentración inicial / mol dm ⁻³	2,00	1,50	3,00
Concentración en el equilibrio / mol dm ⁻³	1,50		

Determine el valor de K_c a 600°C . [2]

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



Fuentes:

- 4.(g)(i) NIST Mass Spectrometry Data Center Collection © 2014 derechos del autor por el secretario de comercio de los estados unidos en nombre de los Estados Unidos de América [copyright by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America]. Todos los derechos reservados.
- 4.(g)(ii) NIST Mass Spectrometry Data Center Collection © 2014 derechos del autor por el secretario de comercio de los estados unidos en nombre de los Estados Unidos de América [copyright by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America]. Todos los derechos reservados.
- 4.(g)(iii) SDDBS, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) [el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada].

Los demás textos, gráficos e ilustraciones: © Organización del Bachillerato Internacional, 2021



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