

© International Baccalaureate Organization 2024

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 2024

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, 2024

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

5 de noviembre de 2024

Zona A mañana | **Zona B** mañana | **Zona C** mañana

Número de convocatoria del alumno

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

2 horas 15 minutos

Instrucciones para los alumnos

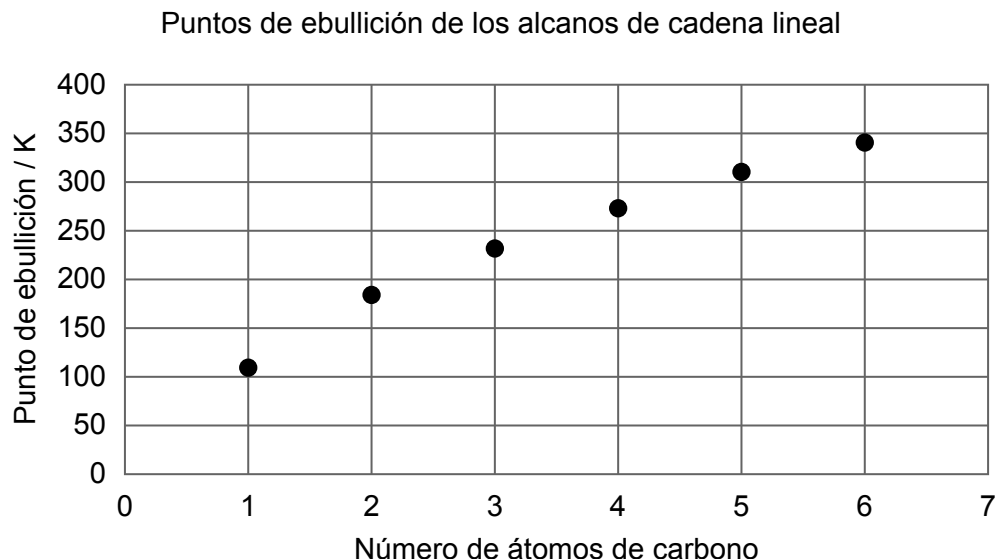
- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Conteste todas las preguntas.
- Escriba sus respuestas en las casillas provistas a tal efecto.
- En esta prueba es necesario usar una calculadora.
- Se necesita una copia sin anotaciones 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. Los alcanos son compuestos orgánicos que se encuentran habitualmente.

(a) Los cuatro primeros alcanos de cadena lineal son gaseosos a temperatura ambiente.



(i) Explique por qué el punto de ebullición aumenta al ir del metano al propano.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Explique por qué el volumen que ocupa una muestra de propano aumenta bruscamente cuando la muestra se calienta desde 200 a 250 K a presión constante.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (iii) Calcule el volumen, en dm^3 , que ocupan 6,45 g de propano gaseoso a 100 kPa y 15°C .

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iv) Resuma por qué el volumen que ocupa el propano (g) a una presión muy elevada es mayor que el valor calculado usando $PV = nRT$.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) El etano se puede convertir en cloroetano haciéndolo reaccionar con cloro gaseoso, $\text{Cl}_2(\text{g})$, en presencia de luz UV.

Indique el tipo de reacción y el nombre del mecanismo por medio del cual se produce.

[1]

.....

.....

- (c) El cloroetano se puede convertir en etanol. Identifique el reactivo y las condiciones necesarias para que se produzca esta reacción.

[2]

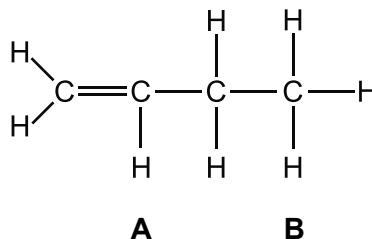
Reactivo:

Condiciones:



2. Los alquenos son útiles en la industria.

(a) El 1-buteno contiene enlaces sigma (σ) y pi (π).



(i) Identifique la hibridación de los átomos de carbono rotulados **A** y **B**. [1]

A:
B:

(ii) Describa cómo se forman los enlaces sigma (σ) y pi (π). [2]

Enlaces σ :

 Enlaces π :

(b) El 1-buteno reacciona con HBr para producir dos isómeros estructurales del bromobutano.

(i) Explique cuál de los dos isómeros estructurales es el producto principal. [2]

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (ii) Explique el mecanismo de formación del producto principal usando flechas curvas para representar el movimiento de los pares de electrones.

[3]

- (iii) Uno de los isómeros estructurales puede existir como par de enantiómeros.

Indique el nombre del instrumento que permite diferenciar un enantiómero de otro. [1]

.....



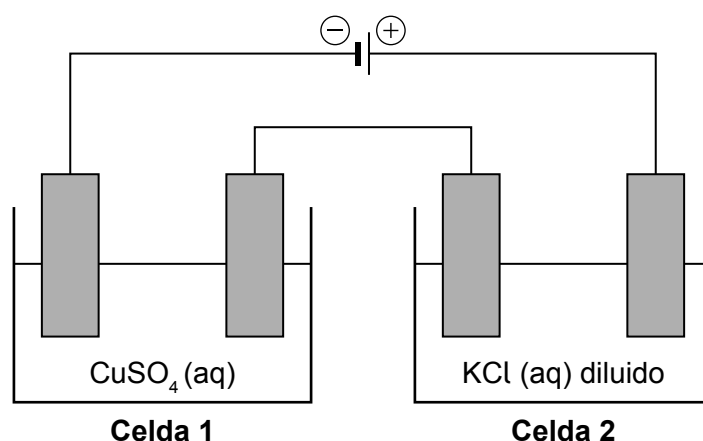
3. El potasio, K, y el cloruro de potasio, KCl, forman ambos estructuras reticulares en estado sólido.

(a) Prediga, dando una razón, la conductividad eléctrica del K(s) y del KCl(s). [2]

K(s):

 KCl(s):

(b) Se conectan dos celdas electrolíticas en serie. Todos los electrodos son inertes.



(i) Indique la semiecuación para la reacción que se produce en cada electrodo de la Celda 2. Use la sección 24 del cuadernillo de datos. [2]

Ánodo (electrodo positivo):

 Cátodo (electrodo negativo):

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (ii) Identifique el producto que se forma en el ánodo de la Celda 1. [1]

.....

- (iii) Determine la relación molar de los productos no iónicos que se forman en el cátodo (electrodo negativo) de la Celda 1 y la Celda 2. [1]

.....

- (c) Indique el número de cada tipo de partícula subatómica que hay en el ion potasio, $^{41}_{19}\text{K}^+$. [1]

Protones:

Electrones:

Neutrones:

- (d) Resuma la evidencia de que los electrones de un átomo de potasio ocupan cuatro niveles energéticos principales. [2]

.....

.....

.....

.....

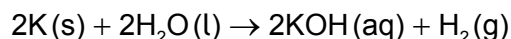
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (e) El potasio reacciona con agua para producir hidróxido de potasio.



- (i) Calcule la entalpía de la reacción, en kJ mol^{-1} , cuando 1 mol de potasio reacciona con agua. Use la sección 12 del cuadernillo de datos. La ΔH_f° del KOH(aq) es $-481,8 \text{ kJ mol}^{-1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Describa la diferencia que existe entre las reacciones del sodio y las del potasio con agua.

[1]

.....

.....

.....

- (iii) Demuestre, con una ecuación, la naturaleza ácido-base del $\text{K}_2\text{O(s)}$.

[1]

.....



4. El trióxido de azufre es un compuesto importante en la industria.

(a) El trióxido de azufre tiene más de una estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) posible.

(i) Dibuje aproximadamente **dos** estructuras de Lewis (representación de electrones mediante puntos) para el SO_3 , tal que una de ellas cumpla la regla del octeto y la otra no.

[2]

Cumple la regla del octeto:

No cumple la regla del octeto:

(ii) Indique cómo deciden los químicos qué estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) es más estable.

[1]

.....

(iii) Prediga la longitud, en pm, de cada uno de los enlaces S a O. Use la sección 10 del cuadernillo de datos.

[1]

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP09

Véase al dorso

(Pregunta 4: continuación)

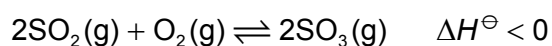
- (b) Sugiera por qué el $\text{SO}_3(\text{g})$ atmosférico constituye una preocupación ambiental. [1]

.....

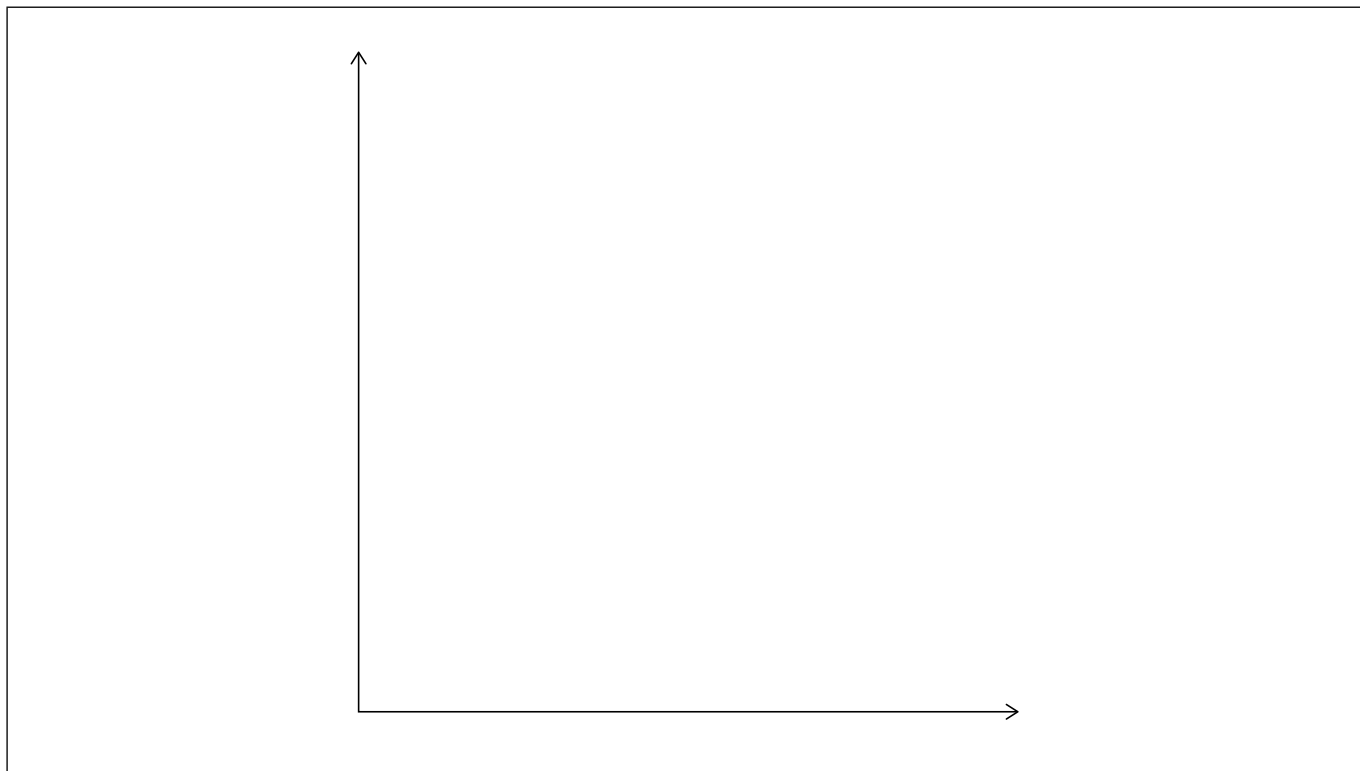
- (c) Indique el nombre de un método de postcombustión que se utilice para disminuir la cantidad de $\text{SO}_3(\text{g})$ liberado a la atmósfera. [1]

.....

- (d) El $\text{SO}_3(\text{g})$ se produce usando el proceso de contacto.



- (i) Dibuje aproximadamente un perfil de energía potencial para esta reacción en los ejes provistos. Rotule la E_a e incluya rótulos en los ejes. [3]



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (ii) Explique por qué al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de reacción. [2]

.....

.....

.....

.....

- (iii) El pentóxido de vanadio, V_2O_5 , se usa como catalizador. Explique cómo el catalizador hace que aumente la velocidad de una reacción. [2]

.....

.....

.....

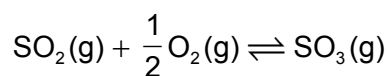
.....

- (iv) Durante la reacción, el V_2O_5 cambia a V_2O_4 . Identifique los estados de oxidación del vanadio en cada compuesto. [1]

V_2O_5 :

V_2O_4 :

- (v) Indique la expresión de la constante de equilibrio, K_c , para la producción de 1 mol de SO_3 . [1]



.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (vi) Calcule la variación de entropía, $\Delta S^\ominus$, en $\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$, correspondiente a la producción de 1 mol de $\text{SO}_3(\text{g})$. Use los valores de entropía absoluta de la siguiente tabla.

[1]

	$S^\ominus / \text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$
$\text{SO}_2(\text{g})$	248,2
$\text{O}_2(\text{g})$	205,2
$\text{SO}_3(\text{g})$	256,8

.....

- (vii) Resuma, haciendo referencia a la ecuación, por qué se espera que incluya el signo de la variación de entropía obtenida en el apartado (d)(vi).

[1]

.....

- (viii) Calcule el valor de la energía libre de Gibbs, $\Delta G^\ominus$, de la reacción, en kJ mol^{-1} , a 773 K. Use la sección 1 del cuadernillo de datos y $\Delta H^\ominus = -98,5 \text{ kJ mol}^{-1}$. Si no obtuvo una respuesta en (d)(vi), use $-100 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$, aunque esta no sea la respuesta correcta.

[1]

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (ix) Calcule el valor de la constante de equilibrio para la formación de $\text{SO}_3(\text{g})$ a 773 K. Use las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos. Si no obtuvo una respuesta en (d)(viii), use $-25,0 \text{ kJ mol}^{-1}$, aunque esta no sea la respuesta correcta. [2]

.....

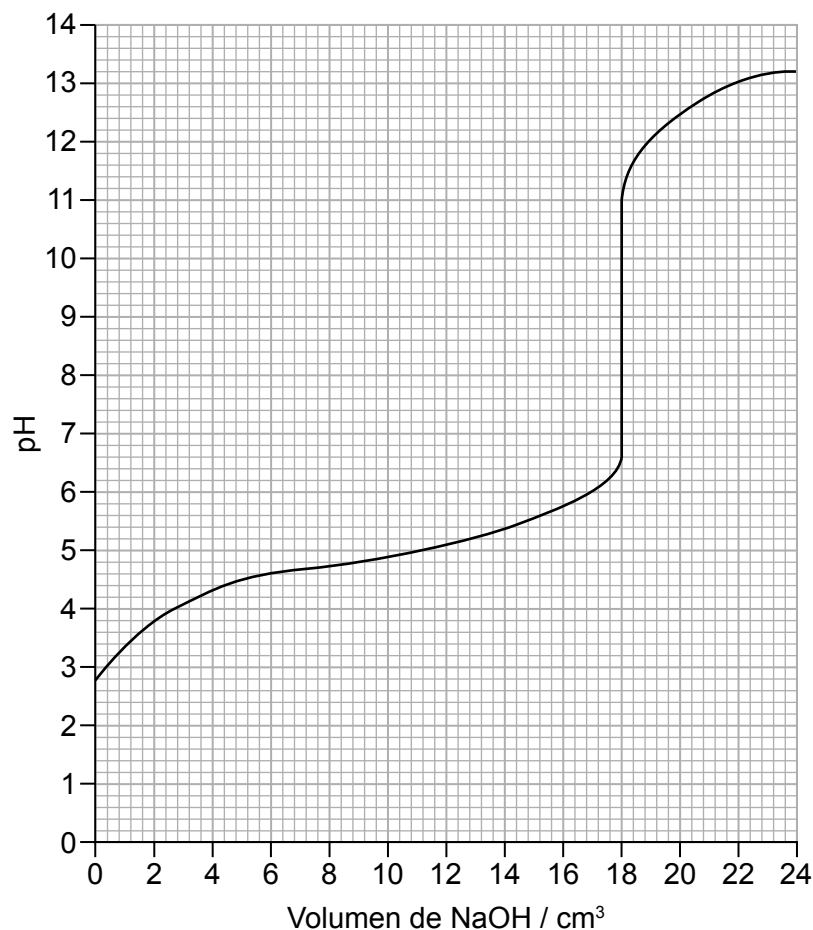
- (x) Un matraz contiene $0,120 \text{ mol dm}^{-3}$ de $\text{SO}_2(\text{g})$, $0,050 \text{ mol dm}^{-3}$ de $\text{O}_2(\text{g})$ y $0,150 \text{ mol dm}^{-3}$ de $\text{SO}_3(\text{g})$ a 773 K. Deduzca si el sistema está (o no) en equilibrio y en qué dirección se desplazará la reacción si no está en equilibrio. [2]

.....



5. Los ácidos orgánicos son ácidos débiles.

- (a) Una muestra de $20,00\text{ cm}^3$ de un ácido monoprótico débil con una concentración de $0,150\text{ mol dm}^{-3}$ se titula con una solución de hidróxido de sodio, NaOH (aq) , obteniéndose la curva de pH que se muestra a continuación.



- (i) Determine la concentración, en mol dm^{-3} , del NaOH (aq) usado en la titulación. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

(ii) Determine el pK_a del ácido débil usando el gráfico.

[1]

.....

.....

.....

(iii) Resuma por qué se puede usar fenolftaleína como indicador ácido-base.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(iv) Resuma por qué la fenolftaleína resulta adecuada para esta titulación. Use la sección 22 del cuadernillo de datos.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Resuma cómo se pueden diferenciar entre sí muestras del ácido débil y de un ácido fuerte de la misma concentración.

[2]

Método:

.....

Observación:

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



24EP15

Véase al dorso

(Pregunta 5: continuación)

(c) La K_w del agua pura es $1,00 \times 10^{-14}$ a 25°C .

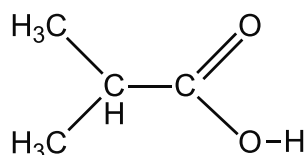
(i) Sugiera por qué aumenta el valor de K_w del agua pura al aumentar la temperatura. [1]

.....

(ii) Calcule el pH y el pOH del agua pura a 60°C . Use la sección 23 del cuadernillo de datos. [2]

.....

(d) El ácido 2-metilpropanoico y sus ésteres se encuentran en muchos alimentos.



(i) Prediga el número de señales que hay en el espectro de RMN de ^1H del ácido 2-metilpropanoico y la relación de las áreas bajo las señales. [2]

Número de señales:

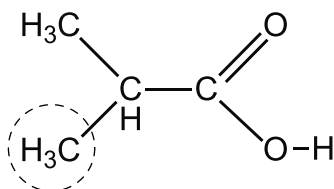
Relación de las áreas:

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

- (ii) Prediga el patrón de desdoblamiento de la señal de los átomos de hidrógeno que están junto al átomo de carbono rodeado con un círculo en el ácido 2-metilpropanoico. [1]



.....

- (iii) Resuma por qué el tetrametilsilano, TMS, se usa frecuentemente como patrón de referencia en espectroscopía de RMN de ^1H . [1]

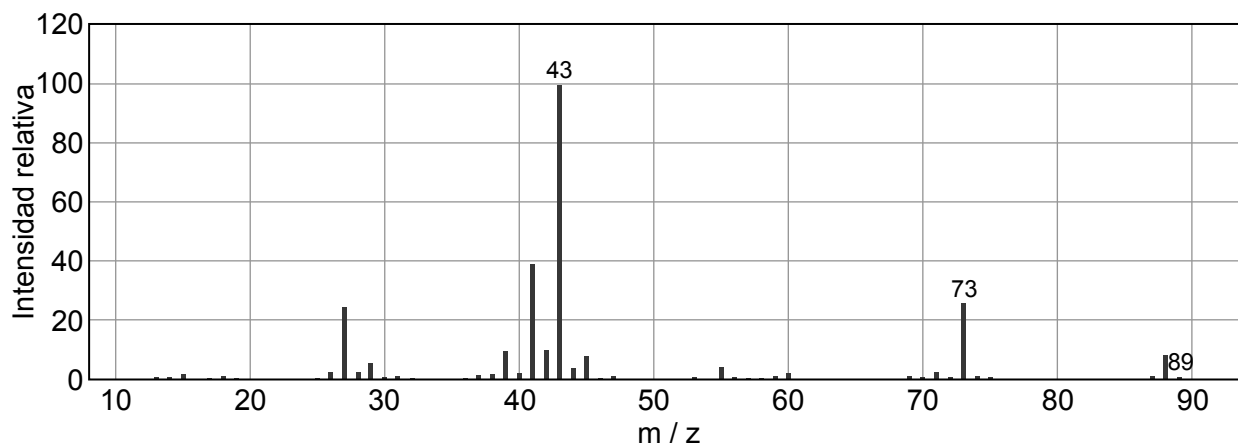
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

(e) A continuación se muestra el espectro de masas del ácido 2-metilpropanoico.



(i) La masa molar del ácido 2-metilpropanoico es $88,12 \text{ g mol}^{-1}$. Sugiera por qué hay un pequeño pico en $m/z = 89$.

[1]

.....

(ii) Identifique los fragmentos con m/z 73 y 43. Use la sección 28 del cuadernillo de datos.

[2]

m/z 73:
 m/z 43:

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

- (f) Prediga el número de onda de una absorción, diferente de la debida al enlace C–H, en el espectro IR del ácido 2-metilpropanoico. Use la sección 26 del cuadernillo de datos.

[1]

.....
.....

- (g) El ácido 2-metilpropanoico reacciona con etanol en presencia de un catalizador de H_2SO_4 concentrado. Deduzca las fórmulas estructural y empírica del producto orgánico. [3]

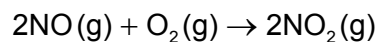
Fórmula estructural:

Fórmula empírica:



6. El NO_2 es un gas marrón que se encuentra en el esmog fotoquímico.

(a) El NO_2 se forma a partir de la reacción del NO y el O_2 que hay en la atmósfera.



(i) Sugiera un método para medir la velocidad de reacción.

[1]

.....

.....

.....

(ii) Determine el orden de reacción para cada reactivo y la expresión de velocidad.

[2]

Experimento	$[\text{NO}] / \text{mol dm}^{-3}$	$[\text{O}_2] / \text{mol dm}^{-3}$	Velocidad inicial / $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$
1	0,020	0,010	0,028
2	0,020	0,020	0,057
3	0,040	0,020	0,227

.....

.....

.....

.....

.....

(iii) Determine el valor y las unidades de la constante de velocidad, k , usando los datos del experimento 3.

[2]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

- (b) El NO_2 puede formar complejos con metales como el cobre y el magnesio. Describa el enlace que hay dentro del complejo, y el papel que desempeña el NO_2 en términos ácido-base.

[2]

Tipo de enlace:

Papel del NO_2 :

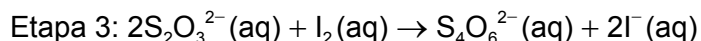
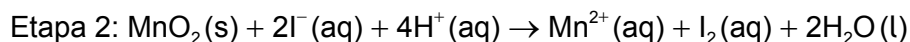
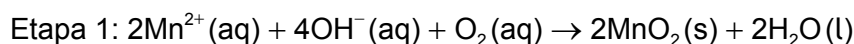


24EP21

Véase al dorso

7. El método Winkler se usa para determinar la concentración de oxígeno que hay en el agua.

Se tomaron 200 cm^3 de agua de un río y se analizaron usando este método. A continuación se resumen las reacciones que se producen.



- (a) Identifique, dando una razón, la especie que se reduce en la etapa 1. [1]

.....

- (b) Se formaron $4,8 \times 10^{-3}$ moles de I^{-} en la etapa 3. Determine el número de moles de O_2 que había en la muestra de agua. [1]

.....

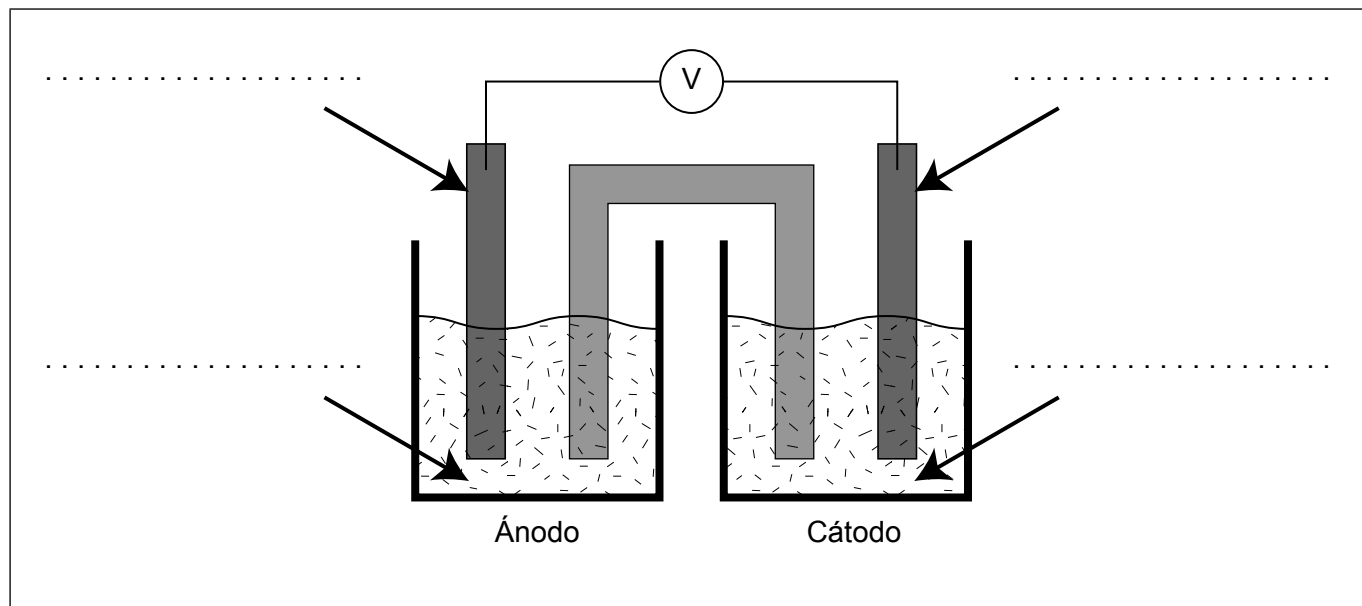
- (c) Calcule la concentración de oxígeno, en g dm^{-3} , que había en la muestra de agua. Si no obtuvo una respuesta en (b), use $2,0 \times 10^{-3}$ moles, aunque esta no sea la respuesta correcta. [1]

.....



8. Se construyó una pila voltaica usando un electrodo de níquel, Ni(s) , un electrodo de plata, Ag(s) , y soluciones de nitrato de níquel, $\text{Ni(NO}_3)_2(\text{aq})$ y nitrato de plata, $\text{AgNO}_3(\text{aq})$.

- (a) Rotule el diagrama con los electrodos y los electrolitos y con la dirección del flujo de electrones. Use la sección 24 o 25 del cuadernillo de datos. [2]



- (b) Resuma por qué se debe incluir un puente salino para conectar las dos semiceldas. [1]

.....

.....

.....



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:

- 5.(e)** Utilizado con autorización. © Estados Unidos de América representado por el Secretario de Comercio.
- 6.(a)(ii)** Vitz, E., Moore, J.W., Shorb, J., Prat-Resina, X., Wendorff, T. y Hahn, A., s.f. *18.3: The Rate Equation*. [en línea] Disponible en: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/ChemPRIME_\(Moore_et_al.\)/18%3A_Chemical_Kinetics/18.03%3A_18.2-The_Rate_Equation](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/General_Chemistry/ChemPRIME_(Moore_et_al.)/18%3A_Chemical_Kinetics/18.03%3A_18.2-The_Rate_Equation) [Consulta: 6 de octubre de 2023]. Material original adaptado.

Los demás textos, gráficos e ilustraciones: © Organización del Bachillerato Internacional, 2024



24EP24