

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 22 de mayo 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. El etino,  $C_2H_2$ , reacciona con oxígeno en los sopletes para soldar.

(a) Escriba una ecuación para la combustión completa del etino. [1]

.....

.....

(b) (i) Deduzca la estructura de Lewis (electrones representados mediante puntos) del etino. [1]

(ii) Compare, dando una razón, la longitud del enlace entre los átomos de carbono en el etino con la del etano,  $C_2H_6$ . [1]

.....

.....

.....

(iii) Identifique el tipo de interacción que se debe vencer cuando el etino líquido se vaporiza. [1]

.....

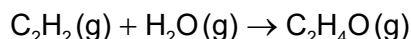
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

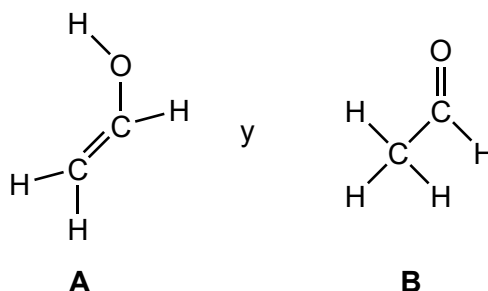


**(Pregunta 1: continuación)**

- (c) El etino reacciona con vapor.



Dos productos posibles son:



- (i) Indique el nombre del producto **B**, aplicando las reglas de la IUPAC. [1]

.....

- (ii) Determine la variación de entalpía de la reacción, en kJ, para producir **A** usando la sección 11 del cuadernillo de datos. [3]

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

- (iii) La variación de entalpía de la reacción para producir **B** es –213 kJ.

Prediga, dando una razón, qué producto es el más estable. [1]

.....  
 .....

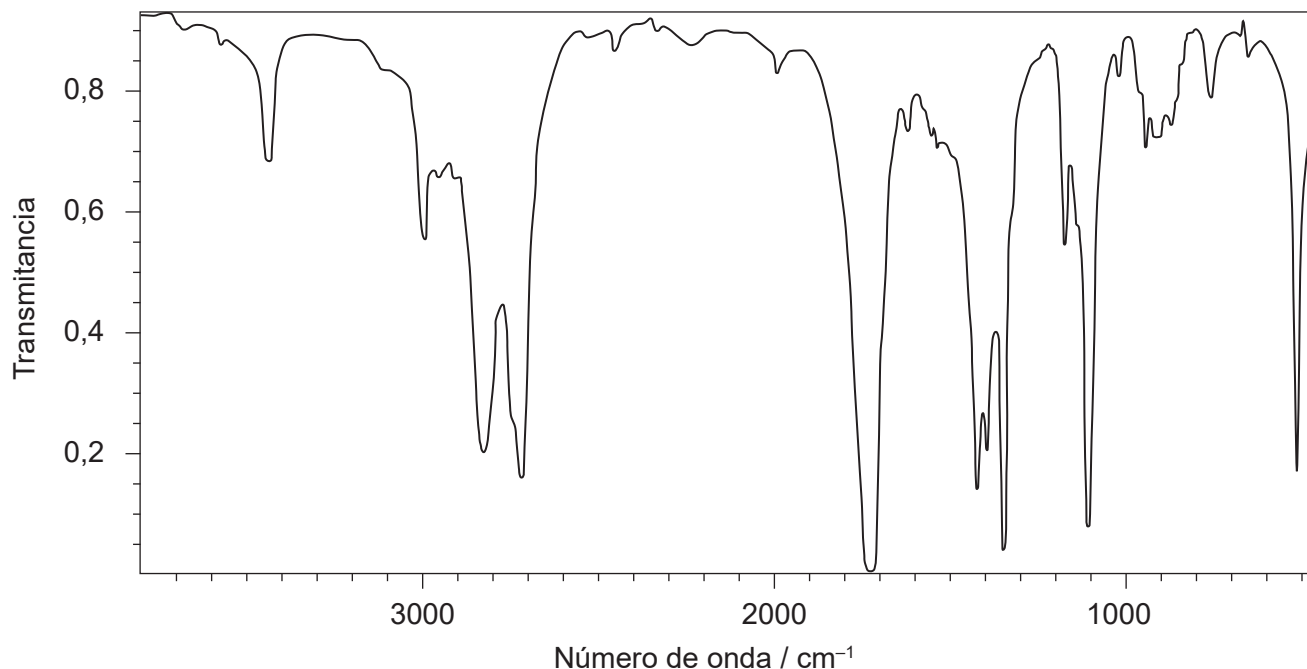
**(Esta pregunta continúa en la página siguiente)**



**(Pregunta 1: continuación)**

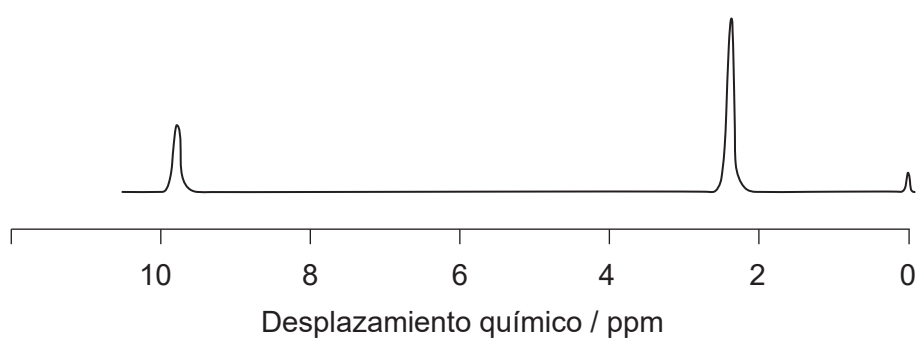
- (iv) Se muestra el espectro IR y el espectro RMN de  $^1\text{H}$  de baja resolución del producto real formado.

Espectro IR



[Fuente: el Libro del Web de Química del NIST, Base de Datos de Referencia Estándar del NIST Número 69  
<https://webbook.nist.gov/chemistry/> DOI: <https://doi.org/10.18434/T4D303>  
<http://webbook.nist.gov/cgi/inchi?Spec=C75070&Index=2&Type=IR>  
 Acetaldehyde: Datos compilados por: Coblenz Society, Inc.]

Espectro de RMN de  $^1\text{H}$



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



**(Pregunta 1: continuación)**

Deduzca si se trata del producto **A** o **B**, usando evidencias de estos espectros conjuntamente con las secciones 26 y 27 del cuadernillo de datos.

[2]

Identificación del producto:

.....

Una evidencia proveniente del espectro IR:

.....

.....

Una evidencia proveniente de la RMN de  $^1\text{H}$ :

.....

.....

- (v) Deduzca el patrón de desdoblamiento que esperaría para las señales en un espectro de RMN de  $^1\text{H}$  de alta resolución.

[2]

2,3 ppm:

.....

9,8 ppm:

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 7)**



24EP05

Véase al dorso

**No** escriba en esta página.

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



**(Pregunta 1: continuación)**

(d) El producto **B**,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ , también se puede sintetizar a partir de etanol.

(i) Sugiera los reactivos y condiciones requeridas para asegurar un buen rendimiento en el producto **B**. [2]

Reactivos:

.....  
 .....

Condiciones:

.....  
 .....

(ii) Deduzca el estado de oxidación medio del carbono en el producto **B**. [1]

.....  
 .....

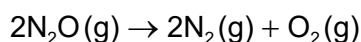
(iii) Explique por qué el producto **B** es soluble en agua. [3]

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



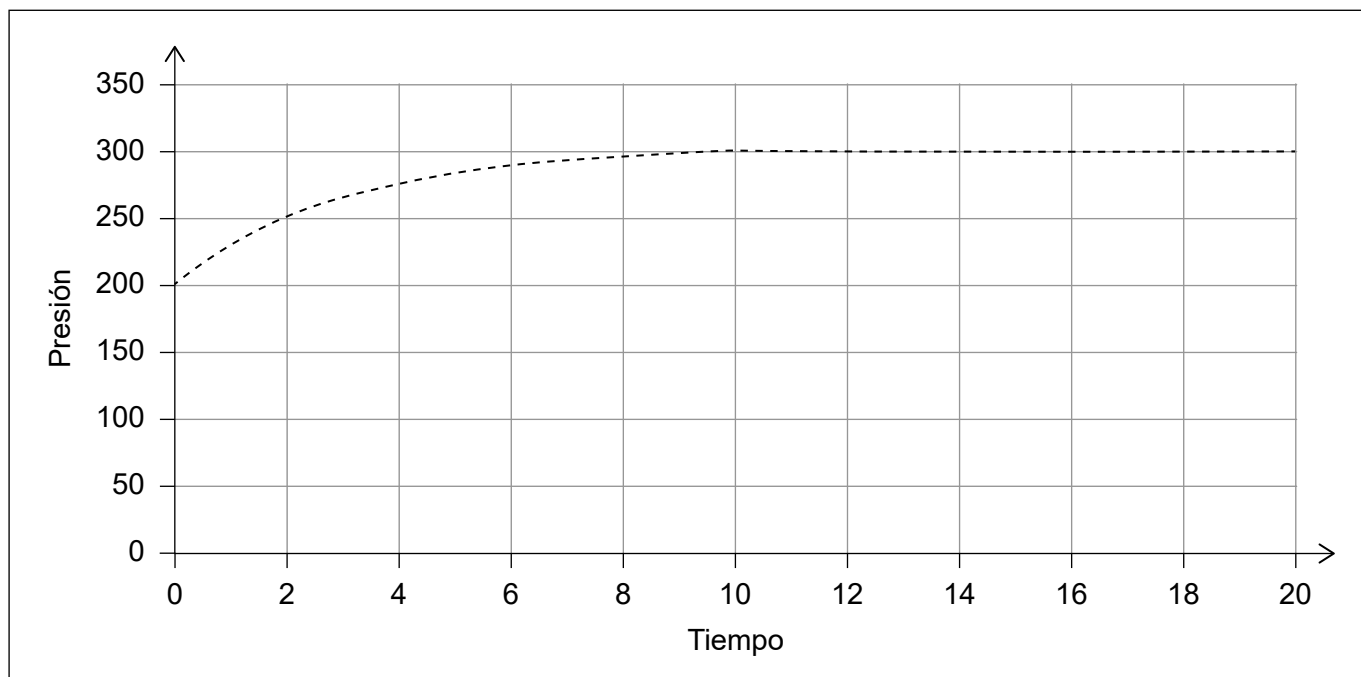


2. La descomposición térmica del monóxido de dinitrógeno se produce de acuerdo con la ecuación:



La reacción se puede seguir midiendo la variación de la presión total, a temperatura constante, en función del tiempo.

Se muestran el eje  $x$  y el eje  $y$  con unidades arbitrarias.



- (a) Explique por qué, a medida que la reacción transcurre, la presión aumenta en la cantidad que se muestra. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) Resuma, en términos de la teoría de las colisiones, cómo una disminución de presión podría afectar la velocidad de la reacción. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 2: continuación)**

- (c) Esta descomposición obedece a la expresión de velocidad:

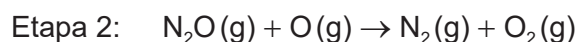
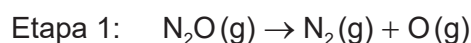
$$-\frac{d[\text{N}_2\text{O}]}{dt} = k[\text{N}_2\text{O}]$$

- (i) Deduzca cómo la velocidad de la reacción a  $t = 2$  se compara con la velocidad inicial.

[1]

.....  
 .....

- (ii) Se ha sugerido que la reacción se produce como un proceso de dos etapas:



Explique cómo esto sustentaría la expresión de velocidad observada.

[2]

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

- (d) Se repite el experimento usando la misma cantidad de monóxido de dinitrógeno en el mismo aparato, pero a menor temperatura.

Dibuje aproximadamente, en los ejes de la pregunta 2, la gráfica que esperaría.

[2]

- (e) El experimento dio un error en la velocidad porque el manómetro era inexacto. Resuma si repetir el experimento, usando el mismo aparato, y promediar los resultados reduciría el error.

[1]

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

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

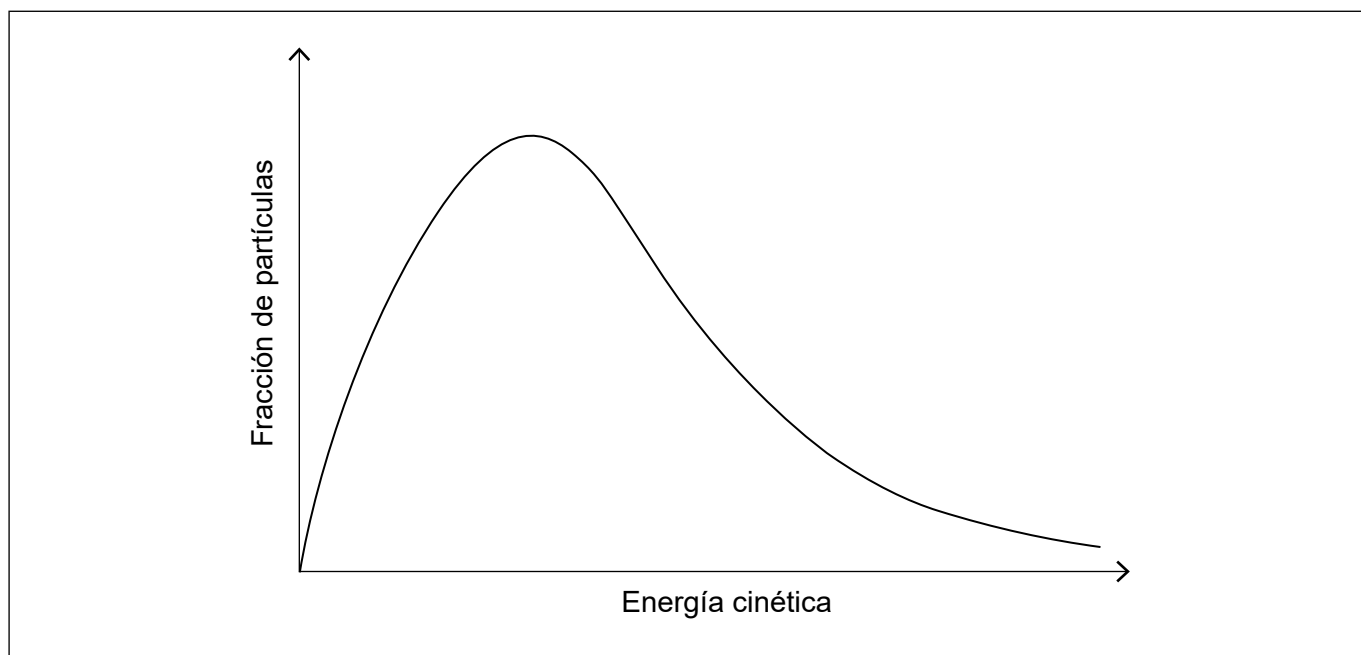


24EP09

Véase al dorso

**(Pregunta 2: continuación)**

- (f) La gráfica de abajo muestra la distribución de energías moleculares de Maxwell–Boltzmann a una temperatura específica.



La velocidad a la cual el monóxido de dinitrógeno se descompone aumenta significativamente por añadido de un catalizador óxido metálico.

Anote y use la gráfica para resumir por qué un catalizador tiene este efecto.

[2]

.....

.....

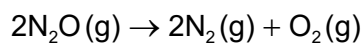
.....

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



**(Pregunta 2: continuación)**

- (g) (i) Determine la variación de entropía estándar, en  $\text{J K}^{-1}$ , para la descomposición del monóxido de dinitrógeno. [2]



Especie	$S^\ominus / \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
$\text{N}_2\text{O}$	220
$\text{N}_2$	193
$\text{O}_2$	205

.....

.....

.....

.....

- (ii) La entalpía estándar de formación,  $\Delta H_f^\ominus$ , del monóxido de dinitrógeno es positiva.

Deduzca, dando razones, si alterar la temperatura modificaría la espontaneidad de la reacción de **descomposición**. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....



3. El monóxido de dinitrógeno,  $\text{N}_2\text{O}$ , provoca la desaparición de la capa de ozono en la estratosfera.

(a) (i) Resuma por qué es importante el ozono en la estratosfera. [1]

.....  
 .....

(ii) El monóxido de dinitrógeno en la estratosfera se convierte en monóxido de nitrógeno,  $\text{NO}(\text{g})$ .

Escriba **dos** ecuaciones para mostrar cómo el  $\text{NO}(\text{g})$  cataliza la descomposición del ozono.

[2]

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

(b) Las diferentes fuentes de  $\text{N}_2\text{O}$  tienen diferentes relaciones de  $^{14}\text{N}:^{15}\text{N}$ .

(i) Indique **una** técnica analítica que se podría usar para determinar la relación de  $^{14}\text{N}:^{15}\text{N}$ .

[1]

.....

(ii) Una muestra de gas se enriqueció hasta contener el 2 % en masa de  $^{15}\text{N}$  siendo el resto  $^{14}\text{N}$ .

Calcule la masa molecular relativa del resultante  $\text{N}_2\text{O}$ .

[2]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 3: continuación)**

- (iii) Prediga, dando **dos** razones, cómo se compara la energía de primera ionización del  $^{15}\text{N}$  con la del  $^{14}\text{N}$ .

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) Explique por qué la energía de primera ionización del nitrógeno es mayor que la del carbono y el oxígeno.

[2]

Nitrógeno y carbono:

.....

.....

.....

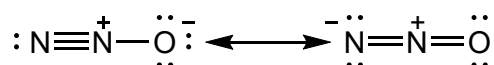
Nitrógeno y oxígeno:

.....

.....

.....

- (d) La estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) de la molécula de monóxido de dinitrógeno se puede representar como:



- (i) Indique qué muestra sobre la naturaleza del enlace en la molécula la presencia de estructuras de Lewis alternativas.

[1]

.....

.....

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



24EP13

**Véase al dorso**

**(Pregunta 3: continuación)**

- (ii) Indique, dando una razón, la forma de la molécula de monóxido de dinitrógeno. [1]

.....

.....

.....

- (iii) Deduzca la hibridación del átomo de nitrógeno central en la molécula. [1]

.....

4. El renio, Re, fue el último elemento con un isótopo estable que fue aislado.

- (a) El isótopo estable del renio contiene 110 neutrones.

Indique la notación simbólica nuclear,  ${}^A_Z\text{X}$ , de este isótopo. [1]

.....

- (b) Antes de su aislamiento, los científicos predijeron la existencia del renio y algunas de sus propiedades.

- (i) Sugiera la base de esas predicciones. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

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



**(Pregunta 4: continuación)**

- (ii) Un científico desea investigar las propiedades catalíticas de una capa delgada de renio metálico sobre una superficie de grafito.

Describa un proceso electroquímico para producir una capa delgada de renio sobre grafito.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (iii) Prediga otras **dos** propiedades químicas que esperaría que tuviera el renio, dada su posición en la tabla periódica.

[2]

.....

.....

.....

- (c) Describa cómo establecer la reactividad relativa del renio, en comparación con la de la plata, el cinc y el cobre, usando trozos de renio y soluciones de sulfatos de esos metales.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**(Esta pregunta continúa en la página 17)**





**No** escriba en esta página.

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



**(Pregunta 4: continuación)**

(d) La fórmula empírica de un cloruro de renio es  $\text{ReCl}_3$ .

(i) Indique el nombre de este compuesto aplicando las reglas de la IUPAC. [1]

.....

(ii) Calcule el porcentaje, en masa, de renio en el  $\text{ReCl}_3$ . [2]

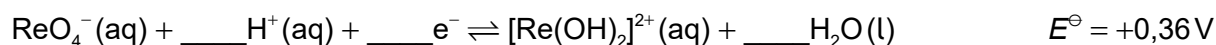
.....  
 .....  
 .....  
 .....

(e) El renio forma sales que contienen el ion perrenato(VII),  $\text{ReO}_4^-$ .

(i) Sugiera por qué se pudo predecir la existencia de sales que contienen un ion con esta fórmula. Refiérase a la sección 6 del cuadernillo de datos. [1]

.....  
 .....

(ii) Deduzca los coeficientes requeridos para completar la semiecuación. [1]

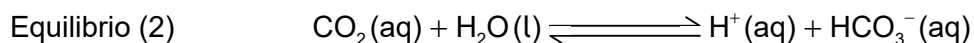
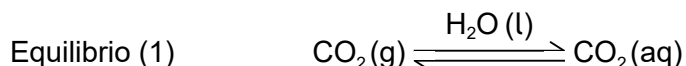


(iii) Prediga, dando una razón, si la reducción del  $\text{ReO}_4^-$  a  $[\text{Re}(\text{OH})_2]^{2+}$  oxidaría al  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$  en solución acuosa. Use la sección 24 del cuadernillo de datos. [1]

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



5. El agua carbonatada se produce cuando el dióxido de carbono se disuelve en agua a presión. Se establecen los siguientes equilibrios.



- (a) El dióxido de carbono actúa como ácido débil.

- (i) Distinga entre un ácido débil y un ácido fuerte.

[1]

Ácido débil:

.....  
 .....

Ácido fuerte:

.....  
 .....

- (ii) El ion hidrógenocarbonato, que se produce en el equilibrio (2), también puede actuar como ácido.

Indique la fórmula de su base conjugada.

[1]

.....

- (b) Cuando se abre una botella de agua carbonatada, estos equilibrios se alteran.

Indique, dando una razón, cómo la disminución de la presión afecta la posición del equilibrio (1).

[1]

.....  
 .....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



**(Pregunta 5: continuación)**

- (c) A 298 K la concentración de dióxido de carbono acuoso en el agua carbonatada es de  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$  y el  $pK_a$  para el equilibrio (2) es 6,36.

Calcule el pH del agua carbonatada.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) La soda contiene hidrógenocarbonato de sodio,  $\text{NaHCO}_3$ , disuelto en el agua carbonatada.

(i) Identifique el tipo de enlace en el hidrógenocarbonato de sodio.

[2]

Entre el sodio y el hidrógenocarbonato:

.....

Entre el hidrógeno y el oxígeno en el hidrógenocarbonato:

.....

- (ii) Prediga, haciendo referencia al equilibrio (2), cómo la adición de hidrógenocarbonato de sodio afecta el pH. (Suponga que la presión y la temperatura permanecen constantes.)

[2]

.....

.....

.....

.....

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



**(Pregunta 5: continuación)**

- (iii) 100,0 cm<sup>3</sup> de soda contienen  $3,0 \times 10^{-2}$  g de NaHCO<sub>3</sub>.

Calcule la concentración de NaHCO<sub>3</sub> en mol dm<sup>-3</sup>.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (iv) La incertidumbre del frasco volumétrico de 100,0 cm<sup>3</sup> usado para preparar la solución fue de  $\pm 0,6$  cm<sup>3</sup>.

Calcule el porcentaje máximo de incertidumbre en la masa de NaHCO<sub>3</sub> para que la concentración de la solución se corrija a  $\pm 1,0$  %.

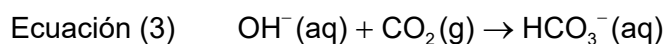
[1]

.....

.....

.....

- (e) La reacción del ion hidróxido con dióxido de carbono y con el ion hidrógenocarbonato se puede representar por medio de las ecuaciones 3 y 4.



Discuta cómo estas ecuaciones muestran la diferencia entre una base de Lewis y una base de Brønsted–Lowry.

[2]

Ecuación (3):

.....

.....

Ecuación (4):

.....

.....

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

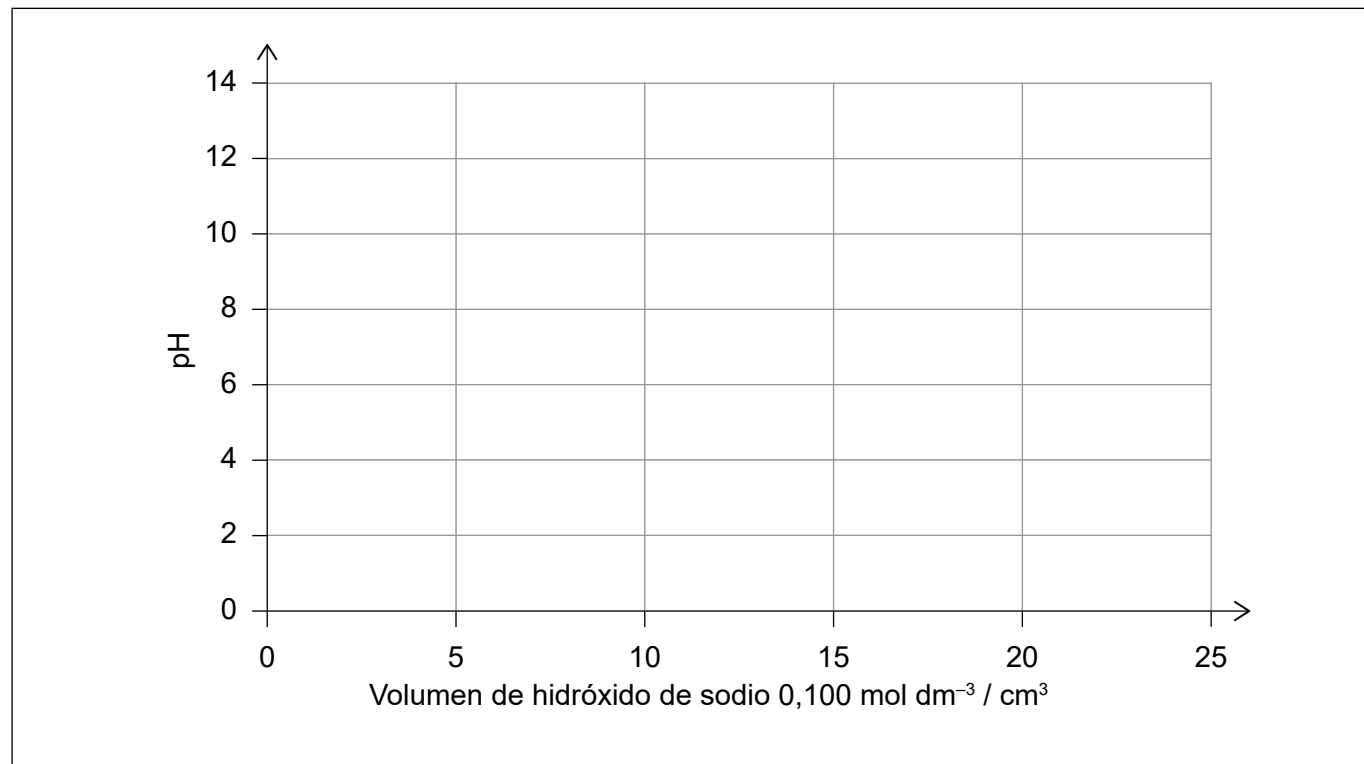


**(Pregunta 5: continuación)**

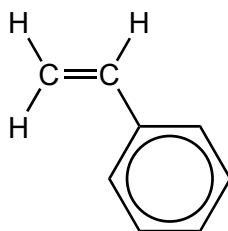
- (f) El pH del hidrógenocarbonato de sodio acuoso a 298 K es aproximadamente 7.

Dibuje aproximadamente una gráfica de pH en función del volumen cuando se añade gradualmente 25,0 cm<sup>3</sup> de NaOH (aq) 0,100 mol dm<sup>-3</sup> a 10,0 cm<sup>3</sup> de NaHCO<sub>3</sub> (aq) 0,0500 mol dm<sup>-3</sup>.

[2]



6. El fenileno se puede polimerizar para formar polifenileno (poliestireno, PS).



- (a) Dibuje la unidad que se repite en el polifenileno.

[1]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)

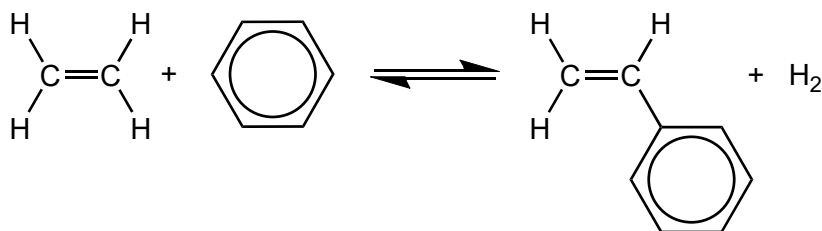


24EP21

Véase al dorso

**(Pregunta 6: continuación)**

- (b) El fenileteno se fabrica a partir de benceno y eteno en un proceso de dos etapas. La reacción total se puede representar como sigue, con  $\Delta G^\ominus = +10,0 \text{ kJ mol}^{-1}$  a 298 K.



Calcule la constante de equilibrio para la conversión total a 298 K, usando la sección 1 del cuadernillo de datos.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) El anillo bencénico del fenileteno reacciona con el ion nitronio,  $\text{NO}_2^+$ , y el doble enlace  $\text{C}=\text{C}$  reacciona con el bromuro de hidrógeno,  $\text{HBr}$ .

Compare y contraste estas dos reacciones en cuanto a sus mecanismos de reacción.

[2]

Semejanza:

.....

.....

Diferencia:

.....

.....

.....

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



**(Pregunta 6: continuación)**

(d) El principal producto de la reacción con bromuro de hidrógeno es  $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CHBr--CH}_3$  y el producto secundario es  $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{Br}$ .

(i) Resuma por qué el producto principal,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CHBr--CH}_3$ , puede existir en dos formas e indique la relación entre esas formas.

[2]

Dos formas:

.....  
 .....

Relación:

.....

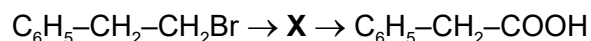
(ii) El producto secundario,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{Br}$ , puede existir en diferentes formas conformacionales (isómeros).

Resuma qué significa esto.

[1]

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

(e) El producto secundario,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{Br}$ , se puede convertir directamente en un compuesto intermediario, **X**, que luego se puede convertir directamente en el ácido  $\text{C}_6\text{H}_5\text{--CH}_2\text{--COOH}$ .



Identifique **X**.

[1]

.....  
 .....





**No** escriba en esta página.

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



24EP24