

© International Baccalaureate Organization 2023

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 2023

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, 2023

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

12 de mayo de 2023

Zona A tarde | **Zona B** mañana | **Zona C** 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]**.



No escriba en esta página.

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



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

1. Las técnicas analíticas y espectroscópicas permiten a los químicos identificar y determinar estructuras de compuestos.

(a) Se determinó que un compuesto orgánico desconocido, **X**, formado solamente por carbono, hidrógeno y oxígeno contiene 48,6 % de carbono y 43,2 % de oxígeno.

(i) Determine la fórmula empírica.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Se muestra el espectro de masas de **X**.

Eliminado por motivos relacionados
con los derechos de autor

(ii) Identifique los fragmentos responsables de los picos a m/z 74 y 45 usando la sección 28 del cuadernillo de datos.

[2]

m/z 74:

m/z 45:

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



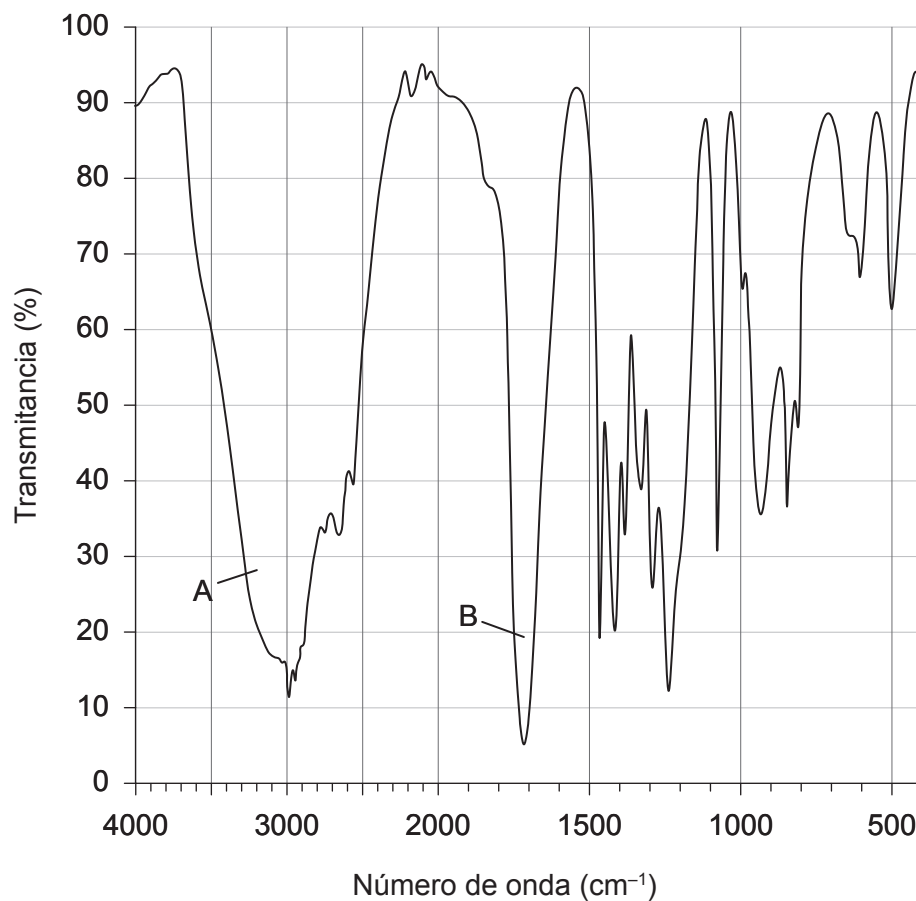
28EP03

Véase al dorso

(Pregunta 1: continuación)

Se muestra el espectro infrarrojo de **X**.

Espectro infrarrojo de X



- (iii) Identifique los enlaces que contribuyen principalmente a los picos A y B usando la sección 26 del cuadernillo de datos.

[2]

A:
B:

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(iv) Deduzca la fórmula estructural de **X**.

[1]

(b) Se vaporizó completamente 0,363 g del líquido orgánico **Y** a 95,0 °C y 100,0 kPa. El volumen de gas medido fue 81,0 cm³. Determine la masa molar de **Y**.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

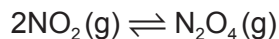
.....

.....



2. El óxido de nitrógeno(IV), NO_2 , es un gas marrón que se encuentra en el smog fotoquímico y tiene un contaminante que causa deposición ácida.

- (a) El óxido de nitrógeno(IV) existe en equilibrio con tetróxido de dinitrógeno, $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$, que es incoloro.



- (i) A 100°C K_c para esta reacción es 0,0665. Resuma qué indica esto sobre el alcance de esta reacción.

[1]

.....

- (ii) Calcule la variación de energía libre de Gibbs, ΔG^\ominus , para este equilibrio a 100°C . Use las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos.

[1]

.....

- (iii) Calcule el valor de K_c a 100°C para el equilibrio:

[1]



.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (iv) Calcule la variación de entalpía estándar, en kJ mol^{-1} , para la reacción: [1]



| | $\Delta H_f^\ominus (\text{kJ mol}^{-1})$ |
|------------------------|---|
| NO_2 | 33,18 |
| N_2O_4 | 9,16 |

.....

- (v) Calcule la variación de entropía estándar, en J mol^{-1} , para la reacción: [1]



| | $S^\ominus (\text{J mol}^{-1})$ |
|------------------------|---------------------------------|
| NO_2 | 240,06 |
| N_2O_4 | 304,29 |

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

(b) Deduzca la estructura de Lewis del N_2O_4 .

[1]

(c) La longitud de todos los enlaces NO en el N_2O_4 es $1,19 \times 10^{-10} \text{ m}$.

(i) Sugiera qué indica la longitud de los enlaces sobre la estructura del N_2O_4 .

[1]

.....

.....

(ii) Prediga el ángulo del enlace ONN en el N_2O_4 .

[1]

.....

.....

(d) La deposición ácida se forma cuando los óxidos de nitrógeno se disuelven en agua. Escriba una ecuación para la reacción del óxido de nitrógeno (IV) con agua para producir dos ácidos.

[1]

.....

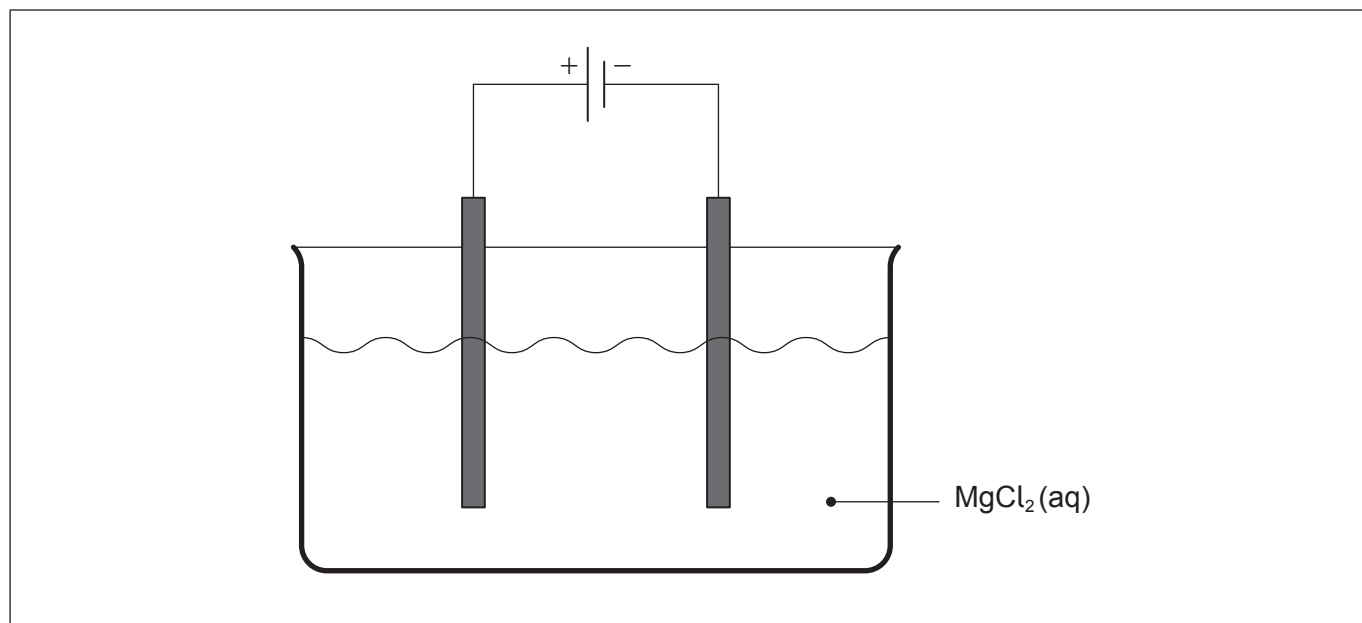
.....



3. La electrólisis y las titulaciones de Winkler son ambas aplicaciones de reacciones rédox.

(a) Se construyó una celda electrolítica usando electrodos inertes y una solución acuosa diluida de cloruro de magnesio, $\text{MgCl}_2(\text{aq})$.

(i) Anote el diagrama para mostrar el movimiento de las partículas que conducen la electricidad en esta celda. [2]



(ii) Deduzca la semiecuación para la reacción en cada electrodo. Use la sección 24 del cuadernillo de datos. [2]

Electrodo positivo :

 Electrodo negativo :

(iii) En ocasiones se usan barras de grafito como electrodos inertes. Describa la estructura del grafito y explique por qué el grafito conduce la electricidad. [2]

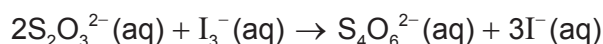
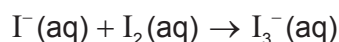
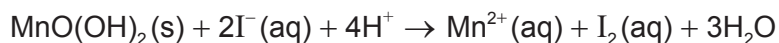
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (b) Las titulaciones de Winkler se pueden usar para determinar la demanda bioquímica de oxígeno, DBO, de una muestra de agua. Un conjunto de ecuaciones para las reacciones que se producen es:



Una muestra de 150 cm^3 de agua se ensayó usando una titulación de Winkler. Fueron necesarios $36,0\text{ cm}^3$ de solución de tiosulfato de sodio, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq})$, $0,00500\text{ mol dm}^{-3}$ para alcanzar el punto final.

- (i) Determine la concentración, en mol dm^{-3} , de oxígeno disuelto en la muestra de agua. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (ii) Resuma cómo se pudo haber determinado la DBO de la muestra de agua. [2]

.....

.....

.....

- (iii) Sugiera qué indica un valor bajo de DBO acerca de una muestra de agua. [1]

.....

.....

.....



4. La tabla periódica proporciona información sobre la configuración electrónica y las propiedades físicas y químicas de los elementos.

(a) El número atómico del bismuto es 83. Deduzca **dos** trozos de información sobre la configuración electrónica del bismuto a partir de su posición en la tabla periódica. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Resuma por qué el aluminio es maleable. [1]

.....

.....

.....

(c) Un trozo de 11,98 g de aluminio puro se calentó. Calcule la energía calórica absorbida, en J, para aumentar su temperatura de 18,0°C a 40,0°C. La capacidad calórica específica del aluminio es 0,902 Jg⁻¹ K⁻¹. [1]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página 13)



No escriba en esta página.

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



(Pregunta 4: continuación)

(d) El argón tiene tres isótopos naturales, ^{36}Ar , ^{38}Ar y ^{40}Ar .

(i) Identifique la técnica usada para determinar las proporciones relativas de los isótopos del argón.

[1]

.....
.....

La composición isotópica de una muestra de argón es 0,34 % de ^{36}Ar , 0,06 % de ^{38}Ar y 99,6 % de ^{40}Ar .

(ii) Calcule la masa atómica relativa de esta muestra, dando su respuesta con dos decimales.

[2]

.....
.....



5. El ácido metanoico es un ácido monoprótico débil.

(a) Se determinó la concentración de ácido metanoico por titulación con una solución estándar $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ de hidróxido de sodio, NaOH (aq) , usando un indicador para determinar el punto final.

(i) Calcule el pH de la solución de hidróxido de sodio.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(ii) Escriba una ecuación para la reacción del ácido metanoico con hidróxido de sodio. [1]

.....

.....

(iii) $22,5 \text{ cm}^3$ de NaOH (aq) neutralizaron $25,0 \text{ cm}^3$ de ácido metanoico. Determine la concentración del ácido metanoico.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 5: continuación)

- (iv) Calcule el pH de la solución original de ácido metanoico . Use su respuesta en (a)(iii) y la sección 21 del cuadernillo de datos. Si no obtuvo una respuesta en (a)(iii) use $0,300 \text{ mol dm}^{-3}$, pero esta no es la respuesta correcta. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (v) Identifique dando una razón, un indicador adecuado para esta titulación. Use la sección 22 del cuadernillo de datos. [2]

.....

.....

.....

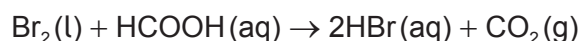
- (b) Escriba una ecuación iónica para mostrar por qué una solución de metanoato de sodio no tiene pH 7. [1]

.....

.....



6. El bromo, $\text{Br}_2(\text{l})$, y el ácido metanoico, $\text{HCOOH}(\text{aq})$, reaccionan en presencia de ácido sulfúrico.



- (a) Sugiera un método experimental que se podría usar para determinar la velocidad de reacción. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (b) El ácido sulfúrico es un catalizador para esta reacción. Explique cómo un catalizador aumenta la velocidad de reacción. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (c) El ácido metanoico puede reaccionar con etanol para producir un éster.

- (i) Dibuje la fórmula estructural completa del producto orgánico e indique su nombre. [2]

Fórmula estructural :

Nombre :

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

- (ii) Prediga el número de señales, y sus patrones de desdoblamiento, en el espectro de RMN de ^1H de este producto orgánico.

[2]

Número de señales :

.....

Patrones de desdoblamiento :

.....

.....

- (iii) Indique **una** razón por la cual se elige con frecuencia el tetrametilsilano, TMS, como estándar de referencia interno para la calibración en la espectroscopía de RMN de ^1H .

[2]

.....

.....

.....

- (d) (i) Escriba la ecuación para la combustión completa del etanol.

[1]

.....

.....

- (ii) Determine la variación de entalpía para la combustión de etanol, en kJ mol^{-1} , usando la sección 11 del cuadernillo de datos.

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



7. El bromuro de hidrógeno, HBr, reacciona con 1-buteno.

(a) Identifique el tipo de reacción.

[1]

.....

(b) Son posibles dos productos.

(i) Explique el mecanismo para la formación del producto principal, usando flechas curvas para indicar el movimiento de los pares electrónicos.

[4]

(ii) Explique por qué el mecanismo origina la formación de un producto en mayor cantidad que el otro.

[2]

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 7: continuación)

- (c) Dibuje la estructura de una sección del polímero formado a partir de **tres** monómeros del 1-buteno. [1]

- (d) Deduzca la hibridación de los **dos** primeros átomos de carbono del 1-buteno. [1]

.....

.....

- (e) Describa el enlace entre los dos primeros átomos de carbono del 1-buteno en términos de los orbitales en esos átomos. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página 21)



No escriba en esta página.

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



(Pregunta 7: continuación)

- (f) Un isómero del C_4H_9Br puede existir como estereoisómeros. Dibuje las estructuras tridimensionales de los **dos** estereoisómeros usando la notación de caballete, mostrando claramente la relación entre ellos.

[2]



8. Los compuestos sólidos iónicos forman redes cristalinas.

(a) La entalpía de solución, la entalpía de hidratación y la entalpía de red se relacionan en un ciclo de energía.

(i) Anote el ciclo de energía para la entalpía de solución del cloruro de magnesio sólido, $\text{MgCl}_2(\text{s})$, nombrando los procesos A, B y C y completando las cajas. Incluya los símbolos de estado. [2]

$\text{MgCl}_2(\text{s})$

A

→

.....

B

↓

.....

C

↑

A:

B:

C:

(ii) Calcule la entalpía de solución para el cloruro de magnesio, MgCl_2 . Use las secciones 18 y 20 del cuadernillo de datos. [1]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

- (b) Explique por qué la entalpía de red del cloruro de bario, BaCl_2 , es menor que la del cloruro de magnesio.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 8: continuación)

(c) El cobalto también forma cloruros de fórmula CoCl_2 .

(i) Indique la configuración electrónica completa del ion cobalto(II), Co^{2+} . [1]

.....

(ii) Los iones cobalto(II) hidratados, $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$, son rosados. Describa la interacción entre el ion cobalto y una molécula de agua en términos del tipo de enlace y cómo se forma este enlace. [2]

Tipo de enlace :

Cómo se forma el enlace :

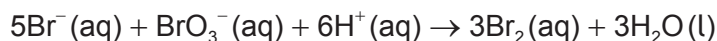
Los iones CoCl_4^{2-} son azules.

(iii) Explique por qué los distintos ligandos originan complejos de color diferente. [2]

.....



9. Se determinó la velocidad inicial de reacción para la reacción entre los iones bromuro, $\text{Br}^- (\text{aq})$, y los iones bromato, $\text{BrO}_3^- (\text{aq})$, en solución ácida.



Se llevaron a cabo cuatro ensayos y los resultados se dan en la siguiente tabla.

| Experimento | $[\text{BrO}_3^-]$ (mol dm^{-3}) | $[\text{Br}^-]$ (mol dm^{-3}) | $[\text{H}^+]$ (mol dm^{-3}) | Velocidad inicial ($\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$) |
|-------------|--|---|--|---|
| 1 | 0,050 | 0,250 | 0,300 | $2,13 \times 10^{-6}$ |
| 2 | 0,050 | 0,250 | 0,600 | $8,60 \times 10^{-6}$ |
| 3 | 0,100 | 0,250 | 0,600 | $17,2 \times 10^{-6}$ |
| 4 | 0,050 | 0,500 | 0,300 | $4,26 \times 10^{-6}$ |

- (a) Deduzca la ecuación de velocidad total.

[2]

- (b) La velocidad de una reacción a 50°C es tres veces la velocidad a 25°C . Calcule la energía de activación, en kJ mol^{-1} , para esta reacción usando las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos.

[2]



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:

1.(a)(iii) SDBS, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

Los demás textos, gráficos e ilustraciones: © Organización del Bachillerato Internacional, 2023



28EP26

No escriba en esta página.

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



28EP27

No escriba en esta página.

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



28EP28