

© International Baccalaureate Organization 2025

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 2025

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, 2025

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

19 de mayo de 2025

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

Número de convocatoria del alumno

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

2 horas 30 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 cianuro de hidrógeno, HCN, es un compuesto muy tóxico.

(a) El HCN puro es un líquido volátil que hierve a 26 °C.

(i) Dibuje con precisión la fórmula de Lewis de la molécula de HCN.

[1]

(ii) Deduzca la hibridación del átomo de carbono y el número de enlaces sigma y pi que forma.

[2]

Hibridación:
 Enlaces sigma:
 Enlaces pi:

(iii) Indique y explique la geometría molecular del HCN sin hacer referencia a la hibridación.

[2]

Geometría molecular:
 Explicación:

(iv) La molécula de HCN es polar. Deduzca qué átomo lleva una carga parcial positiva y cuál lleva una carga parcial negativa.

[1]

Carga parcial positiva:
 Carga parcial negativa:

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (v) Explique por qué el punto de ebullición del nitrógeno gaseoso, N_2 , es mucho menor que el del HCN. [2]

.....

.....

- (b) El HCN actúa como ácido débil en solución acuosa.

- (i) Escriba una ecuación para mostrar este comportamiento. [1]

.....

.....

- (ii) Resuma **dos** formas por medio de las cuales podría determinar que una solución es HCN $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ en lugar de HCl $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$. [2]

Método 1:

.....

Método 2:

.....

- (iii) Calcule el pH de una solución $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$, dado que el K_a del HCN es $4,90 \times 10^{-10} \text{ mol dm}^{-3}$. [2]

.....

.....

.....

.....

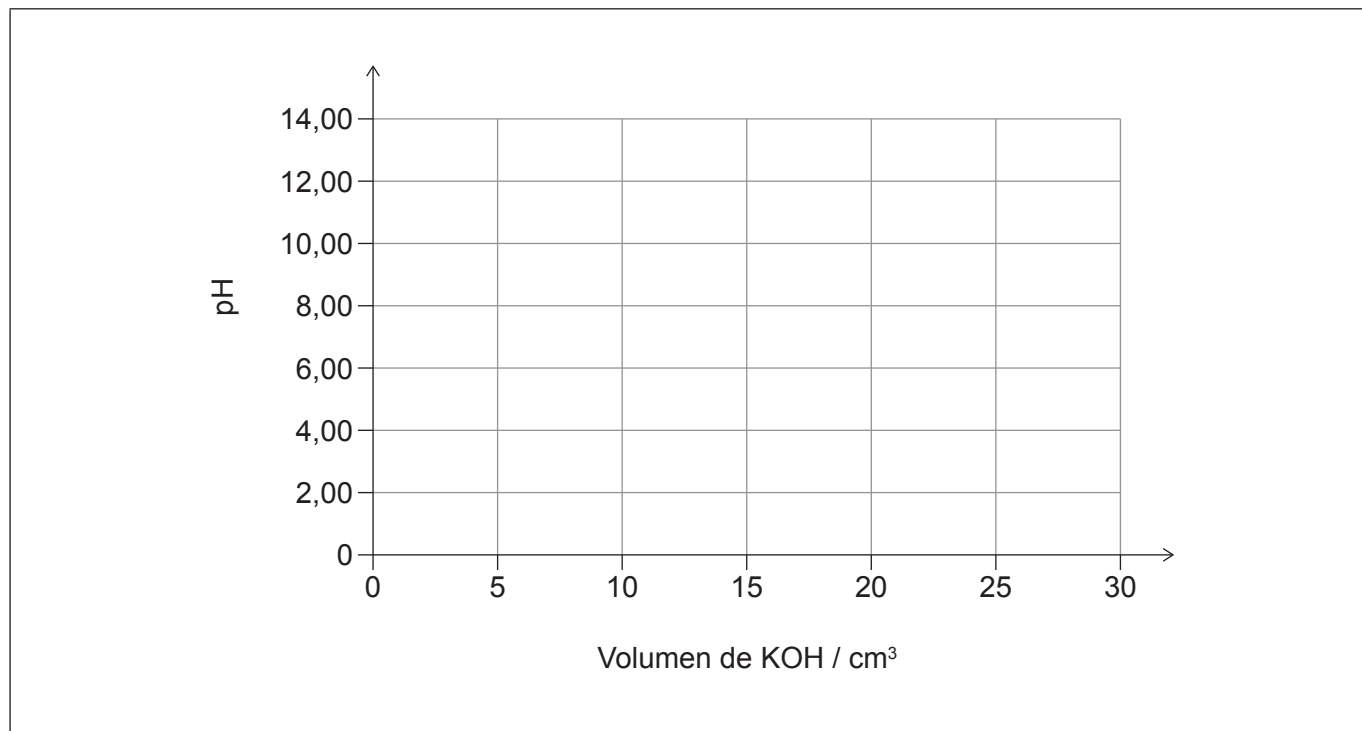
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (iv) Dibuje aproximadamente la variación de pH que se produciría si se añade gradualmente $30,0 \text{ cm}^3$ de $\text{KOH } 0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ a $20,0 \text{ cm}^3$ de $\text{HCN } 0,100 \text{ mol dm}^{-3}$. [3]



- (v) Deduzca el punto en el gráfico de (b)(iv) en el cual la solución solo contendría KCN (aq) y rotúlelo como “Sal”. [1]
- (vi) Calcule el aumento de temperatura de la solución cuando se mezclan $30,0 \text{ cm}^3$ de $\text{KOH } 0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ con $20,0 \text{ cm}^3$ de $\text{HCN } 0,100 \text{ mol dm}^{-3}$. Use la entalpía de neutralización del $\text{HCN} = -13,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ y las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

(c) El ion cianuro, CN^- , puede formar iones complejos como el $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$.

(i) Indique el tipo preciso de formación de enlace entre el ion cianuro y el ion hierro. [1]

..... enlace

(ii) Deduzca el estado de oxidación del hierro en el ion complejo. [1]

.....
.....

(iii) Explique por qué los iones de los elementos de transición, como el $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$, son generalmente coloreados. [3]

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

(iv) En una solución $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$ del ion complejo, la $[\text{Fe}^{2+}]$ es $2,20 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$.

Determine el valor de la constante de equilibrio, K , para la formación del $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ a partir de los iones que lo forman. [3]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (v) Resuma, dando una razón, si el $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ es un agente oxidante más fuerte o más débil que el $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$.

Use $E^\ominus [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}(\text{aq}) = +0,37 \text{ V}$ y la sección 19 del cuadernillo de datos.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) El ion cianuro reacciona con yodometano, CH_3I .

- (i) Dibuje con precisión la fórmula estructural del producto orgánico.

[1]

- (ii) Prediga, dando una razón, si esta reacción se producirá por medio de un mecanismo $\text{S}_\text{N}1$ o $\text{S}_\text{N}2$.

[1]

.....

.....

.....

- (iii) Explique cómo podría concluir **experimentalmente** si el mecanismo de esta reacción es $\text{S}_\text{N}1$ o $\text{S}_\text{N}2$.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....



2. El talio es un metal pesado del grupo 13 de la tabla periódica.

(a) El 30 % de los átomos de talio contienen 122 neutrones y el resto 124 neutrones.

(i) Deduzca el símbolo nuclear del isótopo del talio que contiene 122 neutrones.
Use la sección 7 del cuadernillo de datos.

[1]

Tl

(ii) Calcule, a **dos** sitios decimales, la masa atómica relativa del talio.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) La fórmula del sulfato de talio (I) es Tl_2SO_4 .

(i) El compuesto contiene ambos, enlaces iónicos y covalentes. Indique qué partículas están unidas por medio de enlaces covalentes y cuáles por medio de enlaces iónicos.

[2]

Enlace covalente entre: y

Enlace iónico entre: y

(ii) Contraste los enlaces covalente e iónico basándose en las interacciones de los electrones de valencia.

[1]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (iii) Indique el término de entalpía que caracteriza la fuerza del enlace entre los iones en un sólido iónico.

[1]

.....

.....

- (iv) Escriba una ecuación para producir solución de sulfato de talio (I) haciendo reaccionar hidróxido de talio (I) sólido con ácido sulfúrico.

[2]

.....

.....

- (v) Calcule el volumen de ácido sulfúrico $2,00 \text{ mol dm}^{-3}$ necesario para reaccionar completamente con 10,0 g de hidróxido de talio (I).

[3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (vi) Prediga si el hidróxido de talio(I) es o no anfótero, considerando la posición del talio en la tabla periódica.

[1]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

- (vii) Discuta cómo establecer la reactividad relativa del cobre y el talio usando los metales y soluciones acuosas de sus sulfatos.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

- (viii) Discuta los productos en los electrodos cuando se electroliza una solución acuosa de sulfato de talio (I).

Use el potencial estándar de reducción del $\text{Tl}^+ (\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Tl}(\text{s}) = -0,34 \text{ V}$ y la sección 19 del cuadernillo de datos.

[2]

Ánodo (electrodo positivo):

.....

.....

Cátodo (electrodo negativo):

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 2: continuación)

(c) El espectro de emisión atómico del talio presenta una fuerte línea verde.

- (i) Indique la característica del espectro de emisión atómico que se puede utilizar para hallar la energía de ionización del elemento.

[1]

.....
.....

- (ii) Calcule la longitud de onda que corresponde a la energía de ionización del talio. Use las secciones 1, 2 y 9 del cuadernillo de datos.

[3]

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

- (iii) Explique por qué la primera energía de ionización del talio es menor que la del plomo, en términos de la carga nuclear y el apantallamiento de los electrones de valencia.

[2]

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



3. El fosgeno (dicloruro de carbonilo, Cl_2CO) es un importante intermediario industrial.

(a) El fosgeno se puede formar por la reacción de radicales libres entre monóxido de carbono, CO , y cloro, Cl_2 , que se inicia por luz UV.

(i) Escriba una ecuación para la reacción de iniciación. [1]

.....

.....

(ii) Indique el tipo de ruptura de enlace que se produce. [1]

.....

.....

(iii) Determine la variación de entalpía para la reacción entre el monóxido de carbono y el cloro a partir de las entalpías de enlace. Use la sección 12 del cuadernillo de datos. [3]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

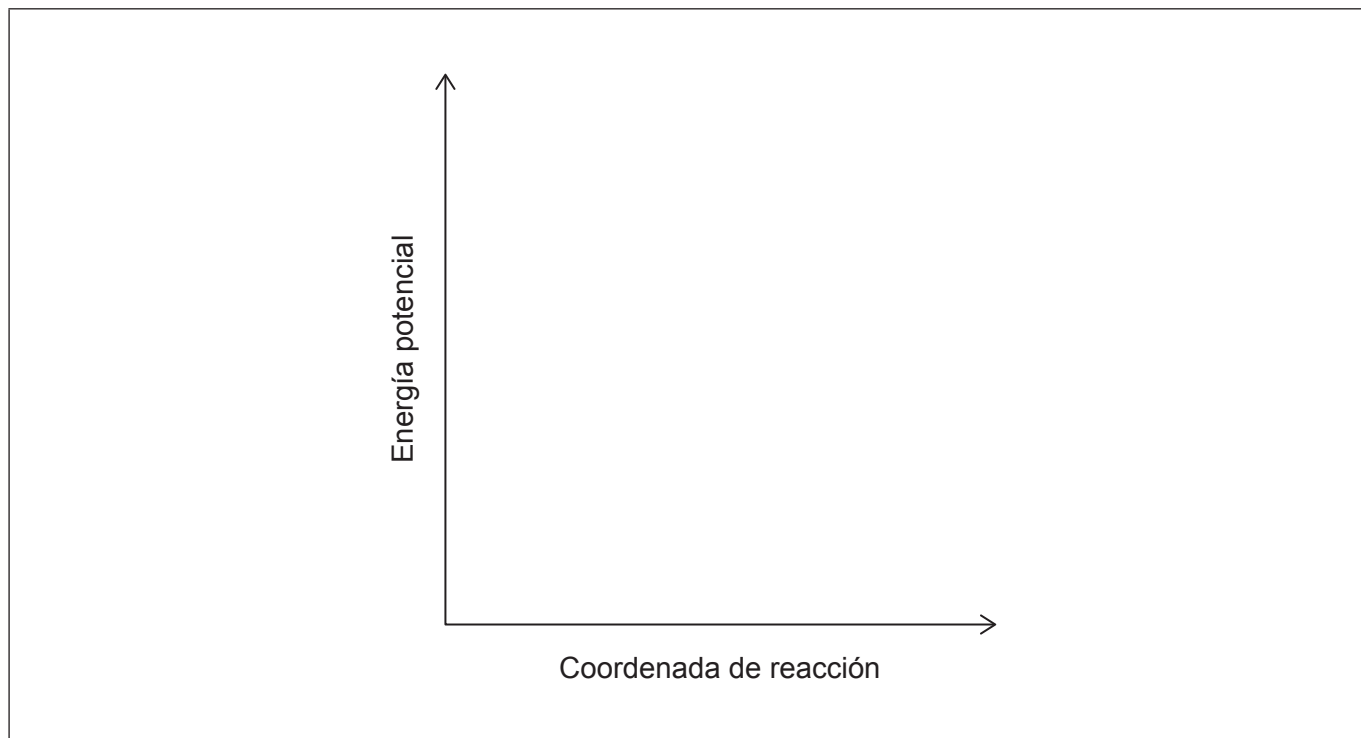
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (iv) Dibuje aproximadamente un perfil de energía para esta reacción y rotule los “Reactivos”, “Productos” y “ ΔH ”.

[2]



- (v) Calcule la variación de entropía estándar, $\Delta S^\ominus$, para la reacción entre monóxido de carbono y cloro para formar fosgeno. Use la sección 13 del cuadernillo de datos y los siguientes datos:

Entropía estándar $S^\ominus$, del cloro = $223 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Entropía estándar $S^\ominus$, del fosgeno = $284 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

[1]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (vi) Deduzca si la reacción llega a completarse o alcanza el equilibrio a 298 K. Use las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos conjuntamente con sus respuestas a (a)(iii) y (a)(v).

Si no obtuvo una respuesta a (a)(iii) y/o (a)(v) use los siguientes valores, aunque estas no son las respuestas correctas: (a)(iii) = -120 kJ mol^{-1} , (a)(v) = $-150 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

[3]

.....

.....

.....

.....

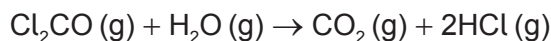
.....

.....

.....

.....

- (b) El fosgeno se descompone gradualmente en el ambiente de acuerdo con la siguiente ecuación:



- (i) Sugiera cómo seguir la velocidad de esta reacción a temperatura constante.

[1]

.....

.....

.....

- (ii) Resuma por qué algunas colisiones entre moléculas de reactivos no hacen que se produzca una reacción.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



20EP13

Véase al dorso

(Pregunta 3: continuación)

- (iii) Escriba la ecuación de velocidad para la reacción si es de primer orden respecto a cada reactivo. [1]

.....

.....

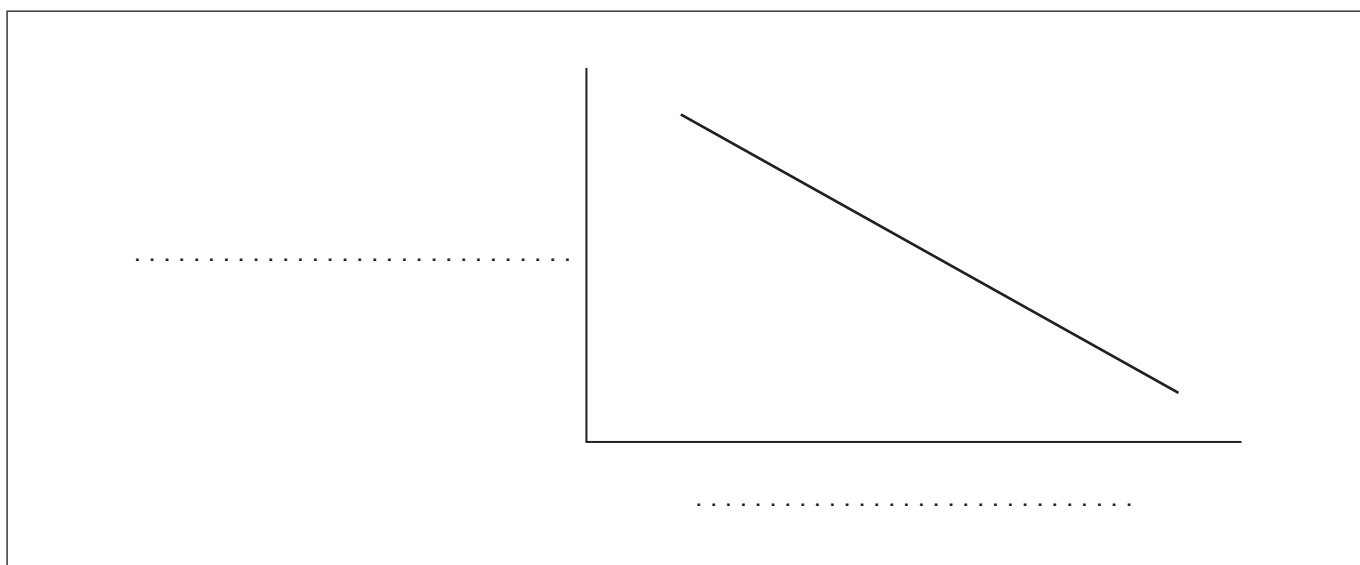
- (iv) Si la reacción se produce en una solución acuosa diluida de fosgeno, parece ser de primer orden total.

Resuma por qué esto es coherente con la respuesta a (b)(iii). [1]

.....

.....

- (v) La energía de activación para esta reacción se halló midiendo la velocidad de la reacción en un rango de temperaturas absolutas, T . Se construyó el siguiente gráfico:



Indique y rotule los ejes del gráfico. [1]

- (vi) Calcule el gradiente de la línea del gráfico de (b)(v) si la energía de activación es 12 kJ mol^{-1} . Use las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos. [1]

.....

.....

.....

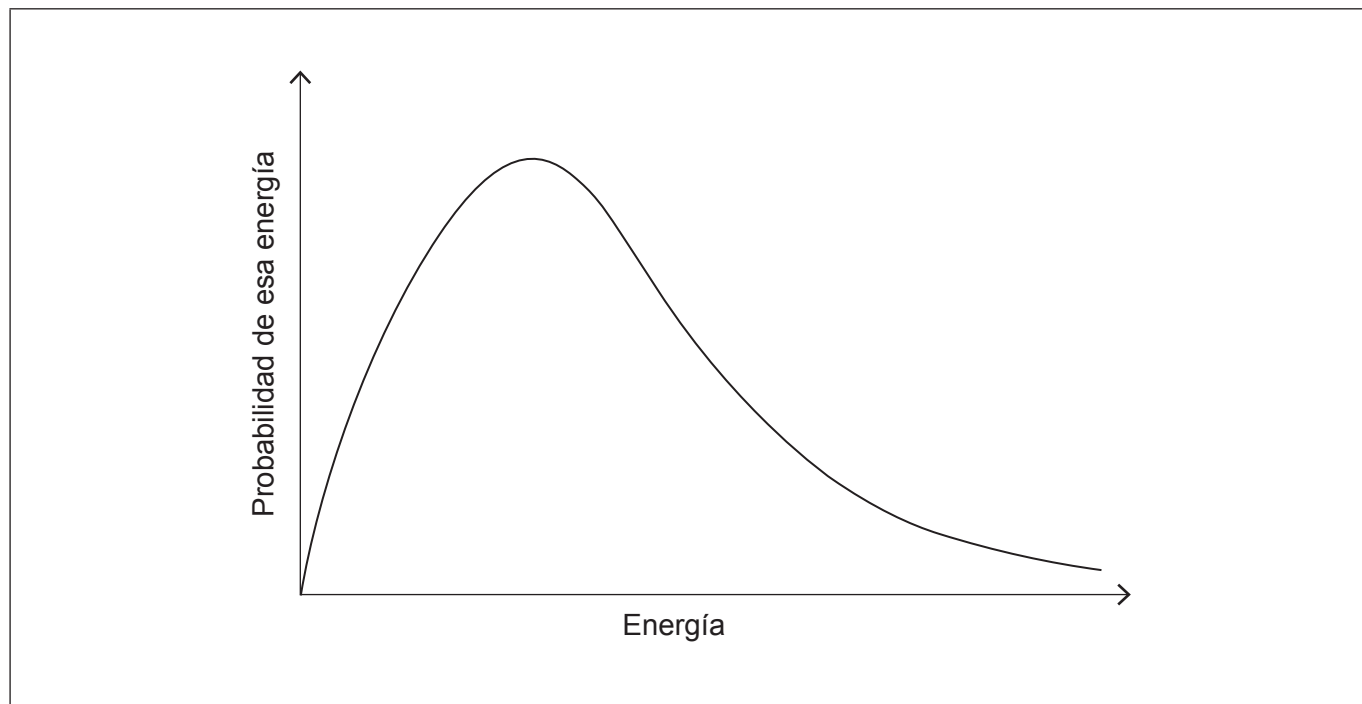
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (vii) Dibuje aproximadamente una curva de distribución de energía de Maxwell–Boltzmann a mayor temperatura que la mostrada.

[1]



- (viii) Explique por qué la velocidad de reacción aumenta a medida que aumenta la temperatura. Respalde su respuesta anotando el diagrama en (b)(vii).

[2]

.....

.....

.....

- (ix) Describa **dos** observaciones que confirmen que un sólido, añadido a la mezcla de reacción, está actuando como catalizador.

[2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página 17)



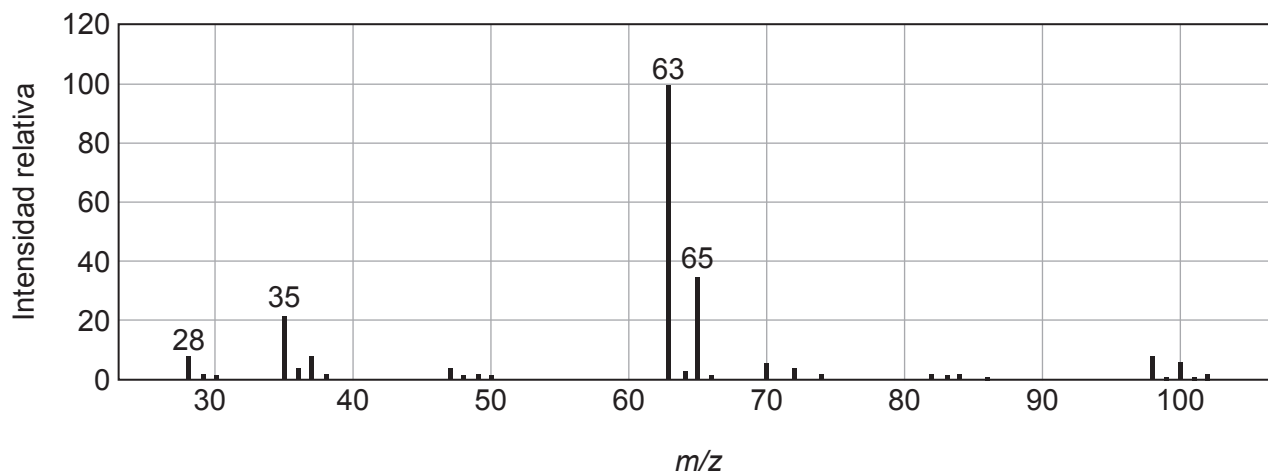
No escriba en esta página.

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



(Pregunta 3: continuación)

(c) Se muestra el espectro de masas del fosgeno.



[Fuente: Utilizado con autorización. © Estados Unidos de América representados por el Secretario de Comercio.]

(i) Resuma por qué hay picos a valores m/z menores que el del ion molecular. [1]

.....

.....

(ii) Deduzca la fórmula del fragmento que se produce a $m/z = 63$. [1]

.....

.....

(iii) Prediga las principales características de los espectros IR y RMN de ^1H del fosgeno. Use la sección 20 del cuadernillo de datos. [2]

IR:

.....

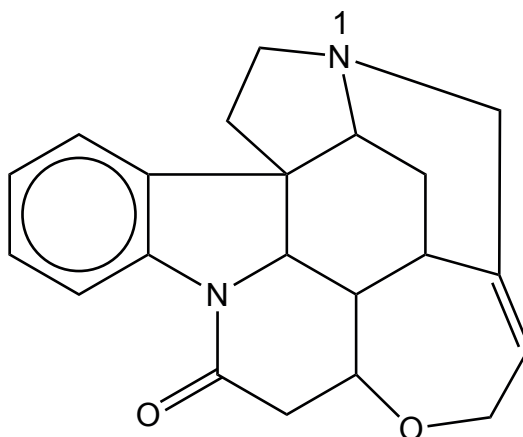
RMN de ^1H :

.....



4. La estricnina, $C_{21}H_{22}N_2O_2$ ($M_r = 334,4$), es un sólido blanco cristalino obtenido de plantas.

(a) La fórmula de la estricnina es:



(i) Indique el nombre del grupo funcional que contiene el átomo de nitrógeno rotulado "1".

[1]

.....

(ii) Resuma cómo el grupo funcional que contiene el N_1 afecta el pH cuando la estricnina se disuelve en agua.

[1]

Dirección de la variación de pH:

Razón del cambio:

.....

(iii) Rodee con un círculo en el diagrama de (a), un grupo funcional que reaccionaría con bromo en la oscuridad.

[1]

(iv) Indique el número de anillos en la estructura de la estricnina.

[1]

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 4: continuación)

- (v) La estructura de la estricnina contiene átomos de carbono *quirales*. Resuma qué significa este término.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (b) 48,73 g de estricnina se convierten en su sulfato por medio de la reacción:



Determine el rendimiento porcentual si se obtienen 51,41 g del producto. Use la sección 7 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:

3(c) Utilizado con autorización. © Estados Unidos de América representados por el Secretario de Comercio.

Los demás textos, gráficos e ilustraciones: © Organización del Bachillerato Internacional, 2025



20EP20