

© 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

Miércoles 10 de noviembre de 2021 (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. Una muestra de 4,406 g de un compuesto que contiene solo C, H y O se hizo arder con exceso de oxígeno. Se produjeron 8,802 g de CO₂ y 3,604 g de H₂O.

(a) Determine la fórmula empírica del compuesto usando la sección 6 del cuadernillo de datos. [3]

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

(b) Determine la fórmula molecular de este compuesto si su masa molar es 88,12 g mol⁻¹. Si no obtuvo respuesta en (a), use CS pero esta no es la respuesta correcta. [1]

.....
.....

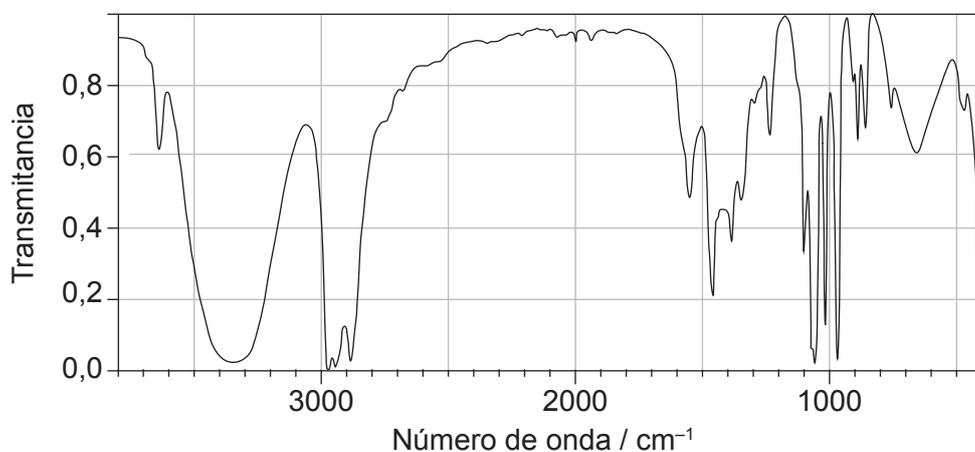
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



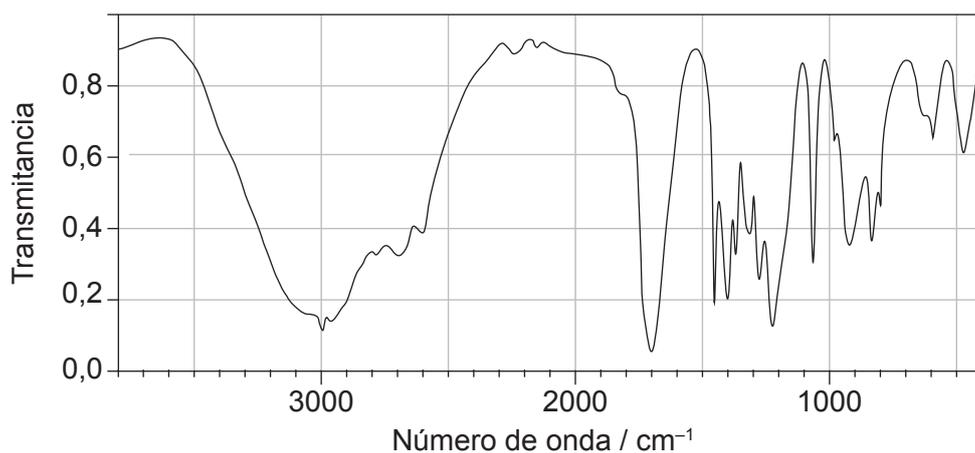
(Pregunta 1: continuación)

Los siguientes espectros muestran los espectros infrarrojos del 1-propanol, el propanal y el ácido propanoico.

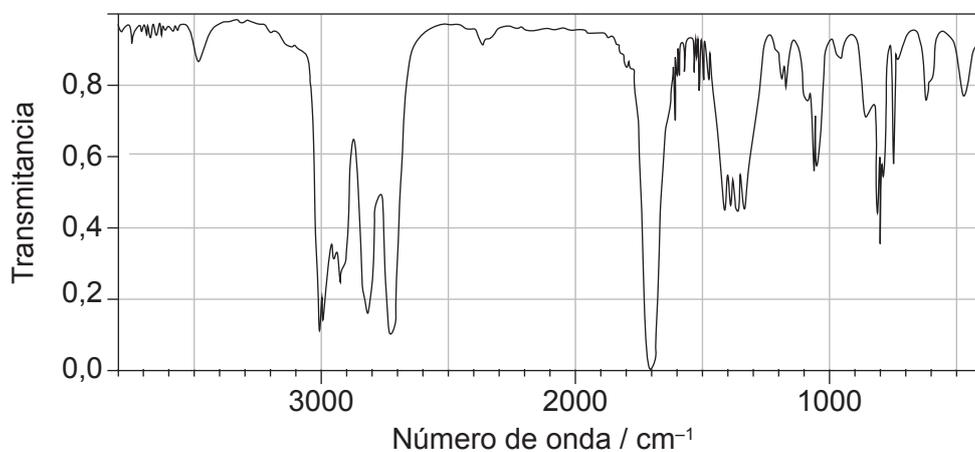
Espectro A



Espectro B



Espectro C



(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 1: continuación)

- (c) Identifique cada compuesto a partir de los espectros dados, use absorciones comprendidas de rango de 1700 cm^{-1} a 3500 cm^{-1} . Explique la razón de su elección, haciendo referencia a la sección 26 del cuadernillo de datos. [3]

Espectro	Identidad	Razón
A
B
C

- (d) Prediga el número de señales en la RMN de ^1H y el patrón de desdoblamiento previsto para el $-\text{CH}_3$ de la propanona (CH_3COCH_3) y el propanal ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$). [2]

Espectro	Número de señales	Patrón de desdoblamiento del $-\text{CH}_3$
propanona
propanal

- (e) Prediga el fragmento responsable de un m/z de 31 en el espectro de masas del 1-propanol. Use la sección 28 del cuadernillo de datos. [1]

.....



2. Las transiciones electrónicas se relacionan con las tendencias en la tabla periódica.

(a) Explique el aumento general de la tendencia de las energías de primera ionización de los elementos del periodo 3, del Na al Ar. [2]

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

(b) El sodio emite luz amarilla de frecuencia de $5,09 \times 10^{14}$ Hz cuando se produce transición electrónica desde el orbital 3p a 3s.

Calcule la diferencia de energía, en J, entre esos dos orbitales usando las secciones 1 y 2 del cuadernillo de datos. [1]

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

3. El fósforo blanco es un alótropo de fósforo y existe como P_4 .

(a) (i) Dibuje aproximadamente la estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) de la molécula de P_4 , solo con enlaces simples. [1]

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (ii) Escriba una ecuación para la reacción del fósforo blanco, (P_4), con cloro gaseoso para formar tricloruro de fósforo (PCl_3). [1]

.....
.....

- (b) (i) Deduzca la geometría molecular y del dominio electrónico usando la TRPEV, y estime el ángulo del enlace Cl-P-Cl en el PCl_3 . [3]

Geometría del dominio electrónico:
.....

Geometría molecular:
.....

Ángulo de enlace:
.....

- (ii) Resuma la razón por la cual la molécula de PCl_5 es no polar, mientras que la molécula de PCl_4F es polar. [3]

PCl_5 es no polar:
.....
.....
.....

PCl_4F es polar:
.....
.....
.....

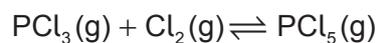
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



Véase al dorso

(Pregunta 3: continuación)

(c) Existe un equilibrio entre el PCl_3 y el PCl_5 .



(i) Calcule la variación de entalpía estándar (ΔH^\ominus) para la reacción directa en kJ mol^{-1} .

$$\Delta H_f^\ominus \text{PCl}_3(\text{g}) = -306,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\ominus \text{PCl}_5(\text{g}) = -398,9 \text{ kJ mol}^{-1} \quad [1]$$

.....
.....

(ii) Calcule la variación de entropía, ΔS , en $\text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$, para esta reacción.

Sustancia	Entropía $\text{JK}^{-1} \text{mol}^{-1}$
$\text{PCl}_3(\text{g})$	311,7
$\text{PCl}_5(\text{g})$	364,5
$\text{Cl}_2(\text{g})$	223,0

[1]

.....
.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 3: continuación)

- (iii) Calcule la variación de energía libre de Gibbs (ΔG), en kJ mol^{-1} , para esta reacción a 25°C . Use la sección 1 del cuadernillo de datos.

Si no obtuvo una respuesta en c(i) o c(ii), use $-87,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ y $-150,5 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ respectivamente, pero esas no son las respuestas correctas.

[2]

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

- (iv) Determine la constante de equilibrio, K , para esta reacción a 25°C , haciendo referencia a la sección 1 del cuadernillo de datos.

Si no obtuvo una respuesta en (c)(iii), use $\Delta G = -43,5 \text{ kJ mol}^{-1}$, pero esta no es la respuesta correcta.

[2]

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

- (v) Indique la expresión de la constante de equilibrio, K_c , para esta reacción.

[1]

.....
.....

- (vi) Indique, dando una razón, el efecto de un aumento de temperatura sobre la posición de este equilibrio.

[1]

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



4. El 1-cloropentano reacciona con hidróxido de sodio acuoso.

(a) (i) Identifique el tipo de reacción. [1]

.....
.....

(ii) Resuma el rol del ion hidróxido en esta reacción. [1]

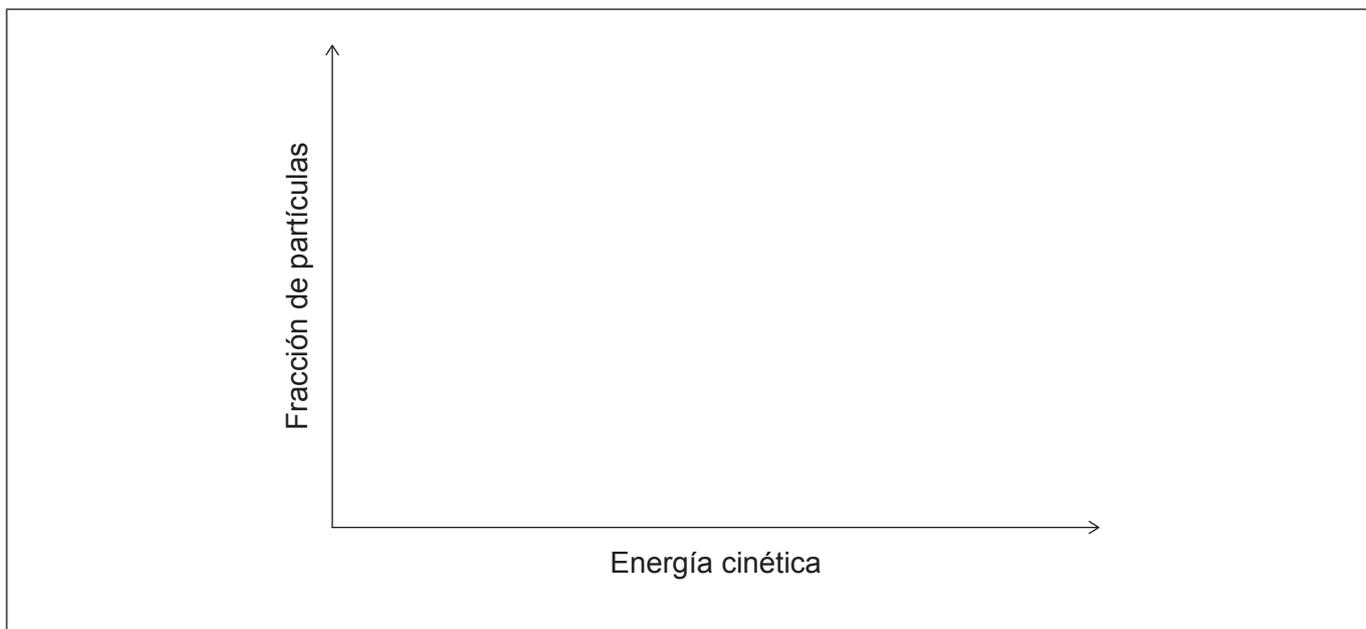
.....
.....
.....

(iii) Sugiera, dando una razón, por qué el 1-yodopentano reacciona más rápido que el 1-cloropentano en las mismas condiciones. Use la sección 11 del cuadernillo de datos para coherencia. [2]

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

(b) La reacción se repitió a menor temperatura.

Dibuje aproximadamente curvas de distribución de energía rotuladas de Maxwell-Boltzmann a la temperatura original (T_1) y la nueva temperatura menor (T_2). [2]



5. El ácido fosfórico, H_3PO_4 puede formar tres sales diferentes con el hidróxido de sodio, dependiendo del grado de neutralización.

(a) Formule una ecuación para la reacción de un mol de ácido fosfórico con un mol de hidróxido de sodio. [1]

.....
.....

(b) Formule **dos** ecuaciones para mostrar la naturaleza anfiprótica del $H_2PO_4^-$. [2]

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

(c) Calcule la concentración de H_3PO_4 si $25,00\text{ cm}^3$ son neutralizados completamente por la adición de $28,40\text{ cm}^3$ de $NaOH\ 0,5000\text{ mol dm}^{-3}$. [2]

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

(d) Resuma las razones por las que el hidróxido de sodio se considera una base de Brønsted-Lowry y de Lewis. [1]

Base de Brønsted-Lowry:
.....

Base de Lewis:
.....



6. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se puede determinar por el método Winkler.

(a) Resuma qué mide la DBO.

[1]

.....
.....

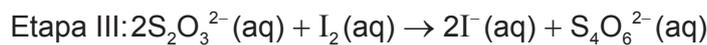
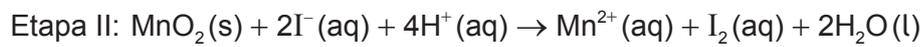
(b) Un alumno disolvió $0,1240 \pm 0,0001$ g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ para preparar $1000,0 \pm 0,4$ cm³ de solución para usar en el método Winkler.

Determine la incertidumbre porcentual en la concentración molar.

[2]

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

(c) Una muestra de agua de 25,00 cm³ se trató de acuerdo con el método Winkler.



El yodo producido se tituló con 37,50 cm³ de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ $5,000 \times 10^{-4}$ mol dm⁻³.

(i) Calcule la cantidad, en moles de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ usada en la titulación.

[1]

.....
.....

(ii) Deduzca la relación molar del O₂ consumido en la etapa I con respecto al S₂O₃²⁻ usado en la etapa III.

[1]

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 6: continuación)

(iii) Calcule la concentración de oxígeno disuelto en la muestra, en mol dm^{-3} . [2]

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

(iv) Las tres etapas del método Winkler son reacciones rédox.

Deduzca la semiecuación de reducción para la etapa II. [1]

.....
.....

(v) Sugiera una razón por la cual el método Winkler usado para medir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se debe realizar a temperatura constante. [1]

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



7. Los alcanos sufren combustión y sustitución.

(a) Determine la entalpía molar de combustión de un alcano si $8,75 \times 10^{-4}$ moles arden, elevando la temperatura de 20,0g de agua en 57,3°C.

[2]

.....

.....

.....

.....

.....

(b) Formule ecuaciones para las dos etapas de propagación y una etapa de terminación en la formación de cloroetano a partir de etano.

[3]

.....

.....

.....

.....

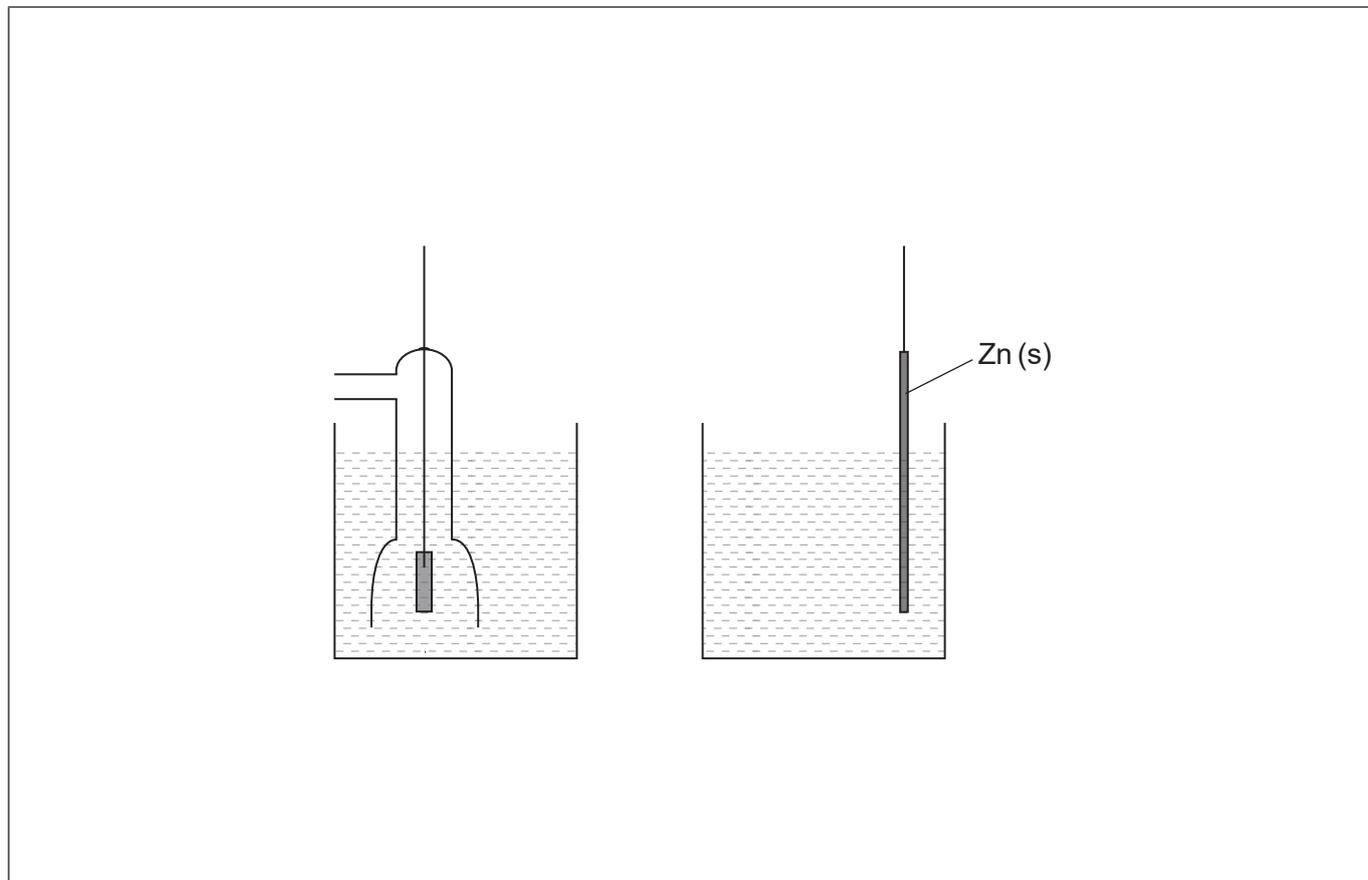
.....

.....

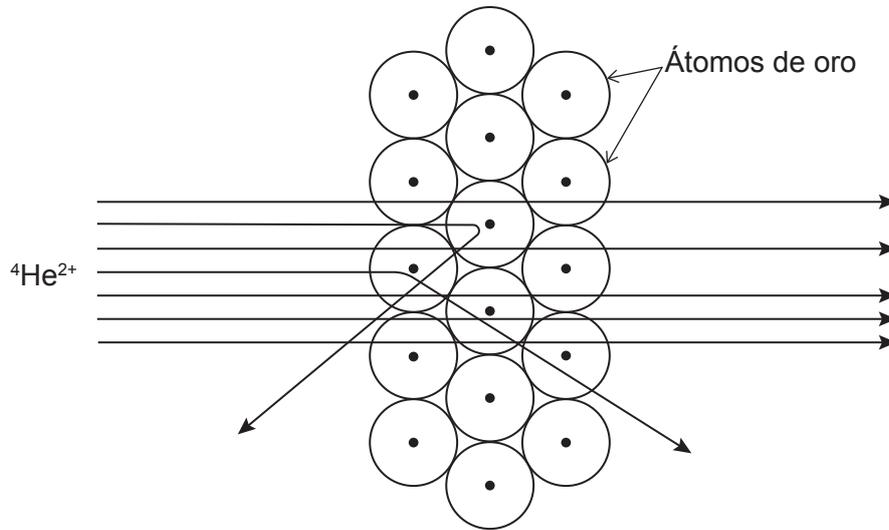


8. El potencial estándar de electrodo del cinc se puede medir usando el electrodo estándar de hidrógeno (EEH).

Dibuje y anote el diagrama para mostrar el aparato completo requerido para medir el potencial estándar de electrodo del cinc. [4]



9. Una delgada lámina de oro fue bombardeada con núcleos de helio (${}^4\text{He}^{2+}$) a gran velocidad y la mayoría la atravesó sin desviarse, pero algunos se desviaron ampliamente de su trayectoria. El diagrama ilustra este experimento histórico.



- (a) Sugiera qué conclusión sobre el átomo de oro se puede extraer de este experimento. [2]

La mayoría del ${}^4\text{He}^{2+}$ atravesó sin desviarse:

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

Muy pocos ${}^4\text{He}^{2+}$ se desviaron ampliamente de su trayectoria:

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

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 9: continuación)

- (b) (i) Experimentos posteriores demostraron que los electrones existen en niveles energéticos ocupando varias formas orbitales.

Dibuje diagramas de 1s, 2s y 2p.

[2]

1s	2s	2p

- (ii) Indique la configuración electrónica del cobre.

[1]

.....

- (iii) El cobre es un metal de transición que forma diferentes complejos coloreados. Un complejo $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}(\text{aq})$ cambia de color cuando se le añade exceso de $\text{Cl}^-(\text{aq})$.

Explique la causa de este cambio de color, usando las secciones 3 y 15 del cuadernillo de datos.

[3]

.....
--



10. La hibridación de los hidrocarburos afecta su reactividad.

(a) (i) Distinga entre un enlace sigma y un enlace pi.

[2]

Enlace sigma (σ):

.....
.....

Enlace pi (π):

.....
.....

(ii) Identifique la hibridación del carbono en el etano, eteno y etino.

[1]

	Etano	Eteno	Etino
Hibridación del carbono

(b) (i) Indique, dando una razón, si el 1-buteno presenta isomería cis-trans.

[1]

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

(ii) Indique el tipo de reacción que se produce entre el 1-buteno y el yoduro de hidrógeno a temperatura ambiente.

[1]

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 10: continuación)

- (iii) Explique el mecanismo de la reacción entre el 1-buteno y el yoduro de hidrógeno usando flechas curvas para representar el movimiento de los pares electrónicos. [4]

- (iv) Indique, dando una razón, si el producto de esta reacción presenta estereoisomería. [1]

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 10: continuación)

- (c) Se llevaron a cabo experimentos para investigar el mecanismo de la reacción entre 2-cloropentano y el hidróxido de sodio acuoso.

Experimento	[NaOH] (mol dm ⁻³)	[C ₅ H ₁₁ Cl] (mol dm ⁻³)	Velocidad inicial (mol dm ⁻³ s ⁻¹)
1	0,20	0,10	2,50 × 10 ⁻²
2	0,20	0,15	3,75 × 10 ⁻²
3	0,40	0,20	1,00 × 10 ⁻¹
4	0,60	0,25	

- (i) Deduzca la expresión de velocidad para esta reacción. [1]

.....

.....

.....

- (ii) Deduzca las unidades de la constante de velocidad. [1]

.....

.....

.....

- (iii) Determine la velocidad inicial de reacción del experimento 4. [2]

.....

.....

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 10: continuación)

- (d) Deduzca, dando una razón, el mecanismo de la reacción entre 2-cloropentano e hidróxido de sodio.

[1]

.....

.....

.....

.....

- (e) Discuta la razón por la cual el benceno es más reactivo con un electrófilo que con un nucleófilo.

[2]

.....

.....

.....

.....



11. Se añadieron $50,00 \text{ cm}^3$ de hidróxido de sodio $0,75 \text{ mol dm}^{-3}$ en porciones de $1,00 \text{ cm}^3$ a $22,50 \text{ cm}^3$ de ácido cloroetanoico $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$.

(a) Calcule el pH inicial, antes de cualquier añadido de hidróxido de sodio, usando la sección 21 del cuadernillo de datos. [2]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(b) La concentración del exceso de hidróxido de sodio era $0,362 \text{ mol dm}^{-3}$. Calcule el pH de la solución al final del experimento. [1]

.....

.....

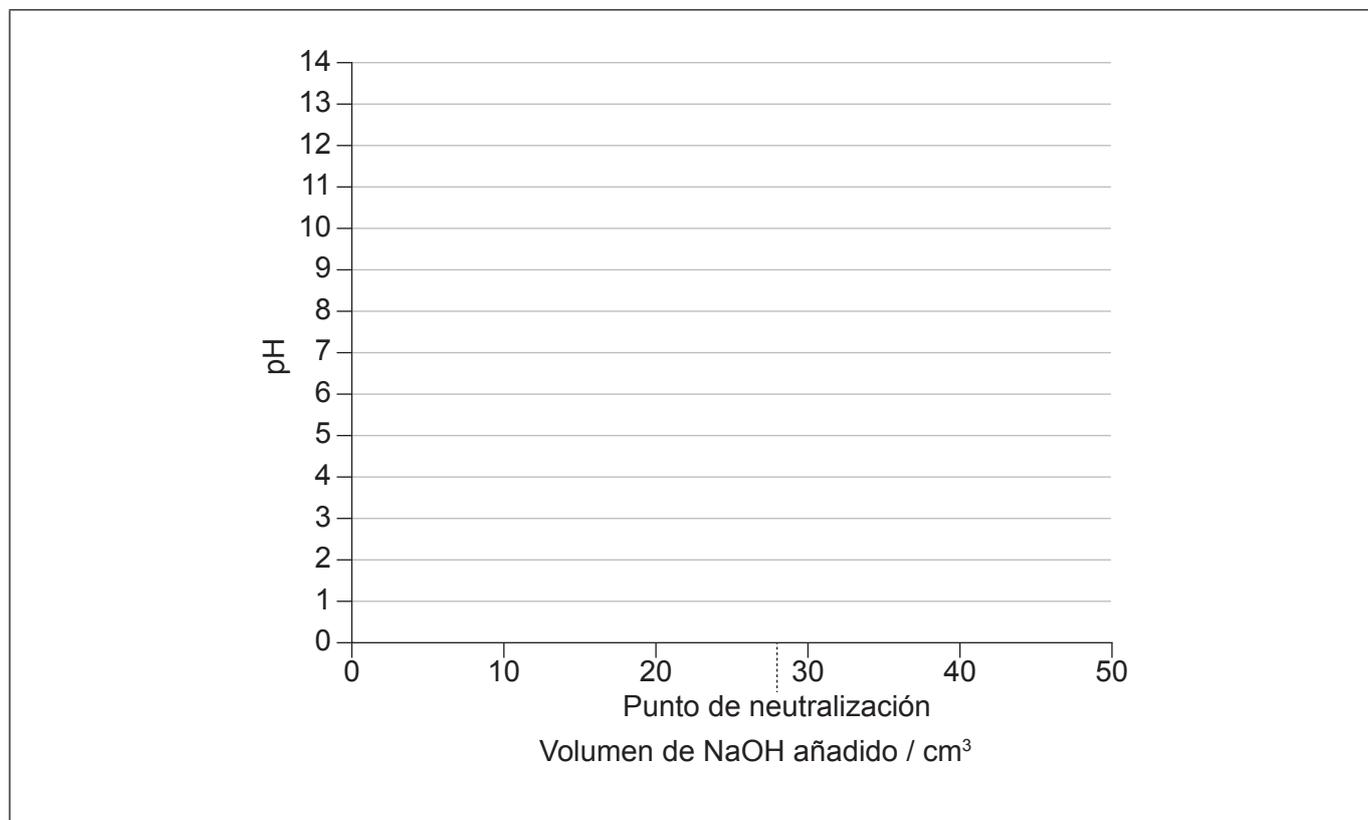
(Esta pregunta continúa en la página siguiente)



(Pregunta 11: continuación)

- (c) Dibuje aproximadamente la curva de neutralización obtenida y rotule el punto de equivalencia.

[3]



Fuentes:

1. (c) NIST Mass Spectrometry Data Center Collection © 2021 copyright by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America [derechos de autor del Secretario de Comercio de los Estados Unidos en nombre de los Estados Unidos de América]. Todos los derechos reservados. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C71238&Units=SI&Type=IRSPEC&Index=3#IR-SPEC> [consultado el 6 de mayo de 2020]. Fuente adaptada.

NIST Mass Spectrometry Data Center Collection © 2021 copyright by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America [derechos de autor del Secretario de Comercio de los Estados Unidos en nombre de los Estados Unidos de América]. Todos los derechos reservados. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C79094&Units=SI&Mask=80#IR-Spec> [consultado el 6 de mayo de 2020]. Fuente adaptada.

NIST Mass Spectrometry Data Center Collection © 2021 copyright by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America [derechos de autor del Secretario de Comercio de los Estados Unidos en nombre de los Estados Unidos de América]. Todos los derechos reservados. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=propanal&Units=SI&IR=on&cTZ=on#IRSpec> [consultado el 6 de mayo de 2020]. Fuente adaptada.
3. (c) (ii) Chemistry 2e, Chpt. 21 Nuclear Chemistry, Appendix G: Standard Thermodynamic Properties for Selected Substances https://openstax.org/books/chemistry-2e/pages/g-standard-thermodynamic-properties-for-selected-substances#page_667adccf-f900-4d86-a13d-409c014086ea © 1999-2021, Rice University. Salvo que se indique lo contrario, los libros de texto de este sitio están autorizados conforme a la licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>.
9. Figura de PPLATO / FLAP (*Flexible Learning Approach To Physics*), http://www.met.reading.ac.uk/pplato2/h-flap/phys8_1.html#top 1996 The Open University y The University of Reading.

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

