

PROBLEMAS IB. PRUEBA 2. QUÍMICA ORGÁNICA

MAY.2022

4. El carbono forma muchos compuestos.

(a) El C₆₀ y el diamante son alótropos del carbono.

(i) Resuma una diferencia entre el enlace entre los átomos de carbono en el C₆₀ y el diamante. [1]

C₆₀ fullerene: «each carbon is» bonded to 3 C AND diamond: bonded to 4 C

OR

C₆₀ fullerene: delocalized/resonance AND diamond: not delocalized/no resonance

OR

C₆₀ fullerene: single and double bonds AND diamond: single bonds ✓

Accept "C₆₀ fullerene: sp² AND diamond: sp³".

Accept "C₆₀ fullerene: trigonal planar geometry / bond angles between 109.5°/109°/108°–120° AND diamond: tetrahedral geometry / bond angle 109.5°/109°".

Accept "bonds in fullerene are shorter/stronger/have higher bond order".

(ii) Explique por qué el C₆₀ y el diamante subliman a diferentes temperaturas y presiones. [2]

diamond giant/network covalent AND sublimes at higher temperature ✓

C₆₀ molecular/London/dispersion/intermolecular «forces» ✓

Accept "diamond has strong covalent bonds AND require more energy to break «than intermolecular forces»" for M1.

- (b) (i) Indique dos características que muestren que el propano y el butano son miembros de la misma serie homóloga. [2]

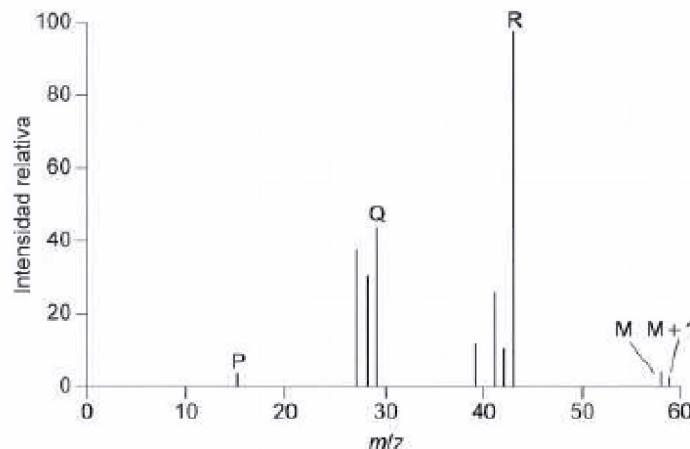
same general formula / C_nH_{2n+2} ✓

Accept "similar chemical properties".

differ by CH₂/common structural unit ✓

Accept "gradation/gradual change in physical properties".

- (ii) Sugiera el fragmento que causa el pico R en el espectro de masas del butano. [1]



...R: ⁺C₃H₇

- (c) Describa un ensayo y el resultado esperado para indicar la presencia de enlaces dobles carbono-carbono.

[2]

ALTERNATIVE 1:

Test:

add bromine «water»/Br₂ (aq) ✓

Result:

«orange/brown/yellow» to colourless/decolourised ✓

ALTERNATIVE 2:

Test:

add «acidified» KMnO₄ ✓

Result:

«purple» to colourless/decolourised/brown ✓

ALTERNATIVE 3:

Test:

add iodine /I₂ ✓

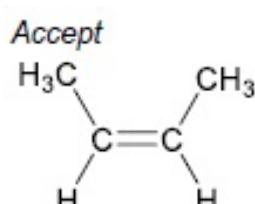
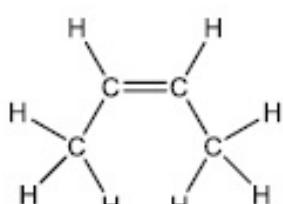
Result:

«brown» to colourless/decolourised ✓

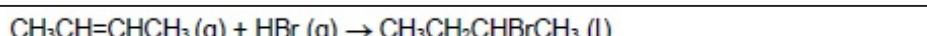
- (d) El 2-buteno reacciona con bromuro de hidrógeno.

- (i) Dibuje la fórmula estructural completa del 2-buteno.

[1]



- (ii) Escriba la ecuación para la reacción entre 2-buteno y bromuro de hidrógeno. [1]



- (iii) Indique el tipo de reacción. [1]

«electrophilic» addition/E_A

- (iv) Sugiera dos diferencias entre la RMN de ¹H del 2-buteno y el producto orgánico de (d)(ii). [2]

ALTERNATIVE 1: Any two of:

but-2-ene: 2 signals *AND* product: 4 signals ✓

but-2-ene: «area ratio» 3:1/6:2 *AND* product: «area ratio» 3:3:2:1 ✓

product: «has signal at» 3.5-4.4 ppm *and* but-2-ene: does not ✓

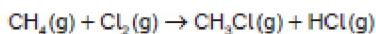
but-2-ene: «has signal at» 4.5-6.0 ppm *and* product: does not ✓

ALTERNATIVE 2:

but-2-ene: doublet *AND* quartet/multiplet/4 ✓

product: doublet *AND* triplet *AND* quintet/5/multiplet *AND* sextet/6/multiplet ✓

(e) El cloro reacciona con metano.



- (i) Calcule la variación de entalpía de la reacción, ΔH , usando la sección 11 del cuadernillo de datos.

[3]

bond breaking: C–H + Cl–Cl / 414 «kJ mol⁻¹» + 242 «kJ mol⁻¹»/656 «kJ»

OR

bond breaking: 4C–H + Cl–Cl / 4 × 414 «kJ mol⁻¹» + 242 «kJ mol⁻¹» / 1898 «kJ» ✓

bond forming: «C–Cl + H–Cl / 324 kJ mol⁻¹ + 431 kJ mol⁻¹» / 755 «kJ»

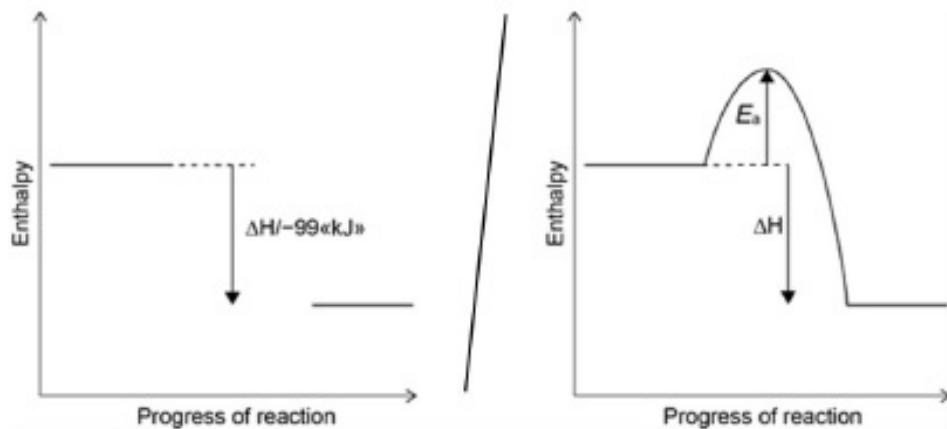
OR

bond forming: «3C–H + C–Cl + H–Cl / 3 × 414 «kJ mol⁻¹» + 324 «kJ mol⁻¹» + 431 kJ mol⁻¹» / 1997 «kJ» ✓

« $\Delta H = \text{bond breaking} - \text{bond forming} = 656 \text{ kJ} - 755 \text{ kJ} = -99 \text{ kJ}$ » ✓

- (ii) Dibuje y rotule un diagrama de niveles de entalpía para esta reacción.

[2]



reactants at higher enthalpy than products ✓

$\Delta H/-99 \text{ «kJ»}$ labelled on arrow from reactants to products

OR

activation energy/ E_a labelled on arrow from reactant to top of energy profile ✓

NOV. 2021

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]

$$\text{«} \frac{8.802 \text{ g}}{44.01 \text{ g mol}^{-1}} \times 12.01 \text{ g mol}^{-1} = \gg 2.402 \text{ «g of C»} \text{ »} \quad \text{«} \frac{3.604 \text{ g}}{18.02 \text{ g mol}^{-1}} = \gg 0.2000 \text{ «mol of H}_2\text{O»} / 0.4000 \text{ «mol of H»}$$

$$\text{«} 4.406 \text{ g} - 2.806 \text{ g} = 1.600 \text{ «g of O»} \checkmark \text{ »}$$

$$\text{«} \frac{2.402 \text{ g}}{12.01 \text{ g mol}^{-1}} = 0.2000 \text{ mol C; } \frac{0.404 \text{ g}}{1.01 \text{ g mol}^{-1}} = 0.400 \text{ mol H; } \text{ »}$$

$$\text{«} \frac{1.600 \text{ g}}{16.00 \text{ g mol}^{-1}} = 0.1000 \text{ mol O»} \text{ »}$$



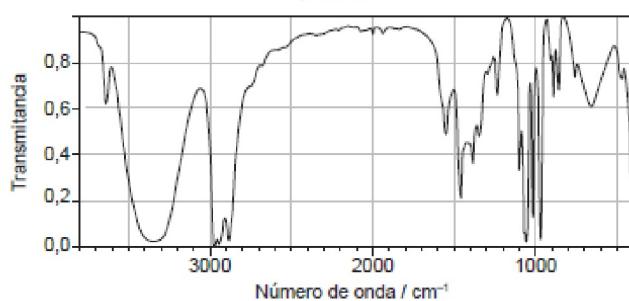
- (b) Determine la fórmula molecular de este compuesto si su masa molar es 88,12 g mol⁻¹. Si no obtuvo respuesta en (a), use CS pero esta no es la respuesta correcta.

[1]

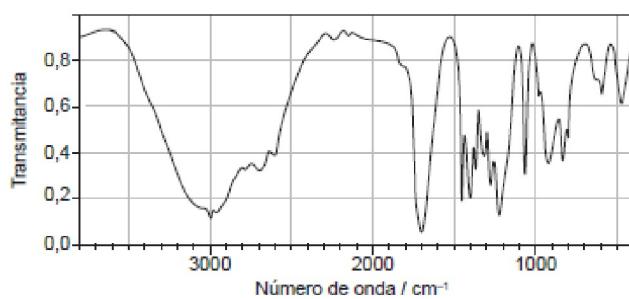
$$\text{«} \frac{88.12 \text{ g mol}^{-1}}{44.06 \text{ g mol}^{-1}} = 2 \gg \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 \checkmark \text{ »}$$

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

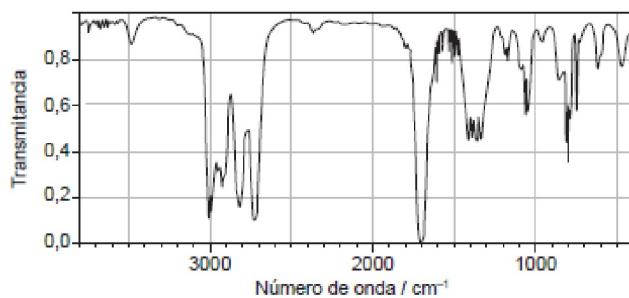
Espectro A



Espectro B



Espectro C



- (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]

Spectrum	Identity	Reason
A	Propan-1-ol	absence of carbonyl/C=O «absorption»/ no peak in $1700 - 1750\text{ cm}^{-1}$ range <i>OR</i> presence of hydroxyl/O-H in <u>alcohols</u> «absorption»/peak in $3200 - 3600\text{ cm}^{-1}$ range ✓
B	Propanoic acid	ALTERNATIVE 1: carbonyl/C=O <i>AND</i> hydroxyl/O-H «in carboxylic acids absorptions» <i>OR</i> «strong» peaks in $2500 - 3000\text{ cm}^{-1}$ <i>AND</i> $1700 - 1750\text{ cm}^{-1}$ ranges ✓ ALTERNATIVE 2: O-H in carboxylic acids «absorption» <i>AND</i> $2500 - 3000\text{ cm}^{-1}$ range ✓ ALTERNATIVE 3: strong/broad «peak» <i>AND</i> $2500 - 3000\text{ cm}^{-1}$ range ✓
C	Propanal	presence of carbonyl/C=O «absorption»/ peak in $1700 - 1750\text{ cm}^{-1}$ range <i>AND</i> absence of hydroxyl/O-H «in carboxylic acids absorption»/ no «broad» peak in $2500 - 3000\text{ cm}^{-1}$ range ✓

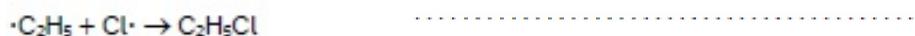
7. Los alkanos sufren combustión y sustitución.

- (a) Determine la entalpía molar de combustión de un alcano si $8,75 \times 10^{-4}$ moles arden, elevando la temperatura de 20,0 g de agua en 57,3 °C. [2]

... « $q = mc\Delta T = 20.0 \text{ g} \times 4.18 \text{ J g}^{-1} \text{ C}^{-1} \times 57.3 \text{ }^{\circ}\text{C} = \gg 4790 \text{ J} \gg$ ✓

... « $\Delta H_c = -\frac{4790 \text{ J}}{8.75 \times 10^{-4} \text{ mol}} = \gg -5470 \text{ kJ mol}^{-1} \gg$ ✓

- (b) Formule ecuaciones para las dos etapas de propagación y una etapa de terminación en la formación de cloroetano a partir de etano. [3]



OR



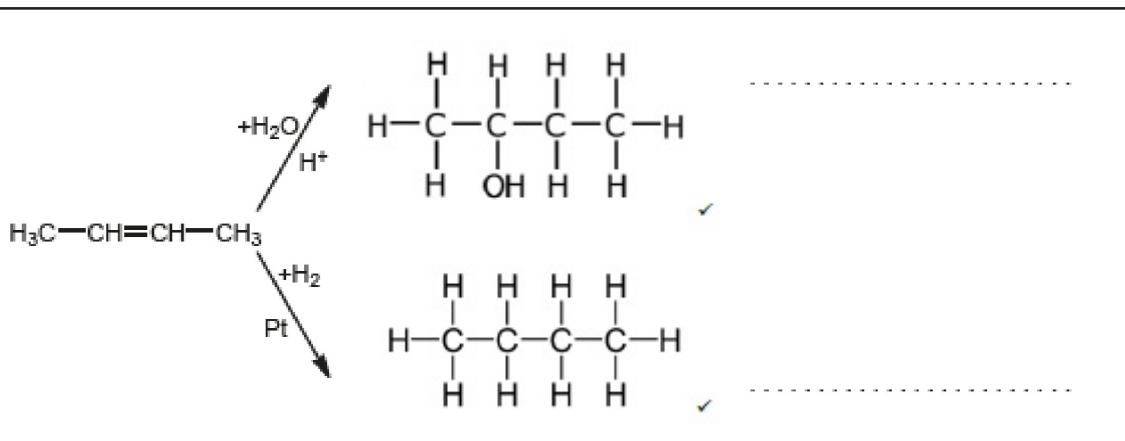
OR



MAY. 2021

4. La química orgánica se puede usar para sintetizar una variedad de productos.

- (a) A partir del 2-buteno se pueden sintetizar varios compuestos. Dibuje la estructura del producto final de cada una de las siguientes reacciones químicas. [2]



- (b) Determine la variación de entalpía, ΔH , para la combustión del 2-buteno, usando la sección 11 del cuadernillo de datos. [3]



Enlaces rotos:

$$2(\text{C}-\text{C}) + 1(\text{C}=\text{C}) + 8(\text{C}-\text{H}) + 6\text{O}=\text{O} / 2(346) + 1(614) + 8(414) + 6(498) / 7606 \text{ «kJ»} \checkmark$$

Enlaces formados:

$$8(\text{C}=\text{O}) + 8(\text{O}-\text{H}) / 8(804) + 8(463) / 10\,136 \quad \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{HCOOCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \checkmark$$

Variación de entalpía:

$$\text{«Enlaces rotos - Enlaces formados = } 7606 \text{ kJ} - 10\,136 \text{ kJ = »} -2530 \text{ «kJ»} \checkmark$$

- (c) Escriba la ecuación y nombre el producto orgánico de la reacción entre etanol y ácido metanoico. [2]



Nombre del producto:

metanoato de etilo

- (d) La oxidación del etanol con dicromato de potasio, $K_2Cr_2O_7$, puede formar dos productos orgánicos diferentes. Determine los nombres de los productos orgánicos y los métodos usados para aislarlos.

[2]

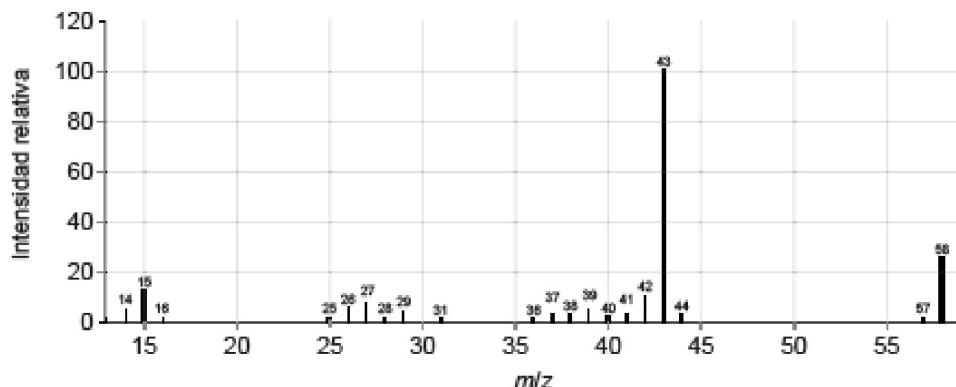
etanal ✓

ácido etanoico ✓

- (e) El análisis por combustión de un compuesto orgánico desconocido indicó que solo contenía carbono, hidrógeno y oxígeno.

- (i) Deduzca dos características de esta molécula que se pueden obtener del espectro de masas. Use la sección 28 del cuadernillo de datos.

[2]



m/z 58:

masa/peso molecular «relativo»/molar/ M_r «es $58\text{ g mol}^{-1}/58$ » ✓

m/z 43:

«pérdida de» «fragmento» metilo/CH₃

O

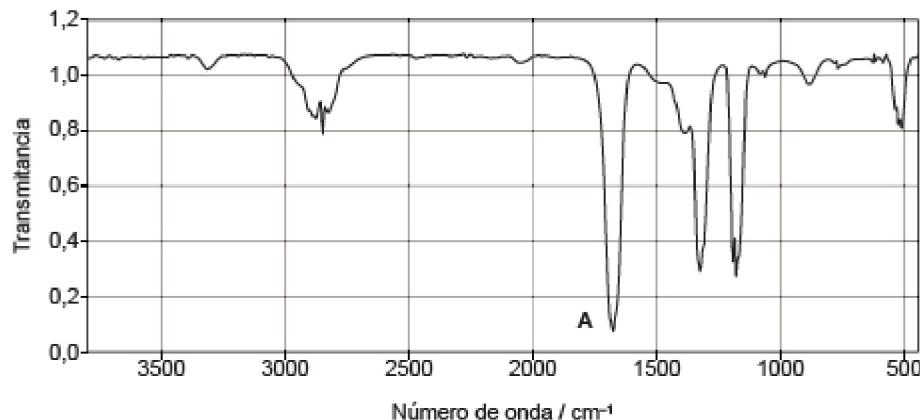
COCH₃⁺ «fragmento» ✓

No penalice la falta de la carga en los fragmentos.

Acepte «pico» ion molecular/
CH₃COCH₃⁺/C₃H₆O⁺

Acepte cualquier fragmento C₂H₃O⁺/
CH₃CH₂CH₂⁺/C₃H₇⁺

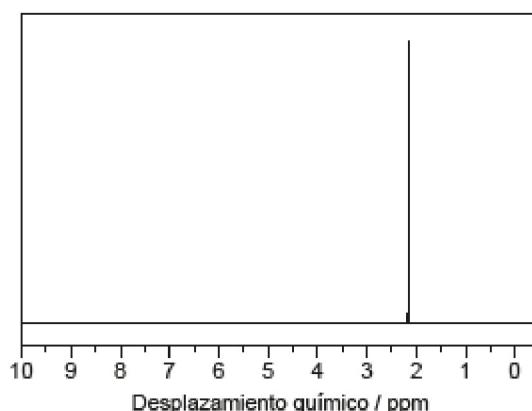
- (ii) Identifique el enlace responsable de la absorción a A en el espectro infrarrojo.
Use la sección 26 del cuadernillo de datos. [1]



C=O

- (iii) Deduzca la identidad del compuesto desconocido usando la información previa, el espectro de RMN de ^1H y la sección 27 del cuadernillo de datos. [2]

Espectro de RMN de ^1H



Información deducida de la RMN de ^1H :
«una señal indica» un ambiente de hidrógeno/estructura simétrica
O
«desplazamiento químico en 2.2 indica» H en C adyacente al carbonilo ✓
Compuesto:
propanona/ CH_3COCH_3

NOV. 2020

1. El cloro sufre muchas reacciones.

- (d) (i) Indique el tipo de reacción que se produce cuando el etano reacciona con cloro para producir cloroetano. [1]

..... «free radical» substitution/ S_R

- (ii) Prediga, dando una razón, cuál es más reactivo el etano o el cloroetano. [1]

chloroethane AND C–Cl bond is weaker/324 kJ mol⁻¹ than C–H bond/414 kJ mol⁻¹

OR

chloroethane AND contains a polar bond ✓

- (iii) Escriba la ecuación para la reacción de cloroetano con una solución acuosa diluida de hidróxido de sodio. [1]



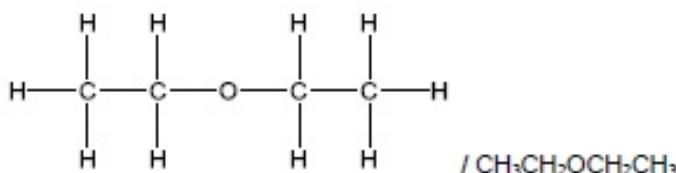
OR



- (iv) Deduzca el nucleófilo para la reacción de d(iii). [1]

..... hydroxide «ion»/ OH^- ✓

- (v) El etoxietano (dietil éter) se puede usar como disolvente para esta conversión.
Dibuje la fórmula estructural del etoxietano. [1]



- (vi) Deduzca el número de señales y sus desplazamientos químicos en el espectro de RMN de ^1H del etoxietano. Use la sección 27 del cuadernillo de datos. [2]

..... 2 «signals» ✓

..... 0.9–1.0 «ppm» AND 3.3–3.7 «ppm» ✓

- (e) El CCl_2F_2 es un clorofluorocarbono habitual, CFC.
- (i) Calcule el porcentaje en masa de cloro en el CCl_2F_2 . [2]

$M(\text{CCl}_2\text{F}_2) = 120.91 \text{ g mol}^{-1}$ ✓

$$\frac{2 \times 35.45 \text{ g mol}^{-1}}{120.91 \text{ g mol}^{-1}} \times 100\% = 58.64\%$$
 ✓

- (ii) Comente cómo ha contribuido la cooperación internacional a la reducción de las emisiones de CFC responsables de la disminución de la capa de ozono. [1]

Any of:
research «collaboration» for alternative technologies «to replace CFCs»
OR
technologies «developed»/data could be shared
OR
political pressure/Montreal Protocol/governments passing legislations ✓

2. El compuesto A está en equilibrio con el compuesto B.



- (a) Prediga la geometría del dominio electrónico y la geometría molecular alrededor del átomo de oxígeno de la molécula A usando la TRPEV. [2]

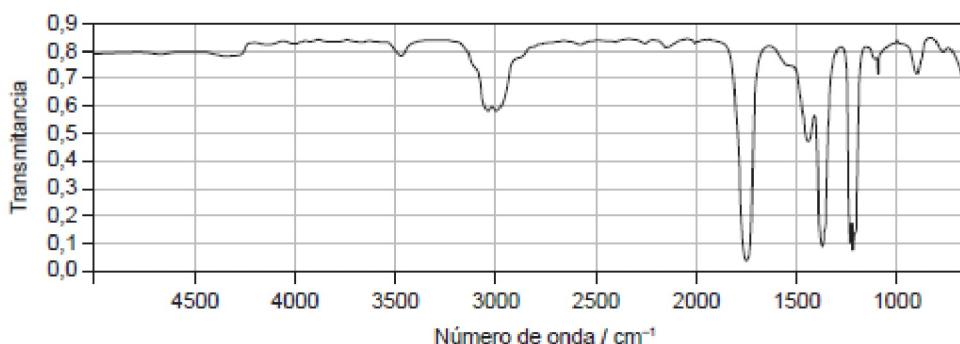
Geometría del dominio electrónico:

Electron domain geometry: tetrahedral ✓

Geometría molecular:

Molecular geometry: bent/V-shaped ✓

- (b) El espectro IR de uno de los compuestos se muestra a continuación:

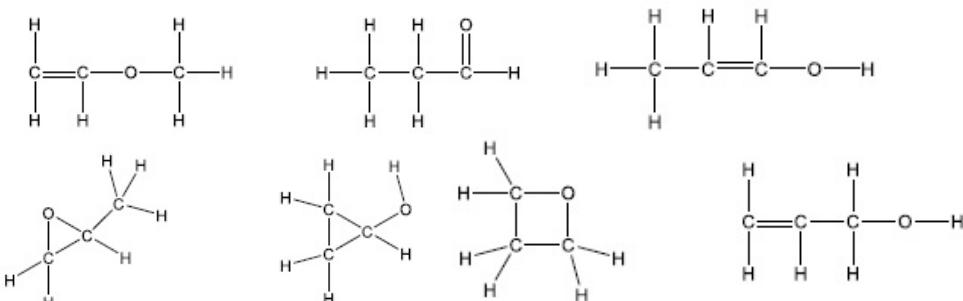


Deduzca, dando una razón, qué compuesto produce este espectro. [1]

B AND C=O absorption/1750 cm^{-1}
OR
B AND absence of O-H /3200–3600 cm^{-1} absorption ✓

- (c) Los compuestos A y B son isómeros. Dibuja otros dos isómeros estructurales de fórmula C_3H_6O . [2]

Accept any two C_3H_6O isomers except for propanone and propen-2-ol:

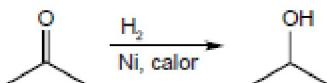


- (d) La constante de equilibrio, K_c , para la conversión de A en B es $1,0 \times 10^8$ en agua a 298K.

Deduzca, dando una razón, qué compuesto, A o B, está presente en mayor concentración cuando se alcanza el equilibrio. [1]

B AND K_c is greater than 1/large ✓

4. El níquel cataliza la conversión de propanona en 2-propanol.



- (a) Resuma cómo un catalizador aumenta la velocidad de reacción. [1]

provides an alternative pathway/mechanism AND lower E_a ✓

- (b) Explique por qué un aumento de temperatura aumenta la velocidad de reacción. [2]

more/greater proportion of molecules with $E \geq E_a$ ✓

greater frequency/probability/chance of collisions «between the molecules»

OR

more collision per unit of time/second ✓

- (c) Discuta, haciendo referencia a las fuerzas intermoleculares presentes, la volatilidad relativa de la propanona y el 2-propanol. [3]

hydrogen bonding/bonds «and dipole–dipole and London/dispersion forces are present in» propan-2-ol ✓

dipole–dipole «and London/dispersion are present in» propanone ✓

propan-2-ol less volatile AND hydrogen bonding/bonds stronger «than dipole–dipole »

OR

propan-2-ol less volatile AND «sum of all» intermolecular forces stronger ✓

NOV. 2019

3. A continuación se muestran algunos compuestos que se pueden obtener a partir del eteno, C_2H_4 .



- (a) Indique el tipo de reacción que convierte al eteno en C_2H_5Cl . [1]

..... adición «electrófila»

- (b) Escriba una ecuación para la reacción del C_2H_5Cl con hidróxido de sodio acuoso para producir un compuesto C_2H_6O , mostrando fórmulas estructurales. [1]



O



- (c) (i) Escriba una ecuación para la combustión completa del producto orgánico de (b). [1]



O



- (ii) Determine la entalpía de combustión del producto orgánico de (b), en kJ mol^{-1} , usando los datos de la sección 11 del cuadernillo de datos.

[3]

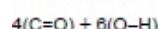
Enlaces rotos:



O

$$5(414\text{ kJ mol}^{-1}) + 346\text{ kJ mol}^{-1} + 358\text{ kJ mol}^{-1} + 463\text{ kJ mol}^{-1} + 3(498\text{ kJ mol}^{-1}) / 4(804\text{ kJ mol}^{-1}) + 6(463\text{ kJ mol}^{-1}) / 5994\text{ kJ} \checkmark \\ \text{mol}^{-1}) / 4731\text{ kJ} \checkmark$$

Enlaces formados:



O

- « $\Delta H = \text{enlaces rotos} - \text{enlaces formados} = 4731 - 5994 = -1263\text{ kJ mol}^{-1}$ ✓ ...

- (d) (i) Indique los reactivos y condiciones para la conversión del compuesto C_2H_6O , producido en (b), en C_2H_4O . [2]



O



destilar ✓

- (ii) Explique por qué el compuesto C_2H_6O , producido en (b), tiene mayor punto de ebullición que el compuesto C_2H_4O , producido en d(i).

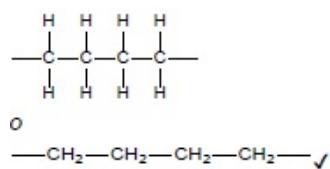
[2]

C_2H_6O/etanol : enlace de hidrógeno Y C_2H_4O/etanal : no forma enlace de hidrógeno/«solo» fuerzas dipolo-dipolo ✓

el enlace de hidrógeno es más fuerte «que el dipolo-dipolo» ✓

- (e) El eteno se polimeriza con frecuencia. Dibuje una sección del polímero resultante mostrando dos unidades que se repiten.

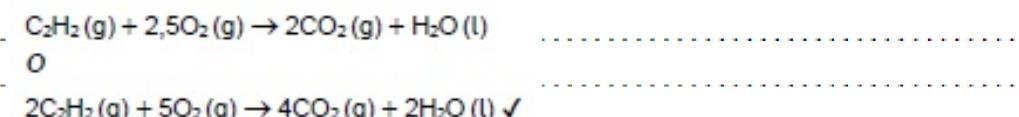
[1]



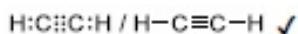
MAY-2019

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]

..... «etino» más corto Y mayor número de electrones compartidos/enlazados

..... O

..... «etino» más corto Y enlace más fuerte ✓

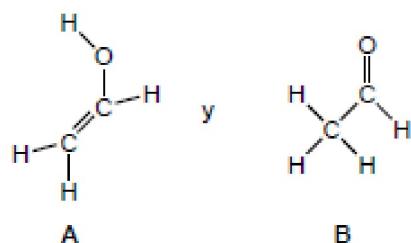
- (iii) Identifique el tipo de interacción que se debe vencer cuando el etino líquido se vaporiza. [1]

..... Fuerzas de London/dispersión/dipolo instantáneo-dipolo inducido ✓

(c) El etino reacciona con vapor.



Dos productos posibles son:



- (i) El producto A contiene un enlace doble carbono–carbono. Indique el tipo de reacciones que es probable que sufran los compuestos que contienen este enlace. [1]

..... adición «electrofílica»/A_{ce}✓

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

..... etanal ✓

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

«suma de las entalpias de enlace de los reactivos => 2(C–H) + C≡C + 2(O–H)

O

$$2 \times 414 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»} + 839 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»} + 2 \times 463 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»}$$

O

$$2593 \text{ «kJ»} \checkmark$$

«suma de las entalpias de enlace de A => 3(C–H) + C=C + C–O + O–H

O

$$3 \times 414 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»} + 614 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»} + 358 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»} + 463 \text{ «kJ mol}^{-1}\text{»}$$

O

$$2677 \text{ «kJ»} \checkmark$$

..... «entalpía de reacción = 2593 kJ – 2677 kJ» = -84 «kJ» ✓

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

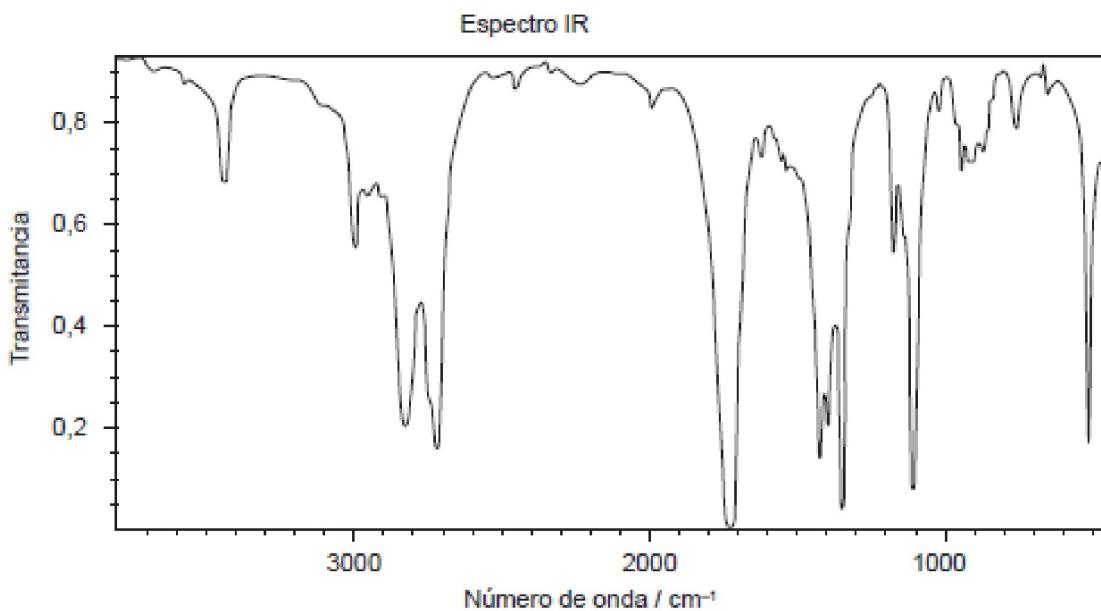
Prediga, dando una razón, qué producto es el más estable. [1]

B Y tiene entalpía de reacción/energía «potencial» más negativa/más baja

O

B Y «entalpía de reacción desde el mismo punto de partida» más exotérmica ✓

- (v) Se muestra el espectro IR y el espectro RMN de ^1H de baja resolución del producto real formado.



[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.]



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:

B

Una evidencia proveniente del espectro IR:

Espectro IR:

«banda a» 1700–1750 « cm^{-1} » Y presencia del grupo carbonilo/CO

O

no «hay banda a» 1620–1680 « cm^{-1} » Y ausencia del doble enlace /C=C

O

no «hay banda amplia a» 3200–3600 « cm^{-1} » Y ausencia del grupo hidroxilo/OH✓

Una evidencia proveniente de la RMN de ^1H :

«solo» dos señales Y A tendría tres

O

«la señal a» 9,4–10,0 «ppm» Y presencia de «átomo de H/protón» del grupo aldehído /-CHO

O

«la señal a» 2,2–2,7 «ppm» Y presencia de «átomo de H/protón de grupo alquilo /CH vecino al » grupo aldehído /CHO

O

«la señal a» 2,2–2,7 «ppm» Y presencia de «átomo de H/protón» de RCOCH_2

O

no «hay señal a» 4,5–6,0 «ppm» Y ausencia de «átomo de H/protón vecino al » doble enlace /C=C✓

- (d) El producto B, CH_3CHO , 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:

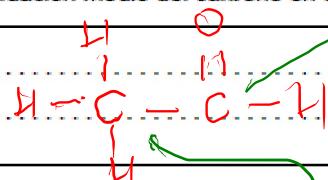
medio ácido/ H^+ Y dicromato «de potasio» «(VI)»/ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ✓
.....

Condiciones:

destilar «el producto antes de mayor oxidación» ✓
.....

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

..... -1



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

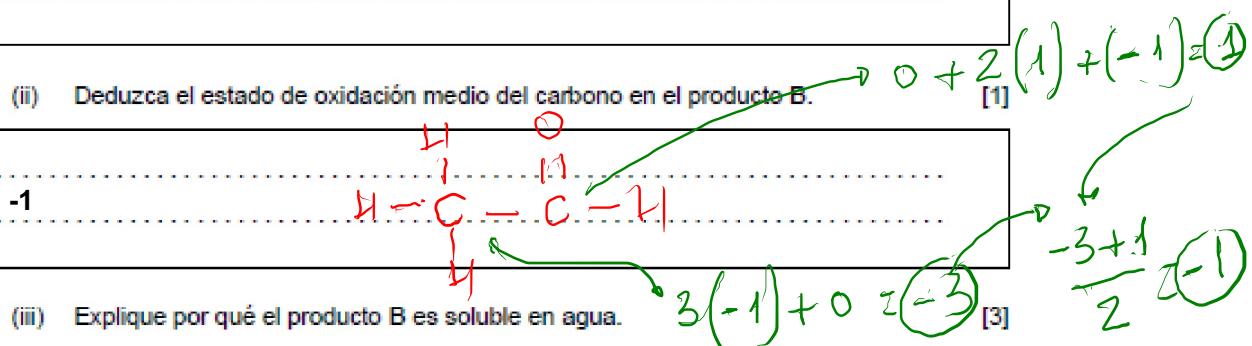
Tres de:

tiene un átomo de oxígeno/O con un par solitario ✓

que puede formar enlaces puente de hidrógeno «con las moléculas de agua » ✓

la cadena hidrocarbonada es corta «por eso no interfiere con tantos enlaces puente de H entre las moléculas de agua » ✓

«gran» interacción dipolo-dipolo «permanente» con el agua ✓



NOV-2018

2. El 2-propanol es un disolvente orgánico útil.

(a) Dibuje la fórmula estructural del 2-propanol.

[1]



(b) Calcule el número de átomos de hidrógeno en 1,00 g de 2-propanol.

[2]

$$\begin{aligned} \frac{1,00 \text{ g}}{(12,01 \times 3 + 1,01 \times 8 + 16,00) \text{ g mol}^{-1}} &= \Rightarrow 0,0166 \text{ «mol CH}_3\text{CH(OH)CH}_3» \checkmark \\ «0,0166 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas mol}^{-1} \times 8 \text{ átomos molécula}^{-1} = » 8,01 \times 10^{22} \\ \text{«átomos de hidrógeno»} \checkmark \end{aligned}$$

(c) Clasifique el 2-propanol como alcohol primario, secundario o terciario, dando una razón. [1]

- secundario Y OH/hidroxilo está unido a un átomo de carbono unido a un hidrógeno
O
secundario Y OH/hidroxilo está unido a un átomo de carbono unido a dos C/«grupos» R/Alquilo/CH₃ ✓

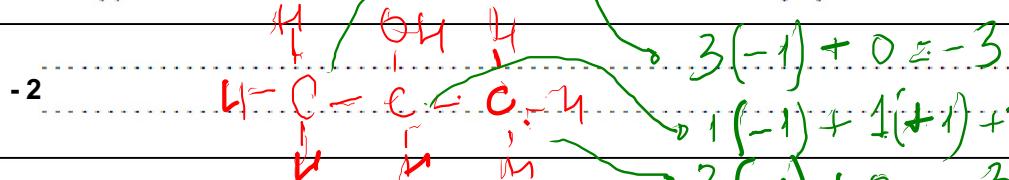
(d) (i) Indique un agente oxidante adecuado para la oxidación del 2-propanol en una solución acuosa ácida.

[1]

- «potasio/sodio» manganato(VII)/permanganato/KMnO₄/NaMnO₄/MnO₄⁻
O
dicromato(VI) «de potasio/sodio»/K₂Cr₂O₇/Na₂Cr₂O₇/Cr₂O₇²⁻ ✓

(ii) Deduzca el estado de oxidación medio del carbono en el 2-propanol.

[1]



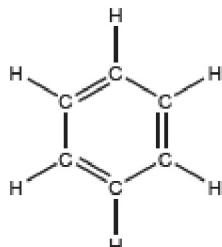
(iii) Deduzca el producto de la oxidación del 2-propanol con el agente oxidante de (d)(i). [1]

propanona/2-propanona/CH₃COCH₃ ✓

MAY-2018

7. La estructura de una molécula orgánica puede ayudar a predecir el tipo de reacción que puede sufrir.

- (a) La estructura de Kekulé del benceno sugiere que podría sufrir fácilmente reacciones de adición.



Discuta dos evidencias, una física y una química, que sugieran que esta no es la estructura del benceno.

[2]

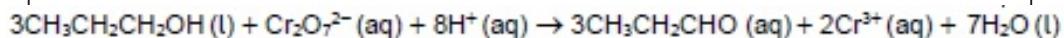
Evidencia física:

- «longitud/fuerzas de» enlaces C–C iguales ... hexágono regular
«todos» los enlaces C–C son de orden de enlace 1,5
«todos» C–C son intermedios entre enlace simple y doble ✓

Evidencia química: sufre reacción de sustitución «no de adición» no decolora/reacciona con el agua de bromo forma solo un isómero 1,2-disustituido «la presencia de enlaces dobles alternados ... originaria dos isómeros» es más estable de lo que se espera «en comparación con la molécula hipotética 1,3,5-ciclohexatrieno»

- (b) (i) Formule la ecuación iónica para la oxidación del 1-propanol al correspondiente aldehído por los iones dicromato(VI) en medio ácido. Use la sección 24 del cuadernillo de datos.

[2]



- reactivos y productos correctos ✓
· ecuación ajustada ✓

- (ii) El aldehído puede sufrir mayor oxidación a ácido carboxílico.

Resuma cómo se diferencian los procedimientos experimentales para la síntesis del aldehído y del ácido carboxílico.

[2]

Aldehido:

por destilación «eliminado de la mezcla de reacción tan pronto como se forma» ✓

Ácido carboxílico:

«calentar la mezcla a» refluo «para alcanzar la oxidación completa a –COOH» ✓

- (c) La mejora de los instrumentos ha hecho que la identificación de compuestos orgánicos sea rutinaria.

Se determinó que la fórmula empírica de un compuesto desconocido que contiene un grupo fenilo es C_4H_4O . El pico ion molecular de su espectro de masas aparece a $m/z = 136$.

- (i) Deduzca la fórmula molecular del compuesto.

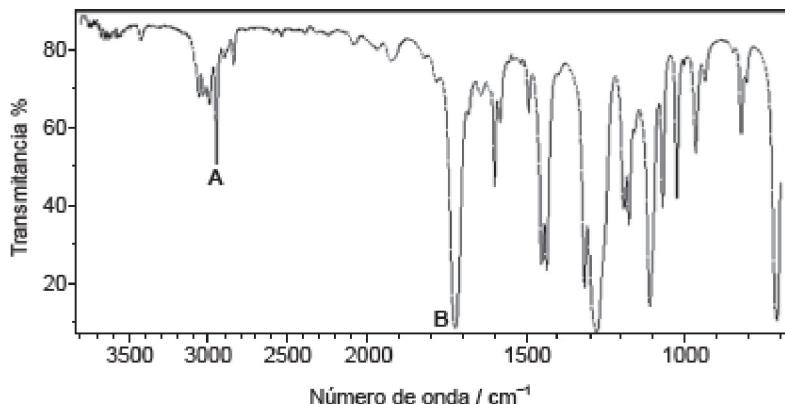
[1]

$$\text{«} \frac{136}{48 + 4 + 16} = 2 \text{»}$$

$C_8H_8O_2 \checkmark$

- (ii) Identifique los enlaces que causan los picos A y B en el espectro IR del compuesto desconocido, usando la sección 26 del cuadernillo de datos.

[1]



[Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO), http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa/img/851.gif. Reproducido con autorización.]

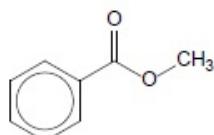
A: C–H «en los alkanos, alquenos, arenos»

B: C=O «en los aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y ésteres»

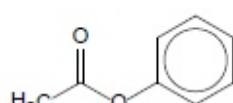
- (iii) Deduzca las fórmulas estructurales completas de dos posibles isómeros del compuesto desconocido, teniendo en cuenta que ambos son ésteres.

[2]

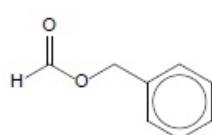
Dos cualesquier de:



O $C_6H_5COOCH_3$ ✓

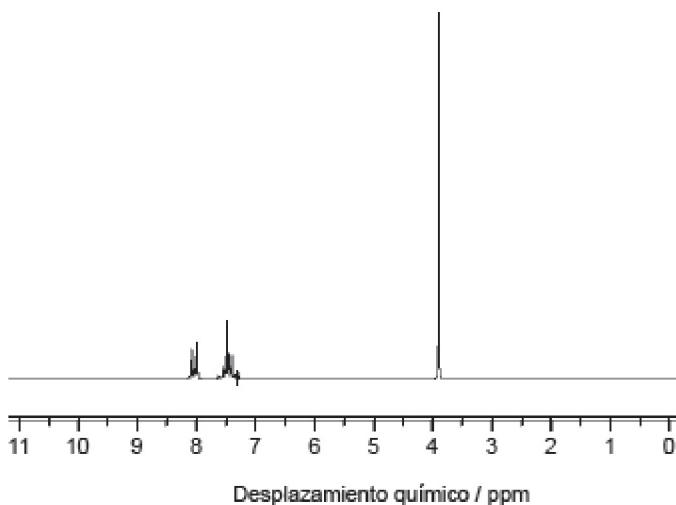


O $CH_3COOC_6H_5$ ✓



O $HCOOCH_2C_6H_5$ ✓

- (iv) Deducza la fórmula del compuesto desconocido, basándose en su espectro de RMN de ^1H , usando la sección 27 del cuadernillo de datos. [1]



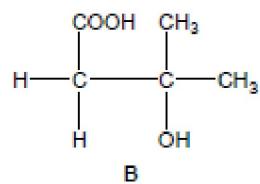
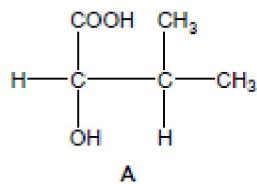
[Fuente: SDBS, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.]

$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$ «señal a 4 ppm (rango 3,7–4,8 en la tabla de datos) debido al grupo alquilo sobre el éster» ✓

NOV-2017

6. La reactividad de los compuestos orgánicos depende de la naturaleza y posición de sus grupos funcionales.

- (a) A continuación se dan las fórmulas estructurales de dos compuestos orgánicos.



- (i) Deduzca el tipo de reacción química y los reactivos que se usan para diferenciar estos compuestos. [1]

..... oxidación/redox Y dicromato(VI) «de potasio» acidificado
O
..... oxidación/redox Y manganato(VII) «de potasio acidificado» ✓

- (ii) Indique qué observación se espera en cada reacción. Justifique su respuesta. [2]

ALTERNATIVA 1 con $K_2Cr_2O_7$:

Compuesto A: de naranja a verde Y hidroxilo secundario

O

Compuesto A: de naranja a verde Y el grupo hidroxilo secundario es oxidado «por los iones cromo(VI)» ✓

Compuesto B: no hay cambio Y el grupo hidroxilo terciario «no es oxidado por los iones cromo(VI)» ✓

ALTERNATIVA 2 con $KMnO_4$:

Compuesto A: de púrpura a incoloro Y grupo hidroxilo secundario

O

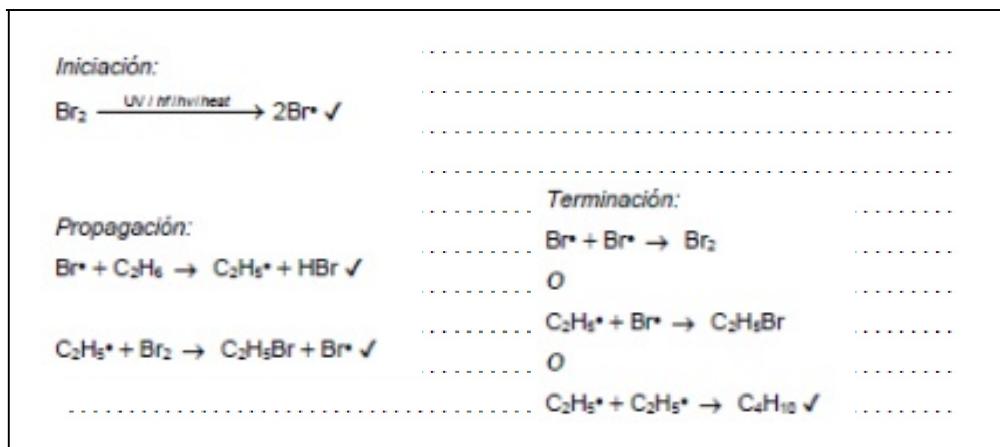
Compuesto A: de púrpura a incoloro Y el grupo hidroxilo secundario es oxidado «por los iones manganoso(VII)» ✓

Compuesto B: no hay cambio Y el grupo hidroxilo terciario «no es oxidado por los iones manganoso(VII)» ✓

- (iii) Deduzca el número de señales y la relación de áreas debajo de las señales en los espectros de RMN de ^1H de los dos compuestos. [4]

Compuesto	Número de señales	Relación de áreas
A	5 ✓	6:1:1:1:1 ✓
B	4 ✓	6:1:1:2 ✓

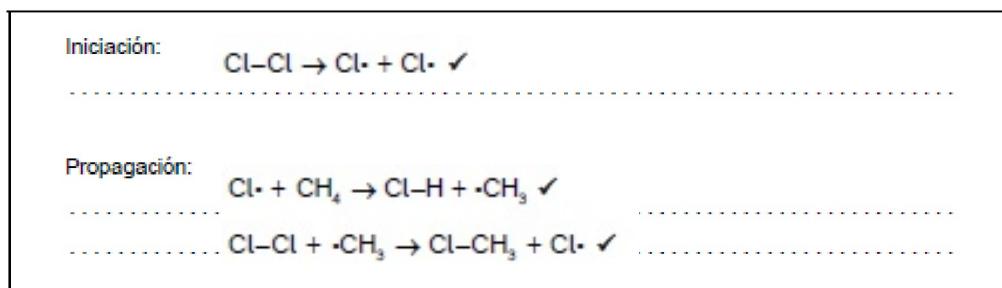
- (b) Explique, con ayuda de ecuaciones, el mecanismo de la reacción de sustitución por radicales libres del etano con bromo en presencia de luz solar. [4]



MAY-2017

6. La cloración fotoquímica del metano puede producirse a baja temperatura.

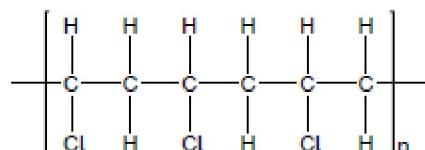
- (a) Use ecuaciones relevantes para mostrar las etapas de iniciación y propagación para esta reacción. [3]



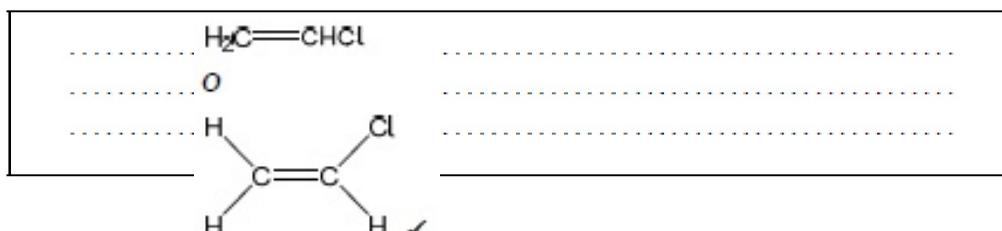
- (b) Se añadió bromo a hexano, 1-hexeno y benceno. Identifique qué compuesto(s) reaccionará(n) con bromo en un laboratorio bien iluminado. [1]

hexano Y 1-hexeno \checkmark

- (c) El policloruro de vinilo (PVC) es un polímero que tiene la siguiente estructura.



Indique la fórmula estructural del monómero del PVC. [1]



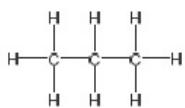
NOV-2016

5. El propano y el propeno son miembros de diferentes series homólogas.

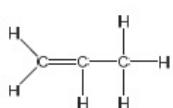
- (a) Dibuja las fórmulas estructurales completas del propano y el propeno.

[1]

Propano:



Propeno:



- (b) Tanto el propano como el propeno reaccionan con bromo.

- (i) Indique una ecuación y la condición requerida para la reacción de 1 mol de propano con 1 mol de bromo.

[2]

..... $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{Br} + \text{HBr}$ ✓
..... luz «solar»/UV/hv
..... O
..... calor/elevada temperatura ✓

- (ii) Indique una ecuación para la reacción de 1 mol de propeno con 1 mol de bromo.

[1]

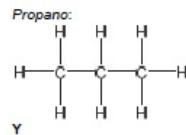
..... $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{Br}_2$ ✓

- (iii) Indique el tipo de cada reacción con bromo.

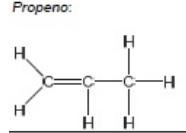
[1]

Propano: sustitución «por radicales libres» / S_{R} ✓
Y

Propeno: adición «electrófila» / A_E ✓



Y



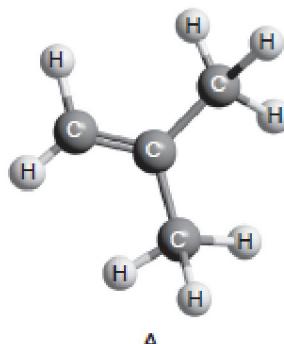
$\text{C}_3\text{H}_8 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_7\text{Br} + \text{HBr}$ ✓
luz «solar»/UV/hv
O
calor/elevada temperatura ✓

$\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_5\text{Br}_2$ ✓

Propano: sustitución «por radicales libres» / S_{R}
Y
Propeno: adición «electrófila» / A_E ✓

MAY-2016

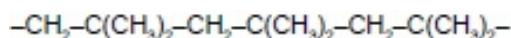
4. Los alquenos se usan ampliamente para la producción de polímeros. El compuesto A, que se muestra abajo, se usa para la fabricación de goma sintética.



- (a) (i) Indique el nombre del compuesto A, aplicando las reglas de la IUPAC. [1]

..... metilpropeno ✓

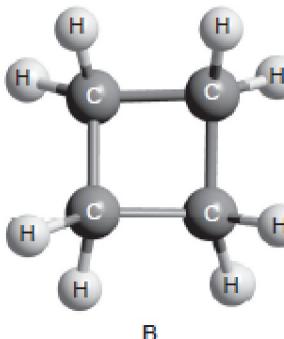
- (ii) Dibuje una sección del polímero que se puede formar a partir del compuesto A en la que se muestren tres unidades que se repitan. [1]



- (iii) El compuesto A es inflamable. Formule la ecuación para su combustión completa. [1]

..... $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

- (b) El compuesto B está relacionado con el compuesto A.



- (i) Indique el término que se utiliza para describir moléculas que están relacionadas entre sí de la misma forma que el compuesto A y el compuesto B. [1]

..... isómero•es• c•estructural•es•/de grupo funcional•✓

- (ii) Sugiera un ensayo químico para distinguir entre el compuesto A y el compuesto B, dando la observación esperada para cada uno. [2]

Ensayo:

- creacciona con bromo/Br₂ en la oscuridad
O
creacciona con agua de bromo/Br₂ (aq) en la oscuridad ✓

Observación con A:

Observación con B:

A: de amarillo/anaranjado/marrón a incoloro Y B: el color se mantiene/se decolora lentamente ✓

- (iii) Los métodos espectroscópicos también se podrían usar para distinguir entre los compuestos A y B.

Prediga una diferencia en el espectro IR y una diferencia en el espectro de RMN de ¹H de estos compuestos, usando las secciones 26 y 27 del cuadernillo de datos. [2]

Espectro IR:

A absorbería a 1620–1680 cm⁻¹ Y B no lo haría ✓

A tendría 2 señales Y B tendría 1 señal
O

Espectro de NMR de ¹H: A presentaría una señal a 4,5–6,0 ppm Y B no la tendría

O
A presentaría una señal a 0,9–1,0 ppm Y B no la tendría

O
B presentaría una señal a 1,3–1,4 ppm YA no la tendría ✓

- (c) Se preparó una muestra del compuesto A en la que el ¹²C del grupo CH₂ se reemplazó por ¹³C.

- (i) Indique la diferencia principal entre el espectro de masas de esta muestra y el del compuesto normal A. [1]

ción molecular pico a $\text{m/z} \Rightarrow 57$, $\text{no } 56$ ✓

O
ción molecular pico a una unidad m/z más alta

O
no tendrá un pico «grande» a 56 ✓

- (ii) Indique la estructura del núcleo y el diagrama orbital del ¹³C en su estado fundamental. [2]

Nº de protones 6 Nº de neutrones 7

Diagrama orbital



(d) Dibuja un orbital atómico 1s y un orbital atómico 2p.

[1]

1s:



2p:

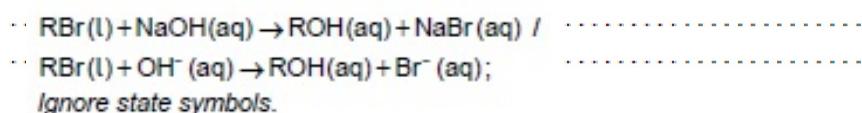


NOV-2015

7. (a) Una muestra de $0,842\text{ g}$ de un haluro de alquilo líquido, RBr(l) , se calentó a reflujo con $1,35 \times 10^{-2}$ mol de hidróxido de sodio acuoso, NaOH(aq) . Después de enfriar la mezcla, se tituló el exceso de NaOH con ácido clorhídrico, HCl(aq) , y fueron necesarios $7,36 \times 10^{-3}$ mol del ácido.

- (i) Indique la ecuación para la reacción de sustitución del haluro de alquilo con hidróxido de sodio.

[1]



- (ii) Calcule la cantidad, en mol, de hidróxido de sodio que reaccionó con el haluro de alquilo.

[1]

$(1.35 \times 10^{-2} - 7.36 \times 10^{-3} =) 6.14 \times 10^{-3} / 6.1 \times 10^{-3} (\text{mol});$
.....

- (iii) Calcule la masa molar del haluro de alquilo.

[1]

(molar mass = $\frac{0.842}{6.14 \times 10^{-3}} =) 137 (\text{g mol}^{-1});$
Accept 138.

- (iv) Dado que cada molécula de haluro de alquilo contiene un átomo de bromo, determine su fórmula molecular.

[1]

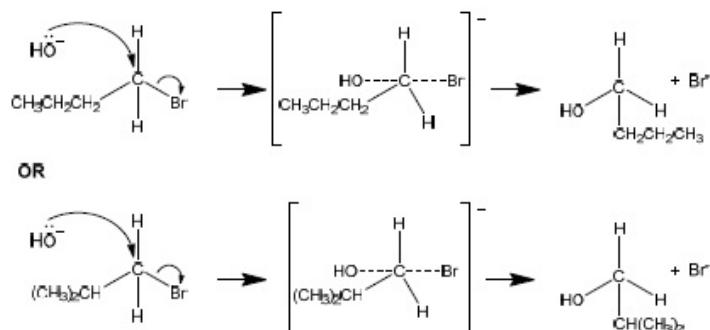
(137 – 80 = 57 which corresponds to C_4H_9 , hence molecular formula) $\text{C}_4\text{H}_9\text{Br};$
Do not accept ECF from 7a(iii) for an impossible molecular formula, such as $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{Br}.$
Accept correct structural formula of one of the isomers as the molecular formula.

- (v) Deduzca las fórmulas estructurales de cuatro isómeros estructurales del haluro de alquilo basándose en la fórmula molecular y rotule cada isómero como primario, secundario o terciario. (Si no ha sido capaz de determinar la fórmula molecular en el apartado (a) (iv), use $C_5H_{11}Br$ para deducir los cuatro isómeros estructurales.) [4]

$CH_3CH_2CH_2CH_2Br$ and primary;
 $(CH_3)_2CHCH_2Br$ and primary;
 $CH_3CHBrCH_2CH_3$ and secondary;
 $(CH_3)_3CBr$ and tertiary;
If primary, secondary or tertiary not stated, award [3] for four correct, [2] for three correct and [1] for two correct structural formulas.
Penalize missing hydrogens once only.
Accept either full or condensed structural formulas.

- (b) La reacción entre un haluro de alquilo primario dibujado en (a) (v) e hidróxido de sodio transcurre por medio de un mecanismo S_N2 .

Explique el mecanismo de la reacción usando flechas curvadas para representar el movimiento de los pares electrónicos. [4]



curly arrow going from lone pair/negative charge on O in HO^- to C;
Do not allow curly arrow originating on H in HO^- but do not penalize OH^- .

curly arrow showing Br leaving;
Accept curly arrow either going from bond between C and Br to Br in bromobutane or in the transition state.

representation of transition state showing negative charge, square brackets and partial bonds;
Do not penalize if OH and Br are not at 180° to each other.

formation of products $CH_3CH_2CH_2CH_2OH/(CH_3)_2CHCH_2OH$ and Br^- ;

Penalize incorrect side-chain, missing hydrogens and/or incorrect bond linkages (eg $OH-C$ instead of $HO-C$) only once in this question.
Do not penalize missing hydrogens if already penalized in part 7 (a)(v).
Award [2 max] if S_N1 mechanism is given.

- (c) (i) Enumere los siguientes compuestos en orden de punto de ebullición creciente:
 CH_3CHO , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$, CH_3COOH , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. [2]

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3 < \text{CH}_3\text{CHO} < \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} < \text{CH}_3\text{COOH}$

- (ii) Explique el orden de los puntos de ebullición de los compuestos enumerados en el apartado (c) (i), en función de las fuerzas intermoleculares. [4]

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ London/dispersion/instantaneous induced dipole-induced dipole forces
 CH_3CHO dipole-dipole forces (and London/dispersion forces)
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ H-bonding (and dipole-dipole and London/dispersion forces)
 CH_3COOH H-bonding (and dipole-dipole and London/dispersion forces)

- (iii) El $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ se puede oxidar en solución acuosa por acción del dicromato (VI) de potasio acidificado calentando a reflujo. Deduzca la fórmula estructural del producto final formado e indique el cambio de color que se produce durante el proceso de oxidación. [2]

$\text{CH}_3\text{COOH};$

orange to green