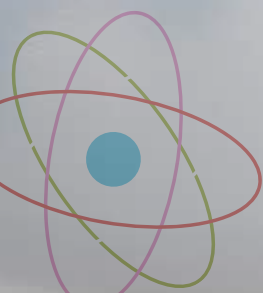
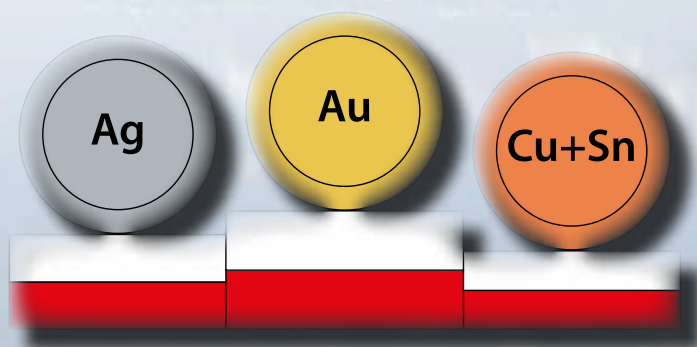


# OLIMPIADAS Y MINIOLIMPIADAS DE QUÍMICA DE CANTABRIA 2023-2026 ENUNCIADOS Y SOLUCIONES

**Enrique Álvarez Guerra**

*Revisores*

**Gabriel Zarca Lago**  
**Joaquín Salgado del Palacio**  
**Lucía Gómez Coma**  
**Manuel Álvarez Guerra**  
**Guillermo Díaz Sainz**  
**Mónica del Dujo Gutiérrez**  
**Esther Gómez Mejía**  
**David Vicente Zurdo**



**OLIMPIADAS Y MINIOLIMPIADAS  
DE QUÍMICA DE CANTABRIA 2023-2026  
*ENUNCIADOS Y SOLUCIONES***



---

CONSEJO EDITORIAL

---

D. Luigi dell'Olio  
*Presidente. Vicerrector de  
Investigación, Transferencia y  
Doctorado,  
Universidad de Cantabria*

D. Miguel Ángel Bringas Gutiérrez  
*Facultad de Ciencias Económicas y  
Empresariales,  
Universidad de Cantabria*

Berta Casar Martínez  
*Instituto de Biomedicina y  
Biotecnología de Cantabria (IBBTEC),  
Universidad de Cantabria*

Dña. Macarena García-Avello  
Fernández-Cueto  
*Facultad de Educación,  
Universidad de Cantabria*

D. Guillermo Gómez-Ceballos  
*Instituto Tecnológico de Massachusetts  
(MIT)*

D. Carlos Marichal Salinas  
*Centro de Estudios Históricos de  
El Colegio de México*

D. Marcelo Norberto Rougier  
*Historia Económica y Social Argentina,  
UBA y CONICET (IIEP)*

D. Jónatan Piedra Gómez  
*Instituto de Física de Cantabria (IFCA),  
Universidad de Cantabria-CSIC*

D. Luis Sánchez González  
*Ingeniería de Comunicaciones  
(DICOM),  
Universidad de Cantabria*

D. Jorge Luis Tomillo Urbina  
*Facultad de Derecho (SANFI),  
Universidad de Cantabria*

Dña. Sofía Torallas Tovar  
*Escuela de Estudios Históricos del  
Instituto de Estudios Avanzados,  
Princeton University*

Dña. Eva María Velasco Gil  
*Centro Oceanográfico de Santander,  
Instituto Español de Oceanografía*

D. Aurelio Velázquez Hernández  
*Facultad de Filosofía y Letras,  
Universidad de Cantabria*

Dña. Belmar Gándara Sancho  
*Directora Editorial,  
Universidad de Cantabria*

**OLIMPIADAS Y MINIOLIMPIADAS  
DE QUÍMICA DE CANTABRIA 2023-2026  
ENUNCIADOS Y SOLUCIONES**

**Enrique Álvarez Guerra**

*Revisores*

**Gabriel Zarca Lago  
Joaquín Salgado del Palacio  
Lucía Gómez Coma  
Manuel Álvarez Guerra  
Guillermo Díaz Sainz  
Mónica del Dujo Gutiérrez  
Esther Gómez Mejía  
David Vicente Zurdo**

Álvarez Guerra, Enrique, autor.

Olimpiadas y Miniolimpiadas de Química de Cantabria 2023-2026 : enunciados y soluciones / Enrique Álvarez Guerra ; revisores, Gabriel Zarca Lago, Joaquín Salgado del Palacio, Lucía Gómez Coma, Manuel Álvarez Guerra, Guillermo Díaz Sainz, Mónica del Dujo Gutiérrez, Esther Gómez Mejía, David Vicente Zurdo. – Santander : Editorial de la Universidad de Cantabria, 2026.

147 páginas : ilustraciones. – (Manuales ; 88)

ISBN 978-84-19897-16-9

I. Química-Problemas, ejercicios, etc. I. Díaz Sainz, Guillermo (ingeniero químico), autor. II. Zarca Lago, Gabriel, autor. III. Salgado del Palacio, Joaquín, autor. IV. Álvarez Guerra, Manuel, autor. V. Gómez Coma, Lucía, autor. VI. Dujo Gutiérrez, Mónica del, autor. VII. Gómez Mejía, Esther, autor. VIII. Vicente Zurdo, David, autor.

54(07)

THEMA: YPMP3, PN, JNDH, 1DSE-ES-F, 3MRBH, 4CL, 4CN, 4TN

Esta edición es propiedad de la EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, cualquier forma de reproducción, distribución, traducción, comunicación pública o transformación sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Digitalización: Manuel Ángel Ortiz Velasco [emeaov]

Revisores: Gabriel Zarca Lago, Joaquín Salgado del Palacio<sup>‡</sup>, Lucía Gómez Coma, Manuel Álvarez Guerra, Guillermo Díaz Sainz, Mónica del Dujo Gutiérrez, Esther Gomez Mejía<sup>\*</sup>, David Vicente Zurdo<sup>+</sup>

[Universidad de Cantabria; <sup>‡</sup>IES Bernardino Escalante;

<sup>\*</sup>Universidad Complutense de Madrid; <sup>+</sup>Universidad Rey Juan Carlos]

© Enrique Álvarez Guerra [Universidad de Cantabria]

© Editorial de la Universidad de Cantabria

Avda. de los Castros, s/n - 39005 Santander. Cantabria (España)

Tfno.: +34 942 201 087

[www.editorial.unican.es](http://www.editorial.unican.es)

ISNI: 0000 0005 0686 0180

ISBN: 978-84-19897-16-9 (PDF)

DOI: <https://doi.org/10.22429/Euc2026.011>

Hecho en España - *Made in Spain*

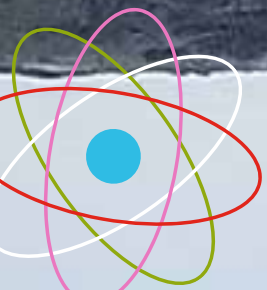
Santander, 2026

# ÍNDICE

<b>Apartado</b>	<b>Pág.</b>
<b>AÑO 2023</b> .....	<b>1</b>
• <b>Olimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>2</b>
○ Cuestionario tipo test – enunciado .....	2
○ Cuestionario tipo test – respuestas .....	8
○ Problemas – enunciados .....	10
○ Problemas – resolución .....	13
▪ Problema 1 .....	14
▪ Problema 2 .....	17
▪ Problema 3 .....	19
• <b>Miniolimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>23</b>
○ Cuestionario tipo test (parte I) – enunciado .....	23
○ Cuestionario tipo test (parte I) – respuestas .....	28
○ Cuestionario tipo test (parte II) – enunciado .....	30
○ Cuestionario tipo test (parte II) – respuestas .....	35
<b>AÑO 2024</b> .....	<b>37</b>
• <b>Olimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>38</b>
○ Cuestionario tipo test – enunciado .....	38
○ Cuestionario tipo test – respuestas .....	44
○ Problemas – enunciados .....	46
○ Problemas – resolución .....	49
▪ Problema 1 .....	50
▪ Problema 2 .....	52
▪ Problema 3 .....	56
• <b>Miniolimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>59</b>
○ Cuestionario tipo test (parte I) – enunciado .....	59
○ Cuestionario tipo test (parte I) – respuestas .....	64
○ Cuestionario tipo test (parte II) – enunciado .....	66
○ Cuestionario tipo test (parte II) – respuestas .....	71

<b>Apartado</b>	<b>Pág.</b>
<b>AÑO 2025</b> .....	<b>73</b>
• <b>Olimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>74</b>
○ Cuestionario tipo test – enunciado .....	74
○ Cuestionario tipo test – respuestas .....	81
○ Problemas – enunciados .....	83
○ Problemas – resolución .....	86
▪ Problema 1 .....	87
▪ Problema 2 .....	91
▪ Problema 3 .....	93
• <b>Miniolimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>97</b>
○ Cuestionario tipo test (parte I) – enunciado .....	97
○ Cuestionario tipo test (parte I) – respuestas .....	102
○ Cuestionario tipo test (parte II) – enunciado .....	104
○ Cuestionario tipo test (parte II) – respuestas .....	109
<b>AÑO 2026</b> .....	<b>111</b>
• <b>Olimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>112</b>
○ Cuestionario tipo test – enunciado .....	112
○ Cuestionario tipo test – respuestas .....	118
○ Problemas – enunciados .....	120
○ Problemas – resolución .....	123
▪ Problema 1 .....	124
▪ Problema 2 .....	128
▪ Problema 3 .....	131
• <b>Miniolimpiada de Química de Cantabria</b> .....	<b>134</b>
○ Cuestionario tipo test (parte I) – enunciado .....	134
○ Cuestionario tipo test (parte I) – respuestas .....	139
○ Cuestionario tipo test (parte II) – enunciado .....	141
○ Cuestionario tipo test (parte II) – respuestas .....	146

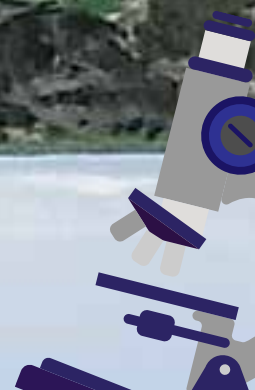
# año 2023



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***ENUNCIADO***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 10 de marzo de 2023

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,30 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 0,075 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima del ejercicio tipo test son 6 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) ¿Cuál de las siguientes opciones permitiría reducir el error absoluto asociado a la medida de volúmenes de líquidos (o preparación de disoluciones) con matraces aforados?
  - A) Procurar que el volumen de líquido medido sea el mayor posible.
  - B) Disminuir el diámetro del cuello del matraz.
  - C) Aumentar la longitud del cuello del matraz.
  - D) Aumentar el número de marcas en el lateral del matraz.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 2) Sean A, B y C tres sustancias puras gaseosas genéricas y se conoce que A y B reaccionan para dar C, si bien no se dispone de la ecuación química ajustada de dicha reacción. Si mediante medidas experimentales en el laboratorio se determina que se obtienen 12 L de C a partir de 6 L de A y x L de B, y todos los volúmenes están medidos en las mismas condiciones de presión y de temperatura, ¿cuál de los siguientes valores no es posible para x?
  - A) 6.
  - B) 7.
  - C) 9.
  - D) 18.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 3) Una muestra está formada exclusivamente por carbono y corindón (un mineral compuesto por aluminio y oxígeno). Si en la muestra hay un 90,0 % de corindón y 10,0 g de aluminio, y se sabe que el contenido en oxígeno del corindón es del 47,0 %, ¿cuál es el porcentaje en masa de aluminio en la muestra?
  - A) 21,0 %.
  - B) 42,3 %.
  - C) 47,7 %.
  - D) 53,0 %.
  - E) No es posible determinar la respuesta correcta.

- 4) ¿Qué sería indispensable para preparar 1 L de una disolución acuosa de NaCl, de concentración  $4 \text{ mol L}^{-1}$ , sin necesidad de realizar ninguna suposición?
- A) Disolver 58,5 g de NaCl en 1 L de agua pura.
  - B) Disolver 117 g de NaCl en 1 L de agua pura.
  - C) Disolver 117 g de NaCl en agua pura, verterlo en un matraz aforado de 1 L y añadir agua pura hasta enrasar.
  - D) Disolver 234 g de NaCl en 1 L de agua pura.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 5) ¿En qué caso se obtendría un mayor descenso de la presión de vapor del disolvente, si se asume que en todos los casos la disolución resultante es ideal?
- A) Al añadir 26 g de etanol a 10 L de agua.
  - B) Al añadir 90 g de glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , a 10 L de agua.
  - C) Al añadir 171 g de sacarosa,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , a 10 L de agua.
  - D) En los tres casos de las respuestas A-C se obtendría idéntico descenso de la presión de vapor del disolvente.
  - E) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 6) Se tienen varias disoluciones acuosas ideales, cada una de ellas con un volumen total de 10 L y cada una de ellas con un soluto único. ¿Con qué disolución debería ponerse en contacto a través de una membrana semipermeable la formada por 90 g de glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , para que, cuando se alcance el equilibrio, se obtenga la mayor diferencia de nivel (altura) entre ambas disoluciones, si los dos compartimentos conectados por la membrana semipermeable poseen idénticas dimensiones?
- A) Con la formada por 26 g de etanol.
  - B) Con la formada por 135 g de glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ .
  - C) Con la formada por 30 g de sacarosa,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
  - D) Con la formada por 171 g de sacarosa,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
  - E) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 7) Un recipiente cerrado y rígido contiene 2 L de agua, que llenan por completo dicho recipiente. Si esta agua experimenta un proceso en el que su energía interna aumenta en 50 kcal, ¿qué incremento de temperatura habrá experimentado esa agua si se asume que tanto su densidad como su calor específico no varían en todo el proceso?
- A) 0,025 K.
  - B) 0,050 K.
  - C) 25 K.
  - D) 50 K.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) ¿A qué temperaturas no será espontánea una reacción cuya entalpía y entropía de reacción son iguales a 150 kJ y  $50 \text{ J K}^{-1}$ , respectivamente?
- A)  $T > 3 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - B)  $T < 3 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - C)  $T > 3000 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - D)  $T < 3000 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 9) ¿Cuántos isómeros de posición tiene el 2-metilhexano (sin contar al propio 2-metilhexano)?
- A) 0.
  - B) 1.
  - C) 2.
  - D) 3.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) Indique el número de isómeros estructurales que están representados por la fórmula molecular  $C_2H_4O$ :
- A) 0.
  - B) 1.
  - C) 2.
  - D) 3.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 11) ¿Cuál de las siguientes cuestiones no puede ser explicada por el modelo atómico de Bohr?
- A) La imposibilidad de que el radio de las órbitas de los electrones pueda tener cualquier valor.
  - B) El desdoblamiento de líneas espectrales al aplicar un campo magnético.
  - C) El espectro del átomo de hidrógeno.
  - D) Los resultados experimentales obtenidos al bombardear con partículas  $\alpha$  una lámina muy fina de oro.
  - E) El modelo atómico de Bohr explica satisfactoriamente todas las cuestiones de las otras respuestas.
- 12) ¿Cuáles de las siguientes parejas de propiedades presentan la misma tendencia general en la tabla periódica?
- A) Radio atómico y energía de ionización.
  - B) Radio atómico y afinidad electrónica.
  - C) Radio atómico y carácter metálico.
  - D) Radio atómico y electronegatividad.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 13) ¿En cuál de las siguientes moléculas se da el menor ángulo de enlace?
- A)  $BF_3$ .
  - B)  $PCl_3$ .
  - C)  $CH_4$ .
  - D)  $BrF_5$ .
  - E)  $PF_5$ .
- 14) Señale la molécula cuyo átomo central presenta hibridación  $sp^3d$ :
- A)  $BF_3$ .
  - B)  $PCl_3$ .
  - C)  $CH_4$ .
  - D)  $BrF_5$ .
  - E)  $PF_5$ .

- 15) Indique la respuesta que contiene únicamente moléculas con momento dipolar nulo:
- A)  $\text{BF}_3$ ,  $\text{PCl}_3$  y  $\text{CH}_4$ .
  - B)  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{BrF}_5$ .
  - C)  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{PF}_5$ .
  - D)  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{BrF}_5$ .
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) Señale el efecto que nunca producirá un catalizador en una reacción química reversible:
- A) Desplazar el equilibrio químico.
  - B) Modificar la energía de activación de la reacción directa.
  - C) Modificar la energía de activación de la reacción inversa.
  - D) Cambiar la velocidad de reacción.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 17) Una constante de equilibrio se puede expresar como cociente de las constantes cinéticas (o de velocidad) de las reacciones directa e inversa siempre que estas:
- A) Sean homogéneas.
  - B) Transcurran en fase gaseosa o en disolución.
  - C) Sean elementales.
  - D) Tengan todos los coeficientes estequiométricos iguales a la unidad.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 18) Si las especies químicas que participan en una reacción química reversible se encuentran en equilibrio y al disminuir la temperatura el equilibrio se desplaza hacia los reactivos, se puede afirmar que dicha reacción química reversible:
- A) Es endotérmica.
  - B) Es exotérmica.
  - C) Transcurre con un aumento en el número de moles gaseosos.
  - D) Transcurre con una disminución en el número de moles gaseosos.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 19) Sea un electrolito genérico  $\text{A}_2\text{B}_3$  de  $100 \text{ g mol}^{-1}$  de masa molar y cuyo producto de solubilidad en agua a temperatura ambiente es de  $1,50 \cdot 10^{-10}$ . Calcule la solubilidad de este electrolito en agua a temperatura ambiente, si se conoce que ninguno de los iones del electrolito manifiesta propiedades ácidas o básicas en agua:
- A)  $1,22 \cdot 10^{-5} \text{ g L}^{-1}$ .
  - B)  $4,25 \cdot 10^{-3} \text{ g L}^{-1}$ .
  - C)  $7,58 \cdot 10^{-3} \text{ g L}^{-1}$ .
  - D)  $0,0106 \text{ g L}^{-1}$ .
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 20) ¿Qué medida no tendría un efecto significativo en la prevención de la lluvia ácida?
- A) Realizar combustiones con oxígeno puro en lugar de con aire.
  - B) Reducir el contenido en azufre de los combustibles.
  - C) Reemplazar centrales térmicas por parques eólicos.
  - D) Reemplazar centrales nucleares por parques eólicos.
  - E) Todas las medidas expuestas en las otras respuestas son eficaces para prevenir la lluvia ácida.

## DATOS

Densidad del agua:  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{B}) = 10,8$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  
 $A_r(\text{F}) = 19,0$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  $A_r(\text{Al}) = 27,0$ ;  $A_r(\text{P}) = 31,0$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  
 $A_r(\text{Br}) = 79,9$ .

**OLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***RESPUESTAS***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 10 de marzo de 2023

#### HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

#### RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST

Cuestión	Respuesta
1	B
2	B
3	C
4	E <sup>(1)</sup>
5	A
6	C
7	C
8	E <sup>(2)</sup>
9	B
10	D

Cuestión	Respuesta
11	B
12	C
13	D
14	E
15	E <sup>(3)</sup>
16	A
17	C
18	A
19	E <sup>(4)</sup>
20	D

Notas:

- (1) Solución correcta: disolver 234 g de NaCl en agua pura, verterlo en un matraz aforado de 1 L y añadir agua pura hasta enrasar.
- (2) Solución correcta:  $T < 3000 \text{ K} = 2727 \text{ °C}$ .
- (3) Solución correcta: BF<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub> y PF<sub>5</sub>.
- (4) Solución correcta:  $4,25 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} = 0,425 \text{ g L}^{-1}$ .

**OLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**PROBLEMAS  
ENUNCIADOS**



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## PROBLEMAS

### 10 de marzo de 2023

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

#### Conteste cada problema en una hoja distinta.

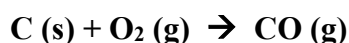
Al final de la hoja puede encontrar datos de interés para resolver los problemas.

La calificación máxima del ejercicio de problemas son 4 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

#### PROBLEMA 1

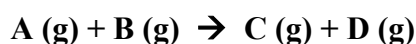
En un recipiente rígido de 10,0 L en el que se ha hecho vacío, se introduce una mezcla gaseosa de dinitrógeno y oxígeno, con un porcentaje en masa de dinitrógeno del 94,3 %, de forma que la presión en el recipiente pasa a ser de 2,00 atm a 30 °C. Posteriormente, se introducen 100 g de carbono puro (cuyo volumen se considera despreciable) que, en estas condiciones, reaccionan según la siguiente reacción química sin ajustar:



Considerando que esta reacción química fuese irreversible y que todas las especies gaseosas presentasen comportamiento de gas ideal, determine la presión final que habrá en el recipiente una vez se haya completado dicha reacción y la temperatura del recipiente haya regresado a los 30 °C. **(1,50 puntos)**

#### PROBLEMA 2

De la siguiente reacción química:



se conoce que el orden parcial de la misma respecto de A es de 2 y la constante cinética (o de velocidad) de la reacción tiene un valor de  $3,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ min}^{-1}$ . Si se duplica simultáneamente tanto la concentración de A como de B, ¿en qué factor aumentará la velocidad de reacción? **(0,75 puntos)**

#### PROBLEMA 3

El ácido fórmico es el más simple de los ácidos carboxílicos (posee un único átomo de carbono) y se conoce desde hace siglos, ya que fue aislado por primera vez en el s. XVII por John Ray por destilación de hormigas rojas machacadas (de ahí su nombre). Es un líquido incoloro completamente soluble en agua (sus temperaturas de fusión y ebullición son 8,3 y 101 °C, respectivamente) que actúa como un ácido débil ( $K_a = 1,80 \cdot 10^{-4}$ ). El ácido fórmico destaca por ser un importante producto químico, tanto por sus variadas aplicaciones (agente conservante y antibacteriano en alimentación para ganado, en los procesos de teñido y acabado de textiles, como coagulante en la fabricación de caucho...) como por ser un intermedio de otros productos químicos y farmacéuticos.

Además, en la actualidad, el ácido fórmico (o su base conjugada, el formiato) se considera que posee un gran potencial como vector energético. Así, puede ser utilizado directamente en pilas de combustible y también es una forma segura y eficiente de almacenar hidrógeno en productos líquidos (el ácido fórmico puede almacenar 580 veces más hidrógeno que el dihidrógeno gaseoso en condiciones ambiente) sin los problemas de almacenamiento y transporte de este gas, ya que el ácido fórmico puede descomponerse fácilmente en  $H_2$  y  $CO_2$  si se emplea el catalizador adecuado. Por ello, una estrategia prometedora para mitigar el cambio climático se basa en capturar las emisiones de  $CO_2$  y emplear este compuesto como materia prima para obtener ácido fórmico/formiato mediante conversión electroquímica. En este sentido, el grupo de investigación DePRO (Desarrollo de Procesos Químicos y Control de Contaminantes) de la Universidad de Cantabria ha destacado por sus investigaciones en este ámbito, al obtener en reactores de tipo filtro-prensa con catalizadores basados en bismuto concentraciones mayores de  $300 \text{ g L}^{-1}$  de formiato, con eficiencias faradaicas relativamente elevadas.

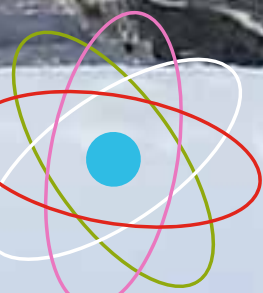
Un alumno del grado en Ingeniería Química que está realizando su trabajo fin de grado en el grupo DePRO, recoge el formiato obtenido en un experimento, de forma que, tras ajustar su pH, obtiene 30,0 mL de una disolución acuosa de ácido fórmico de  $23,0 \text{ g L}^{-1}$ . A su vez, esta disolución la vierte en un matraz en donde hay 59,4 mL de una disolución acuosa del 1,00 % en masa de hidróxido de sodio y que posee una densidad de  $1,01 \text{ kg L}^{-1}$ . Asumiendo que los volúmenes son aditivos, determine el pH de la disolución final del matraz (la resultante de mezclar la disolución de ácido fórmico y la de hidróxido de sodio). **(1,75 puntos)**

## DATOS

Constante universal de los gases ideales,  $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .  
Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  
 $A_r(\text{Na}) = 23,0$ .

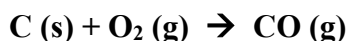
# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**PROBLEMAS  
RESOLUCIÓN**



## PROBLEMA 1

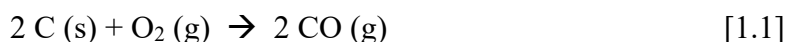
En un recipiente rígido de 10,0 L en el que se ha hecho vacío, se introduce una mezcla gaseosa de dinitrógeno y oxígeno, con un porcentaje en masa de dinitrógeno del 94,3 %, de forma que la presión en el recipiente pasa a ser de 2,00 atm a 30 °C. Posteriormente, se introducen 100 g de carbono puro (cuyo volumen se considera despreciable) que, en estas condiciones, reaccionan según la siguiente reacción química sin ajustar:



Considerando que esta reacción química fuese irreversible y que todas las especies gaseosas presentasen comportamiento de gas ideal, determine la presión final que habrá en el recipiente una vez se haya completado dicha reacción y la temperatura del recipiente haya regresado a los 30 °C. (1,50 puntos)

### Resolución

El primer paso para la resolución del problema consiste en escribir la ecuación química ajustada correspondiente a la reacción entre el carbono, C, y el oxígeno, O<sub>2</sub>:



Puesto que el problema proporciona las cantidades de los dos reactivos (100 g de C y el O<sub>2</sub> contenido en los 10 L del recipiente) y la reacción se considera irreversible, el siguiente paso es identificar al reactivo limitante. Para ello, es necesario expresar las cantidades de C y O<sub>2</sub> proporcionadas en el problema en moles.

En relación al carbono, a partir de su masa,  $m_C = 100 \text{ g}$ , conocida su masa molar ( $M_C = 12,0 \text{ g mol}^{-1}$ ), se determinan los moles de este elemento,  $n_C$ , según:

$$n_C = \frac{m_C}{M_C} = \frac{100 \text{ g}}{12,0 \text{ g mol}^{-1}} = 8,33 \text{ mol} \quad [1.2]$$

Por su parte, el número de moles de oxígeno,  $n_{\text{O}_2}$ , se calcula a partir de la presión parcial de este componente,  $P_{\text{O}_2}$ , y el volumen,  $V = 10,0 \text{ L}$ , y temperatura,  $T = 30 \text{ °C} = 303 \text{ K}$ , del recipiente mediante la Ley de los gases ideales:

$$n_{\text{O}_2} = \frac{P_{\text{O}_2} V}{R T} \quad [1.3]$$

donde R es la constante universal de los gases ideales,  $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . A su vez, para hallar  $P_{\text{O}_2}$ , se aplica la Ley de las presiones parciales de Dalton, según la cual la presión total de la mezcla de gases inicial, P, es igual a la presión parcial de los componentes de esa mezcla gaseosa (dinitrógeno, N<sub>2</sub>, y oxígeno):

$$P = P_{\text{N}_2} + P_{\text{O}_2} \quad [1.4]$$

donde  $P_{N_2}$  es la presión parcial de  $N_2$ . De esta forma, las presiones parciales se relacionan con la presión total a través de las fracciones molares de los componentes,  $x$ , según:

$$P_{N_2} = x_{N_2} P \quad [1.5]$$

$$P_{O_2} = x_{O_2} P \quad [1.6]$$

El enunciado del problema proporciona el porcentaje en masa de  $N_2$  para especificar la composición inicial del gas (puesto que la mezcla es binaria, el porcentaje en masa de  $O_2$  se calcula por diferencia:  $100,0 - 94,3 = 5,7 \%$ ). Así, conocidas la composición de 100 g de gas (94,3 g de  $N_2$  y 5,7 g de  $O_2$ ) y las masas molares de ambos componentes:

$$M_{N_2} = 2 \cdot 14,0 \text{ g mol}^{-1} = 28,0 \text{ g mol}^{-1} \quad [1.7]$$

$$M_{O_2} = 2 \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1} = 32,0 \text{ g mol}^{-1} \quad [1.8]$$

se obtiene  $x_{N_2}$  de su definición:

$$x_{N_2} = \frac{n_{N_2}}{n_t} = \frac{n_{N_2}}{n_{N_2} + n_{O_2}} = \frac{\frac{m_{N_2}}{M_{N_2}}}{\frac{m_{N_2}}{M_{N_2}} + \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}}} = \frac{\frac{94,3 \text{ g}}{28,0 \text{ g mol}^{-1}}}{\frac{94,3 \text{ g}}{28,0 \text{ g mol}^{-1}} + \frac{5,7 \text{ g}}{32,0 \text{ g mol}^{-1}}} = 0,950 \quad [1.9]$$

donde  $n_t$  es el número total de moles y  $n_{N_2}$  y  $n_{O_2}$  son los moles de  $N_2$  y  $O_2$ , respectivamente. Dado que  $x_{N_2}$  y  $x_{O_2}$  verifican:

$$x_{N_2} + x_{O_2} = 1,000 \quad [1.10]$$

$x_{O_2}$  se obtiene por diferencia:

$$x_{O_2} = 1,000 - x_{N_2} = 1,000 - 0,950 = 0,050 \quad [1.11]$$

Una vez calculados  $x_{N_2}$  y  $x_{O_2}$ , y conocido que  $P = 2,00 \text{ atm}$ ,  $P_{N_2}$  y  $P_{O_2}$  se determinan mediante [1.5] y [1.6], respectivamente:

$$P_{N_2} = 0,950 \cdot 2,00 \text{ atm} = 1,90 \text{ atm} \quad [1.12]$$

$$P_{O_2} = 0,050 \cdot 2,00 \text{ atm} = 0,10 \text{ atm} \quad [1.13]$$

A su vez, a partir de  $P_{O_2}$ ,  $V$  y  $T$  se calcula  $n_{O_2}$  mediante [1.3]:

$$n_{O_2} = \frac{0,10 \text{ atm} \cdot 10,0 \text{ L}}{0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}} = 0,040 \text{ mol} \quad [1.14]$$

Conocidos  $n_C$  y  $n_{O_2}$ , se identifica el reactivo limitante a partir de su definición: el reactivo limitante es el que se encuentra en menor proporción relativa a la estequiometría de la reacción, por lo que es el que se consume en su totalidad en una reacción irreversible y limita la cantidad de producto que se forma. Así, en este caso, se determinará la cantidad de CO que se formará a partir de las cantidades disponibles de cada reactivo, de forma que el reactivo limitante será el que conduzca a la menor cantidad de dicho producto:

$$C) n_{CO} = 8,33 \text{ mol C} \frac{2 \text{ mol CO}}{2 \text{ mol C}} = 8,33 \text{ mol CO} \quad [1.15]$$

$$O_2) n'_{CO} = 0,040 \text{ mol O}_2 \frac{2 \text{ mol CO}}{1 \text{ mol O}_2} = 0,080 \text{ mol CO} \quad [1.16]$$

Por lo tanto, el  $O_2$  es el reactivo limitante, por lo que es el que se agota al ser la reacción irreversible y el que determina la cantidad de CO formado (0,080 mol).

De este modo, tras la reacción únicamente habrá el exceso de C (en estado sólido y de presión de vapor despreciable), CO y  $N_2$  (en estado gaseoso). Así, la presión final en el recipiente,  $P'$ , será igual a la suma de las presiones parciales de CO,  $P_{CO}$ , y de  $N_2$ ,  $P_{N_2}$ , tal y como establece la Ley de presiones parciales de Dalton:

$$P' = P_{CO} + P_{N_2} \quad [1.17]$$

Puesto que la cantidad de dinitrógeno,  $n_{N_2}$ , al ser un inerte, no varía; el volumen del recipiente, al ser rígido, no cambia ( $V = 10,0 \text{ L}$ ), y, tras la reacción, la temperatura regresa a los  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  iniciales, se concluye que la presión parcial de  $N_2$  tampoco varía:  $P_{N_2} = 1,90 \text{ atm}$ . Por su parte,  $P_{CO}$  se calcula mediante la Ley de los gases ideales a partir de  $n_{CO}$ ,  $V$  y  $T$ :

$$P_{CO} = \frac{n_{CO} R T}{V} = \frac{0,080 \text{ mol} \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{10,0 \text{ L}} = 0,20 \text{ atm} \quad [1.18]$$

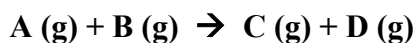
Finalmente, conocidos  $P_{CO}$  y  $P_{N_2}$ , se halla  $P'$  mediante [1.17]:

$$P' = 0,20 \text{ atm} + 1,90 \text{ atm} = 2,10 \text{ atm} \quad [1.19]$$

En consecuencia, se concluye que la presión final en el recipiente una vez se haya completado la reacción y la temperatura haya regresado a los  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  será igual a **2,10 atm**.

## PROBLEMA 2

De la siguiente reacción química:



se conoce que el orden parcial de la misma respecto de A es de 2 y la constante cinética (o de velocidad) de la reacción tiene un valor de  $3,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ min}^{-1}$ . Si se duplica simultáneamente tanto la concentración de A como de B, ¿en qué factor aumentará la velocidad de reacción? **(0,75 puntos)**

### Resolución

La velocidad de una reacción química,  $r$ , representa la variación en el número de moles por unidad de tiempo y de una magnitud extensiva, que para reacciones homogéneas como la de este problema suele ser el volumen del sistema reaccionante. La dependencia de la velocidad de reacción con la concentración de las especies químicas involucradas en la misma viene determinada por la ecuación cinética o ley de velocidad, que establece que la velocidad de reacción es igual a la constante cinética (o de velocidad),  $k$ , multiplicada por una función de concentraciones de los reactivos. Habitualmente, esta función de concentraciones es el producto de las concentraciones molares de los reactivos, cada una de las cuales está elevada a un exponente, que constituye el orden parcial de la reacción respecto de ese reactivo. En consecuencia, la ecuación cinética para la reacción química del problema viene dada por la expresión:

$$r = k [\text{A}]^\alpha [\text{B}]^\beta \quad [2.1]$$

De acuerdo con el enunciado del problema, puesto que el orden parcial de la reacción respecto de A es 2, se concluye que  $\alpha = 2$ . El orden parcial respecto de B,  $\beta$ , se obtendrá mediante análisis dimensional, conocidas la definición de velocidad de reacción ya expuesta y las unidades de la constante cinética ( $\text{mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ min}^{-1}$ ).

En cualquier ecuación, todos los términos han de tener las mismas dimensiones, esto es, la ecuación debe ser dimensionalmente homogénea. Aplicado a la ecuación [2.1], ello exige que las unidades de  $r$  (miembro izquierdo de la ecuación) sean iguales a las del producto  $k [\text{A}]^\alpha [\text{B}]^\beta$  (miembro derecho) si todas las magnitudes se expresan en el mismo sistema de unidades. Para ello, de las unidades de la constante cinética se deduce que el volumen en este problema se mide en L y el tiempo en min. De esta forma, si se tiene presente la definición de velocidad de reacción, se concluye que las unidades de  $r$  en este problema deben ser  $\text{mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ . Por su parte, las concentraciones molares, por definición, deben expresarse en  $\text{mol L}^{-1}$ .

Conocidas las unidades de  $r$ ,  $k$ ,  $[\text{A}]$  y  $[\text{B}]$ , y que  $\alpha = 2$ , se determina  $\beta$  de la igualdad de unidades de los dos miembros de la ecuación [2.1], operando y tomando logaritmos:

$$\text{mol L}^{-1} \text{ min}^{-1} = \text{mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ min}^{-1} (\text{mol L}^{-1})^2 (\text{mol L}^{-1})^\beta \quad [2.2]$$

$$\text{mol L}^{-1} \text{ min}^{-1} = \text{min}^{-1} (\text{mol L}^{-1})^\beta \quad [2.3]$$

$$\text{mol L}^{-1} = (\text{mol L}^{-1})^\beta \quad [2.4]$$

$$\log(\text{mol L}^{-1}) = \log(\text{mol L}^{-1})^\beta = \beta \log(\text{mol L}^{-1}) \quad [2.5]$$

$$\beta = \frac{\log(\text{mol L}^{-1})}{\log(\text{mol L}^{-1})} = 1 \quad [2.6]$$

Se concluye entonces que el orden parcial respecto de B es 1 y que la ecuación cinética de la reacción del problema es igual a:

$$r = k [A]^2 [B] \quad [2.7]$$

Así, para unas concentraciones iniciales de A y de B denotadas por  $[A]_0$  y  $[B]_0$ , respectivamente, se tiene una velocidad de reacción  $r_0$  descrita por:

$$r_0 = k [A]_0^2 [B]_0 \quad [2.8]$$

Por su parte, la velocidad de reacción  $r_1$  para unas concentraciones  $[A]_1$  y  $[B]_1$  que son el doble de las iniciales:

$$[A]_1 = 2 [A]_0 \quad [2.9]$$

$$[B]_1 = 2 [B]_0 \quad [2.10]$$

se relaciona con  $r_0$  teniendo presentes las ecuaciones [2.7]-[2.10]:

$$r_1 = k [A]_1^2 [B]_1 = k (2[A]_0)^2 (2[B]_0) = 8 k [A]_0^2 [B]_0 = 8 r_0 \quad [2.11]$$

Por consiguiente, si se duplica simultáneamente tanto la concentración de A como de B, **la velocidad de reacción aumentará en un factor de 8.**

### PROBLEMA 3

El ácido fórmico es el más simple de los ácidos carboxílicos (posee un único átomo de carbono) y se conoce desde hace siglos, ya que fue aislado por primera vez en el s. XVII por John Ray por destilación de hormigas rojas machacadas (de ahí su nombre). Es un líquido incoloro completamente soluble en agua (sus temperaturas de fusión y ebullición son 8,3 y 101 °C, respectivamente) que actúa como un ácido débil ( $K_a = 1,80 \cdot 10^{-4}$ ). El ácido fórmico destaca por ser un importante producto químico, tanto por sus variadas aplicaciones (agente conservante y antibacteriano en alimentación para ganado, en los procesos de teñido y acabado de textiles, como coagulante en la fabricación de caucho...) como por ser un intermedio de otros productos químicos y farmacéuticos.

Además, en la actualidad, el ácido fórmico (o su base conjugada, el formiato) se considera que posee un gran potencial como vector energético. Así, puede ser utilizado directamente en pilas de combustible y también es una forma segura y eficiente de almacenar hidrógeno en productos líquidos (el ácido fórmico puede almacenar 580 veces más hidrógeno que el dihidrógeno gaseoso en condiciones ambiente) sin los problemas de almacenamiento y transporte de este gas, ya que el ácido fórmico puede descomponerse fácilmente en  $H_2$  y  $CO_2$  si se emplea el catalizador adecuado. Por ello, una estrategia prometedora para mitigar el cambio climático se basa en capturar las emisiones de  $CO_2$  y emplear este compuesto como materia prima para obtener ácido fórmico/formiato mediante conversión electroquímica. En este sentido, el grupo de investigación DePRO (Desarrollo de Procesos Químicos y Control de Contaminantes) de la Universidad de Cantabria ha destacado por sus investigaciones en este ámbito, al obtener en reactores de tipo filtro-prensa con catalizadores basados en bismuto concentraciones mayores de 300 g  $L^{-1}$  de formiato, con eficiencias faradaicas relativamente elevadas.

Un alumno del grado en Ingeniería Química que está realizando su trabajo fin de grado en el grupo DePRO, recoge el formiato obtenido en un experimento, de forma que, tras ajustar su pH, obtiene 30,0 mL de una disolución acuosa de ácido fórmico de 23,0 g  $L^{-1}$ . A su vez, esta disolución la vierte en un matraz en donde hay 59,4 mL de una disolución acuosa del 1,00 % en masa de hidróxido de sodio y que posee una densidad de 1,01 kg  $L^{-1}$ . Asumiendo que los volúmenes son aditivos, determine el pH de la disolución final del matraz (la resultante de mezclar la disolución de ácido fórmico y la de hidróxido de sodio). **(1,75 puntos)**

#### Resolución

En este problema, al mezclar las disoluciones acuosas de ácido fórmico,  $HCOOH$ , y de hidróxido de sodio,  $NaOH$ , se producirá la reacción ácido-base entre ambas especies para formar formiato de sodio,  $HCOONa$ , y agua,  $H_2O$ , ya que el hidróxido de sodio es una base fuerte y reacciona con cualquier ácido. A continuación, se muestra la ecuación química ajustada de esta reacción ácido-base:



Así, para conocer el pH de la disolución resultante debe conocerse previamente qué especies hay en la misma tras la reacción. A su vez, puesto que en el problema se proporcionan cantidades definidas de HCOOH y NaOH, debe identificarse cuál de los dos es el reactivo limitante, lo que, a su vez, exige calcular el número de moles de cada reactivo que hay en sus respectivas disoluciones,  $n_{\text{HCOOH}}$  y  $n_{\text{NaOH}}$ .

La determinación de  $n_{\text{HCOOH}}$  se realiza a partir del volumen de su disolución,  $V_{\text{HCOOH (aq)}} = 30,0 \text{ mL} = 0,0300 \text{ L}$ , la concentración en  $\text{g L}^{-1}$  de este compuesto,  $\gamma_{\text{HCOOH}} = 23,0 \text{ g L}^{-1}$ , y su masa molar,  $M_{\text{HCOOH}}$ :

$$M_{\text{HCOOH}} = 2 \cdot 1,0 \text{ g mol}^{-1} + 12,0 \text{ g mol}^{-1} + 2 \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1} = 46,0 \text{ g mol}^{-1} \quad [3.2]$$

según:

$$n_{\text{HCOOH}} = V_{\text{HCOOH (aq)}} \cdot \gamma_{\text{HCOOH}} \cdot \frac{1}{M_{\text{HCOOH}}} \quad [3.3]$$

Reemplazando valores, se halla  $n_{\text{HCOOH}}$ :

$$n_{\text{HCOOH}} = 0,0300 \text{ L HCOOH (aq)} \cdot \frac{23,0 \text{ g HCOOH}}{1 \text{ L HCOOH (aq)}} \cdot \frac{1 \text{ mol HCOOH}}{46,0 \text{ g HCOOH}} = 0,0150 \text{ mol} \quad [3.4]$$

Por su parte,  $n_{\text{NaOH}}$  se determina conocidos el volumen de disolución de NaOH,  $V_{\text{NaOH (aq)}} = 59,4 \text{ mL} = 0,0594 \text{ L}$ , su densidad,  $\rho_{\text{NaOH}} = 1,01 \text{ kg L}^{-1}$ , el porcentaje en masa de NaOH,  $\% \text{ NaOH (m/m)} = 1,00 \%$ , y la masa molar de NaOH,  $M_{\text{NaOH}}$ :

$$M_{\text{NaOH}} = 23,0 \text{ g mol}^{-1} + 16,0 \text{ g mol}^{-1} + 1,0 \text{ g mol}^{-1} = 40,0 \text{ g mol}^{-1} \quad [3.5]$$

según:

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH (aq)}} \cdot \rho_{\text{NaOH (aq)}} \cdot \% \text{ NaOH (m/m)} \cdot \frac{1}{M_{\text{NaOH}}} \quad [3.6]$$

Sustituyendo valores en [3.6], se obtiene:

$$n_{\text{NaOH}} = 0,0594 \text{ L NaOH (aq)} \cdot \frac{1,01 \text{ kg NaOH (aq)}}{1 \text{ L NaOH (aq)}} \cdot \frac{1 \text{ kg NaOH}}{100 \text{ kg NaOH (aq)}} \cdot \frac{10^3 \text{ g NaOH}}{1 \text{ kg NaOH}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,0 \text{ g NaOH}} = 0,0150 \text{ mol} \quad [3.7]$$

Como puede apreciarse, hay el mismo número de moles de HCOOH que de NaOH, y como la reacción ácido-base entre ambos transcurre mol a mol para todos los reactivos y productos, se concluye que los dos reactivos están en proporción estequiométrica, por lo que ambos reactivos se agotarán por completo y se formarán 0,0150 mol de HCOONa.

En consecuencia, la disolución resultante es una mezcla binaria de HCOONa (0,0150 mol) y agua. El volumen de esta disolución resultante,  $V_{\text{dis}}$ , se calcula como la suma de

los volúmenes de las dos disoluciones iniciales, ya que el problema indica que puede suponerse que los volúmenes son aditivos:

$$V_{\text{dis}} = V_{\text{HCOOH (aq)}} + V_{\text{NaOH (aq)}} = 0,0300 \text{ L} + 0,0594 \text{ L} = 0,0894 \text{ L} \quad [3.8]$$

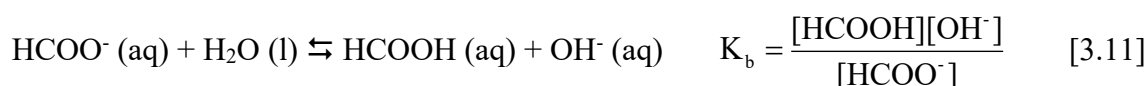
De esta forma, en la disolución resultante, la concentración molar inicial de HCOONa (antes de considerar su reacción con el agua),  $[\text{HCOONa}]_0$ , es igual a:

$$[\text{HCOONa}]_0 = \frac{n_{\text{HCOONa},0}}{V_{\text{dis}}} = \frac{0,0150 \text{ mol}}{0,0894 \text{ L}} = 0,168 \text{ mol L}^{-1} \quad [3.9]$$

En disolución acuosa, el formiato de sodio, como la práctica totalidad de compuestos iónicos, se comporta como un electrolito fuerte, por lo que está completamente disociado en sus iones:



En consecuencia, el pH de la disolución resultante será el debido a la reacción del anión formiato,  $\text{HCOO}^-$ , con el agua, ya que es la base conjugada del ácido fórmico (un ácido débil, como lo son los ácidos carboxílicos), mientras que el catión  $\text{Na}^+$  no presenta propiedades ácido-base apreciables, por lo que se comporta como un ion espectador sin influir en el pH de la disolución. Por lo tanto, y de acuerdo con la Teoría de Brønsted-Lowry, el formiato también tiene carácter débil y su reacción con el agua no es total, estableciéndose un equilibrio regido por la correspondiente constante de basicidad,  $K_b$ :



El valor de  $K_b$  se obtiene a partir de la constante de acidez del ácido fórmico, que se proporciona en el enunciado del problema,  $K_a = 1,80 \cdot 10^{-4}$ , y el producto iónico del agua,  $K_w$ , que debe conocerse que su valor a 25 °C (temperatura a la que se supone que se encuentran las disoluciones del problema, ya que no se dice nada de esta variable en el enunciado) es de  $1,00 \cdot 10^{-14}$ , según:

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{1,80 \cdot 10^{-4}} = 5,56 \cdot 10^{-11} \quad [3.12]$$

Dado que  $V_{\text{dis}}$  puede considerarse constante (e igual a 0,0894 L), los cálculos estequiométricos asociados al equilibrio ácido-base de la ecuación [3.11] pueden hacerse con concentraciones molares. Igualmente, en estos cálculos pueden despreciarse las concentraciones de iones oxidanio u oxonio,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , e hidróxido,  $[\text{OH}^-]$ , debidas al equilibrio de autoionización del agua, ya que la concentración inicial de formiato ( $0,168 \text{ mol L}^{-1}$ ) supera en varios órdenes de magnitud  $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$  y el valor de la constante de basicidad también supera en varios órdenes  $10^{-11}$  (que son las dos condiciones necesarias para poder despreciar la contribución del equilibrio de autoionización del agua). De este modo, se cumple:

	$\text{HCOO}^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCOOH} (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$	
Inicial	$0,168 \text{ mol L}^{-1}$	$0 \quad 0$
Reacciona	$-x$	$x \quad x$
Equilibrio	$0,168 - x$	$x \quad x$

Así, el desarrollo de la expresión que resulta de sustituir las concentraciones molares en el equilibrio en la expresión de  $K_b$  conduce a una ecuación de segundo grado, de la que se despeja el valor de  $x$ :

$$K_b = \frac{[\text{HCOOH}][\text{OH}^-]}{[\text{HCOO}^-]} = \frac{x \cdot x}{0,168 - x} = \frac{x^2}{0,168 - x} = 5,56 \cdot 10^{-11} \quad [3.13]$$

$$x^2 + 5,56 \cdot 10^{-11} x - 9,34 \cdot 10^{-12} = 0 \quad [3.14]$$

$$x = \frac{-5,56 \cdot 10^{-11} \pm \sqrt{(5,56 \cdot 10^{-11})^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-9,34 \cdot 10^{-12})}}{2 \cdot 1} = \begin{cases} 3,06 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \\ -3,06 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \end{cases} \quad [3.15]$$

Se descarta la solución negativa de  $x$  ya que carece de significado físico al conllevar concentraciones negativas en el equilibrio de  $\text{HCOOH}$  y  $\text{OH}^-$ . En conclusión, se obtiene que:

$$[\text{HCOOH}] = [\text{OH}^-] = x = 3,06 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.16]$$

Puesto que  $K_b \leq 10^{-4}$  y el anión formiato no está muy diluido, solo una pequeña cantidad del formiato reaccionará con el agua, por lo que la determinación de  $x$  podría haberse simplificado mediante la aproximación siguiente:  $0,168 - x \approx 0,168$ . En este caso, se hubiese obtenido:

$$K_b = \frac{x^2}{0,168 - x} \approx \frac{x^2}{0,168} = 5,56 \cdot 10^{-11} \quad [3.17]$$

$$x = \sqrt{0,168 \cdot 5,56 \cdot 10^{-11}} = 3,06 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.18]$$

De esta forma, se comprueba la validez de la mencionada aproximación, al obtener idéntico valor de  $x$ , cuando se expresa con 3 cifras significativas.

A partir del valor de  $[\text{OH}^-]$ , se calcula el pOH de la disolución resultante mediante su definición:

$$\text{pOH} = -\log([\text{OH}^-]) = -\log(3,06 \cdot 10^{-6}) = 5,51 \quad [3.19]$$

En disolución acuosa a 25 °C, el pH y el pOH se relacionan mediante la siguiente ecuación, que se obtiene del valor del producto iónico del agua a esta temperatura y de las definiciones de ambas magnitudes:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14,0 \quad [3.20]$$

Por consiguiente, el pH de la disolución resultante de  $\text{HCOONa}$  resulta ser igual a:

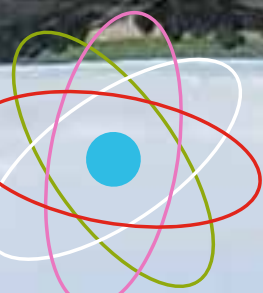
$$\text{pH} = 14,0 - \text{pOH} = 14,0 - 5,51 = \mathbf{8,5} \quad [3.21]$$

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*Q***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

***ENUNCIADO***



**IX MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**12 de mayo de 2023**

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte I del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) Indique la respuesta que exprese la menor masa de todas:  
A)  $5,0 \cdot 10^{-6}$  dag.  
B)  $5,0 \cdot 10^{-10}$  Mg.  
C)  $5,0 \cdot 10^5$  ng.  
D)  $5,0 \cdot 10^3$   $\mu$ g.
  
- 2) Si las medidas de la masa y el volumen de un cuerpo son 134 g y  $98,6 \text{ cm}^3$ , ¿cuál sería su densidad, expresada correctamente?  
A)  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ .  
B)  $1,36 \text{ g cm}^{-3}$ .  
C)  $1,359 \text{ g cm}^{-3}$ .  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 3) Señale la propiedad que sea cuantitativa, intensiva y general:  
A) Masa.  
B) Densidad.  
C) Temperatura de ebullición.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 4) Si una cantidad de gas ideal se calienta a presión constante, de forma que su temperatura pasa de  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ , señale el factor por el que se multiplicará su volumen como consecuencia de este calentamiento:  
A) 0,50.  
B) 1,00.  
C) 2,00.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 5) Una cantidad de gas ideal encerrado en un cilindro de émbolo móvil (recipiente de volumen variable) situado a nivel del mar se presuriza a temperatura constante, de forma que la presión manométrica dentro del recipiente pasa de 0,5 atm a 1,5 atm. ¿En qué porcentaje se habrá reducido su volumen?
- A) 33,3 %.  
B) 40,0 %.  
C) 66,7 %.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) El aire de la atmósfera, en un día seco y libre de contaminación y polvo, es:
- A) Un elemento.  
B) Una sustancia pura.  
C) Una disolución.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) Si un sistema contiene átomos de más de un elemento químico, ¿qué tipo de sistema puede ser?
- A) Una mezcla heterogénea, pero no una mezcla homogénea ni una sustancia pura.  
B) Una mezcla homogénea o una mezcla heterogénea, pero no una sustancia pura.  
C) Una sustancia pura, una mezcla homogénea o una mezcla heterogénea.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) Si se tiene un sistema formado por agua, aceite, alcohol (etanol), arena y limaduras de hierro, ¿qué secuencia de técnicas de separación nos permitiría separar el agua, es decir, obtener un sistema enriquecido en agua, en el que esta sea el componente claramente mayoritario?
- A) 1) Separación magnética; 2) decantación; 3) evaporación.  
B) 1) Filtración; 2) decantación; 3) evaporación.  
C) 1) Separación magnética; 2) decantación; 3) destilación.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) Un sistema se formó al disolver 10,0 g de azúcar en 80,0 mL de agua. ¿Qué cantidad de sal habrá que añadir al mismo para que el sistema final tenga una concentración de sal del 7,0 % en masa?
- A) 5,6 g.  
B) 6,3 g.  
C) 6,8 g.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) ¿Cuántos moles de átomos de oxígeno hay en 270 g de glucosa, cuya fórmula molecular es  $C_6H_{12}O_6$ ?
- A) 1,5 mol.  
B) 3,0 mol.  
C) 9,0 mol.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 11) ¿En qué sistema habrá más moles de electrones?
- A) En un sistema formado por 5 moles de moléculas de ozono.
  - B) En un sistema formado por 7 moles de moléculas de oxígeno.
  - C) En un sistema formado por 10 moles de átomos de oxígeno.
  - D) En un sistema formado por 10 moles de moléculas de agua.
- 12) Considérese la siguiente ecuación química sin ajustar:
- $$\text{MnO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- ¿Qué coeficiente estequiométrico tiene el HCl cuando se ajusta la ecuación de modo que el coeficiente del Cl<sub>2</sub> sea 1?
- A) 1.
  - B) 2.
  - C) 4.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 13) En una disolución acuosa hay disueltos 60,0 g de hidróxido de magnesio, mientras que una segunda disolución acuosa contiene 73,0 g de cloruro de hidrógeno (también conocido en disolución acuosa como ácido clorhídrico). Si se mezclan ambas disoluciones, el hidróxido de magnesio y el cloruro de hidrógeno reaccionan entre sí formando cloruro de magnesio y agua. ¿Qué cantidad de reactivo quedará sin reaccionar?
- A) 1,7 g de hidróxido de magnesio.
  - B) 13,0 g de cloruro de hidrógeno.
  - C) 35,4 g de cloruro de hidrógeno.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) Considérese la siguiente reacción química genérica, en la que todas las especies que intervienen en la misma tienen comportamiento de gas ideal:
- $$\text{A (g)} + 3 \text{ B (g)} \rightarrow 2 \text{ C (g)}$$
- Si reaccionan 7 L de A medidos a 50 °C y 1,5 atm con un exceso de B, ¿qué volumen de C se obtendrá, si se mide a 50 °C y 3 atm?
- A) 7 L.
  - B) 14 L.
  - C) 28 L.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) Si se realiza la combustión completa (con oxígeno en exceso) de 580 g de butano, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, ¿cuántos moles de productos se formarán?
- A) 9 mol.
  - B) 40 mol.
  - C) 90 mol.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) Señale el compuesto que no se clasifica como ácido según la Teoría de Arrhenius:
- A) HNO<sub>3</sub>.
  - B) BF<sub>3</sub>.
  - C) HF.
  - D) Todos los compuestos de las otras respuestas se clasifican como ácidos según la Teoría de Arrhenius.

- 17) Si a agua pura se le añade cierta cantidad de KOH a temperatura ambiente, ¿qué pH tendrá la disolución resultante?
- A) Mayor que 7.
  - B) 7.
  - C) Menor que 7.
  - D) Hay más de una respuesta posible.
- 18) Mediante el proceso Solvay, se obtiene:
- A) Carbonato de sodio.
  - B) Ácido sulfúrico.
  - C) Amoníaco.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 19) Señale la afirmación falsa:
- A) La energía nuclear de fisión no conlleva una emisión directa de contaminantes químicos a la atmósfera.
  - B) La utilización de biomasa como fuente de energía no conlleva la emisión de contaminantes químicos a la atmósfera.
  - C) La energía nuclear de fisión no es renovable.
  - D) La biomasa es una fuente de energía renovable.
- 20) Señale a qué fenómeno/fenómenos global/globales de contaminación contribuyen de forma significativa las emisiones de las centrales térmicas:
- A) Lluvia ácida (exclusivamente).
  - B) Agujero de la capa de ozono (exclusivamente).
  - C) Lluvia ácida y agujero de la capa de ozono.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

## DATOS

Densidad del agua:  $1,00 \text{ g mL}^{-1}$ .

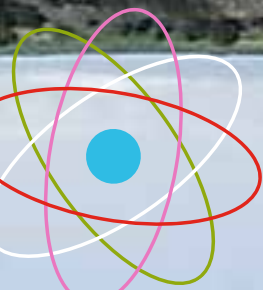
Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{Mg}) = 24,3$ ;  
 $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{Mn}) = 54,9$ .

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*Q***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

***RESPUESTAS***



**IX MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**12 de mayo de 2023**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**

Cuestión	Respuesta
1	A
2	B
3	D <sup>(1)</sup>
4	D <sup>(2)</sup>
5	B
6	C
7	C
8	D <sup>(3)</sup>
9	C
10	C

Cuestión	Respuesta
11	A
12	C
13	A
14	A
15	C
16	B
17	A
18	A
19	B
20	D <sup>(4)</sup>

Notas:

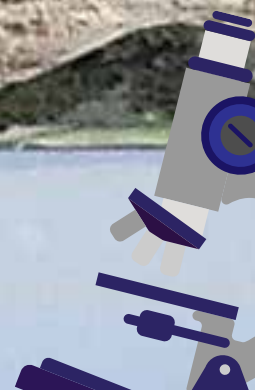
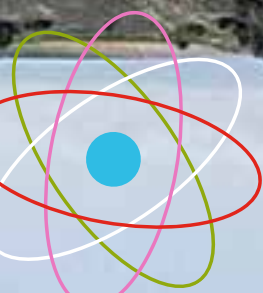
- (1) La masa es una propiedad cuantitativa, extensiva y general; en cambio, la densidad y la temperatura de ebullición son propiedades cuantitativas, intensivas y características.
- (2) Solución correcta: 1,42.
- (3) Solución correcta: 1) filtración; 2) decantación; 3) destilación.
- (4) Solución correcta: cambio climático y lluvia ácida.

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*C***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

**ENUNCIADO**



**IX MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**  
**12 de mayo de 2023**

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte II del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) ¿Qué material de laboratorio es el más característico para realizar una filtración a vacío?  
A) Matraz aforado.  
B) Matraz erlenmeyer.  
C) Vidrio de reloj.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 2) Señale la temperatura más alta:  
A) 15 °C.  
B) 62 °F.  
C) 285 K.  
D) La temperatura de fusión del agua (pura) a presión atmosférica.
  
- 3) ¿Cuál será la temperatura final de un sistema cerrado y aislado térmicamente del exterior formado por 50 g de hielo a 0,0 °C y  $1,0 \cdot 10^2$  g de agua líquida a 60 °C? Datos: calor latente de fusión del agua =  $3,3 \cdot 10^2$  J g<sup>-1</sup>; calor específico del agua = 4,2 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>.  
A) 14 °C.  
B) 30 °C  
C) 40 °C.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 4) El número másico de un átomo del elemento situado en el período 6 y en el grupo 14 de la tabla periódica es igual a 208. ¿Cuántos neutrones posee este átomo?  
A) 104.  
B) 126.  
C) 140.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 5) Señale la afirmación falsa:
- A) Si dos átomos son isótopos, se sitúan en la misma posición de la tabla periódica.
  - B) Si dos átomos neutros son isótopos, tienen el mismo número de electrones.
  - C) Si dos átomos son isótopos, tienen la misma masa atómica.
  - D) Si dos átomos son isótopos, tienen el mismo número atómico.
- 6) ¿Qué compuesto viene representado por la fórmula molecular  $\text{NH}_3$ ?
- A) Azano.
  - B) Arsano.
  - C) Oxidano.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) ¿Qué estado (o número) de oxidación presenta el estaño en el monóxido de estaño?
- A) +1.
  - B) +2.
  - C) +4.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) ¿Cuántos átomos de hidrógeno contiene una molécula de buta-1,3-dieno?
- A) 2.
  - B) 4.
  - C) 8.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) ¿Qué clase de compuestos contendrán siempre oxígeno y nitrógeno?
- A) Alcoholes.
  - B) Aminas.
  - C) Cetonas.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) ¿Cuántos elementos, en su estado fundamental, no tienen a ninguno de sus electrones alojados en algún orbital d?
- A) 10.
  - B) 18.
  - C) 20.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 11) ¿Cuál es el número atómico del elemento cuyo electrón diferenciador se aloja en uno de los orbitales 6p, de forma que es el que termina llenando por completo los orbitales de este subnivel de energía?
- A) 86.
  - B) 80.
  - C) 54.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 12) ¿Cuál es el número atómico del elemento cuyos electrones más externos se alojan en el orbital 4s y pertenece al grupo 10 de la tabla periódica?
- A) 20.
  - B) 30.
  - C) 46.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 13) ¿A qué grupo de la tabla periódica pertenece un elemento cuyos átomos, en su estado fundamental, presentan la siguiente configuración electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$ ?
- A) 7.
  - B) 9.
  - C) 15.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) ¿Cuál de las siguientes sustancias está constituida por moléculas?
- A) Cloruro de sodio.
  - B) Ácido sulfúrico.
  - C) Hierro.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) Si una sustancia conduce la electricidad tanto en estado sólido como líquido, ¿qué tipo de enlace presenta?
- A) Iónico.
  - B) Covalente.
  - C) Metálico.
  - D) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 16) Señale el compuesto en el que se pueden establecer enlaces de hidrógeno entre sus moléculas:
- A) Silano.
  - B) Cloruro de hidrógeno.
  - C) Fluoruro de hidrógeno.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 17) Señale la afirmación falsa en relación con las reacciones endotérmicas:
- A) En ellas, la energía de los productos es mayor que la de los reactivos.
  - B) Su energía de activación siempre será mayor que su energía de reacción (o calor de reacción),  $\Delta E$ .
  - C) Transcurren con desprendimiento de energía.
  - D) Su energía de reacción (o calor de reacción),  $\Delta E$ , es positivo.
- 18) Las reacciones con una energía de activación negativa son:
- A) Exotérmicas.
  - B) Endotérmicas.
  - C) Pueden ser tanto exotérmicas como endotérmicas, en función de otros factores.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

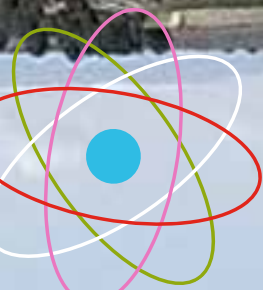
- 19) Cuando en casa, por accidente, se origina un pequeño incendio, se recomienda cubrir las llamas con una manta gruesa. ¿Qué factor de los que depende la velocidad de reacción explicaría esta recomendación?
- A) La temperatura.
  - B) La concentración de reactivos.
  - C) La superficie de contacto.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 20) Cuando se quema leña en una chimenea y se utiliza el fuelle, el fuego se aviva. ¿Qué factor de los que depende la velocidad de reacción de la combustión explica que se avive el fuego al emplear el fuelle?
- A) La temperatura.
  - B) La concentración de reactivos.
  - C) La superficie de contacto.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*C***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

***RESPUESTAS***



**IX MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**  
**12 de mayo de 2023**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**

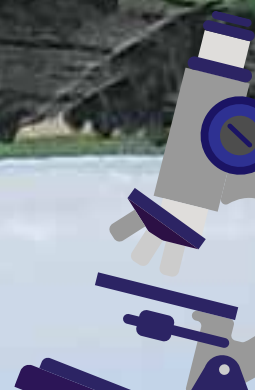
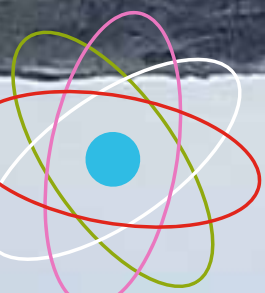
Cuestión	Respuesta
1	D <sup>(1)</sup>
2	B
3	A
4	B
5	C
6	A
7	B
8	D <sup>(2)</sup>
9	D <sup>(3)</sup>
10	C

Cuestión	Respuesta
11	A
12	D <sup>(4)</sup>
13	B
14	B
15	C
16	C
17	C
18	D <sup>(5)</sup>
19	B
20	B

Notas:

- (1) Solución correcta: matraz de Büchner, matraz de vacío o (matraz) kitasato.
- (2) Solución correcta: 6.
- (3) En general, los alcoholes y cetonas no contienen nitrógeno, mientras que las aminas no contienen oxígeno. Posibles soluciones correctas (para las clases de compuestos orgánicos estudiadas habitualmente en estudios preuniversitarios): amidas y nitrocompuestos.
- (4) Solución correcta: 28.
- (5) Solución correcta: no hay reacciones químicas con la energía de activación negativa.

# año 2024



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***ENUNCIADO***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 8 de marzo de 2024

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,30 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 0,075 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima del ejercicio tipo test son 6 puntos.

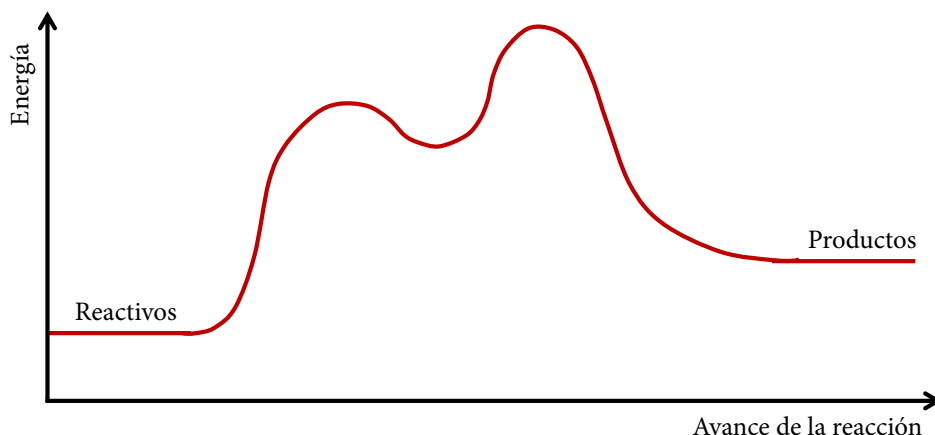
No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) ¿Cuál de los siguientes materiales de laboratorio se utilizaría más habitualmente para medir un volumen de líquido de 230 mL?
  - A) Un matraz aforado.
  - B) Un matraz erlenmeyer.
  - C) Un vaso de precipitados.
  - D) Una probeta.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 2) ¿Qué gases verifican estrictamente la Ley de Avogadro, que establece: “*Volúmenes iguales de gases diferentes, medidos en las mismas condiciones de presión y de temperatura, contienen el mismo número de moléculas*”?
  - A) Los gases con igual masa molecular.
  - B) Los gases cuyas moléculas estén formadas por igual número de átomos.
  - C) Los gases ideales.
  - D) Los gases diatómicos.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 3) En un recipiente rígido de 200 cm<sup>3</sup> a 100 °C, en el que previamente se ha hecho vacío, se introducen dos gases ideales, A y B. Si se conoce que, en estas condiciones, la presión total en el interior recipiente es de 2,0 atm y la fracción molar de B es igual a 0,3, ¿cuántos moles de A hay en el recipiente?
  - A)  $3,9 \cdot 10^{-3}$  mol.
  - B)  $9,2 \cdot 10^{-3}$  mol.
  - C) 0,013 mol.
  - D) 0,034 mol.
  - E) No es posible determinar la respuesta correcta.

- 4) Una muestra contiene  $1,8 \cdot 10^{24}$  átomos de azufre. ¿Cuántos moles de moléculas de octaazufre contiene la muestra?
- A) 0,37 mol.  
B) 3,0 mol.  
C) 18 mol.  
D) 24 mol.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 5) A  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se disuelven 190 g de cloruro de sodio en 1000 g de agua, de forma que se obtiene una disolución cuya densidad es igual a  $1,14\text{ g cm}^{-3}$ . ¿Cuál es la concentración molar de cloruro de sodio en esta disolución?
- A)  $3,11\text{ mol L}^{-1}$ .  
B)  $3,25\text{ mol L}^{-1}$ .  
C)  $182\text{ mol L}^{-1}$ .  
D)  $190\text{ mol L}^{-1}$ .  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) Señale cuál de las siguientes disoluciones acuosas presentaría un mayor descenso crioscópico:
- A) Disolución de cloruro de calcio,  $\text{CaCl}_2$ , de concentración  $0,1\text{ mol kg}^{-1}$ .  
B) Disolución de sacarosa,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , de concentración  $0,1\text{ mol kg}^{-1}$ .  
C) Disolución de glucosa,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , de concentración  $0,1\text{ mol kg}^{-1}$ .  
D) Disolución de propano-1,2,3-triol (o glicerol o glicerina),  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , de concentración  $0,1\text{ mol kg}^{-1}$ .  
E) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 7) Considérese la siguiente reacción química irreversible:
- $$\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{Productos}$$
- Si se hacen reaccionar 10 g de A y 13 g de B, se forman 21 g de productos. Si B es el reactivo limitante, ¿cuánta masa queda de cada reactivo una vez se complete la reacción química?
- A) 0 g de A y 0 g de B.  
B) 0 g de A y 3 g de B.  
C) 1 g de A y 1 g de B.  
D) 2 g de A y 0 g de B.  
E) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 8) Considérense las siguientes afirmaciones:
- I) Los cálculos estequiométricos pueden realizarse siempre con moles.  
II) Los cálculos estequiométricos pueden realizarse con concentraciones molares, siempre que el volumen del sistema reaccionante sea constante.  
III) Los cálculos estequiométricos pueden realizarse con presiones, siempre que se trate de sustancias gaseosas con comportamiento de gas ideal y la temperatura y el volumen del sistema reaccionante sean constantes.
- Señale la respuesta correcta:
- A) Solo la afirmación I es correcta.  
B) Solo las afirmaciones I y II son correctas.  
C) Solo las afirmaciones I y III son correctas.  
D) Solo las afirmaciones II y III son correctas.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

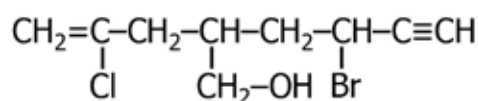
- 9) ¿Qué porcentaje de hielo quedará en el equilibrio en un sistema cerrado y aislado térmicamente del exterior formado inicialmente por  $2,0 \cdot 10^2$  g de hielo a  $-5,0$  °C y  $1,0 \cdot 10^2$  g de agua líquida a  $50$  °C? Datos: calor latente de fusión del agua =  $3,3 \cdot 10^2$  J g<sup>-1</sup>; calor específico del agua líquida =  $4,2$  J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>, calor específico del agua sólida (hielo) =  $2,1$  J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>, presión del sistema = 1 atm.
- A) 29 %.  
 B) 32 %.  
 C) 33 %.  
 D) 57 %.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) ¿Es posible que varíe la energía interna de un sistema que realiza sobre el entorno un trabajo de igual magnitud que el calor que se transfiere al sistema desde el entorno?
- A) No, en ningún caso.  
 B) Sí, si el sistema es abierto.  
 C) Sí, si el sistema no presenta comportamiento ideal.  
 D) Sí, si el sistema solo realiza trabajo de expansión-compresión.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 11) Considérese un proceso cíclico realizado de forma irreversible, para el cual se realizan las siguientes afirmaciones:
- I) Se verifica que  $\Delta S_{\text{universo}} = 0$ .  
 II) Se verifica que  $\Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema termodinámico}}$ .  
 III) Se verifica que  $\Delta S_{\text{sistema termodinámico}} = 0$ .  
 III) Señale la respuesta correcta:  
 IV) Solo la afirmación I es correcta.  
 V) Solo la afirmación II es correcta.  
 C) Solo la afirmación III es correcta.  
 D) Las afirmaciones I, II y III son correctas.  
 DI) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 12) Una reacción química entre dos sustancias genéricas A y B, ambas disueltas en la misma disolución, presenta una velocidad de reacción inicial  $v_0$  cuando  $[A]_0 = 2$  mol L<sup>-1</sup> y  $[B]_0 = 3$  mol L<sup>-1</sup>. Sin embargo, cuando  $[A]_0 = 3$  mol L<sup>-1</sup> y  $[B]_0 = 3$  mol L<sup>-1</sup> a la misma temperatura, la velocidad de reacción inicial aumenta un 125 %. Por su parte, cuando  $[A]_0 = 2$  mol L<sup>-1</sup> y  $[B]_0 = 5$  mol L<sup>-1</sup> a la misma temperatura, la velocidad de reacción inicial se incrementa en un 66,7 %. ¿Cuál es el orden total (o global) de la reacción?
- A) 0.  
 B) 1.  
 C) 2.  
 D) 3.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 13) ¿Qué puede afirmar de una reacción química cuyo diagrama de reacción, en el que se representa la energía del sistema reaccionante en función del avance de la reacción, se corresponde con el que se muestra a continuación?



- A) Se trata de una reacción exotérmica elemental.  
B) Se trata de una reacción exotérmica no elemental.  
C) Se trata de una reacción endotérmica elemental.  
D) Se trata de una reacción endotérmica no elemental.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) En el proceso de Haber-Bosch, se obtiene amoníaco por síntesis directa a partir de sus elementos. Para favorecer la obtención de amoníaco, se trabaja a altas presiones para que el equilibrio se desplace hacia la formación de producto. ¿En qué condiciones la constante de equilibrio  $K_p$  dependerá de la presión?
- A) En reacciones reversibles en las que intervengan sustancias gaseosas.  
B) En reacciones reversibles que transcurran con una variación en el número de moles gaseosos de la reacción.  
C) En reacciones reversibles que transcurran con un incremento en el número de moles gaseosos de la reacción.  
D) En reacciones reversibles que transcurran con una disminución en el número de moles gaseosos de la reacción.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) La reacción de formación de vapor de agua a partir de sus elementos es una reacción muy desplazada hacia la formación del producto, de modo que habitualmente se representa como irreversible. Sin embargo, ninguna reacción es completamente irreversible. ¿En qué condiciones se obtendría un menor desplazamiento de la reacción hacia la formación de vapor de agua?
- A) A baja temperatura y baja presión.  
B) A alta temperatura y baja presión.  
C) A baja temperatura y alta presión.  
D) A alta temperatura y alta presión.  
E) Ni la temperatura ni la presión afectan al equilibrio.

- 16) Señale el conjunto de número cuánticos que describen a uno de los electrones más externos de un átomo neutro de yodo ( $Z = 53$ ), si se tiene en cuenta que notación empleada para los conjuntos de números cuánticos se corresponde con  $(n, l, m, s)$ :
- A)  $(4, 1, 0, +\frac{1}{2})$ .  
 B)  $(4, 2, 0, +\frac{1}{2})$ .  
 C)  $(5, 0, 0, +\frac{1}{2})$ .  
 D)  $(6, 1, 0, +\frac{1}{2})$ .  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 17) Una sustancia no conduce la electricidad en ningún estado y presenta elevada dureza. ¿De qué tipo de sustancia se trata?
- A) Un compuesto iónico.  
 B) Un metal.  
 C) Una sustancia (covalente) molecular.  
 D) Un sólido (de red) covalente.  
 E) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 18) ¿Cuál es la hibridación del átomo central en la molécula de  $\text{SF}_4$ ?
- A)  $sp$ .  
 B)  $sp^2$ .  
 C)  $sp^3$ .  
 D)  $sp^3d$ .  
 E)  $sp^3d^2$ .
- 19) Señale, de entre los siguientes tipos de fuerzas intermoleculares, cuál es la más intensa que se establece entre las moléculas de dióxido de carbono:
- A) Fuerzas de dispersión de London.  
 B) Dipolo-dipolo inducido.  
 C) Dipolo-dipolo.  
 D) Ion-dipolo.  
 E) Enlace de hidrógeno.
- 20) Señale el nombre preferido por la IUPAC (PIN) del siguiente compuesto:



- A) 2-cloro-4-(hidroximetil)-6-bromooct-1-en-7-ino.  
 B) 6-bromo-2-cloro-4-(hidroximetil)oct-1-en-7-ino.  
 C) 3-bromo-5-(hidroximetil)-7-clorooct-7-en-1-ino.  
 D) 3-bromo-7-cloro-5-(hidroximetil)oct-7-en-1-ino.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

## DATOS

Densidad del agua:  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  
 $A_r(\text{F}) = 19,0$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  $A_r(\text{S}) = 32,1$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{Ca}) = 40,1$ ;  
 $A_r(\text{Br}) = 79,9$ ;  $A_r(\text{I}) = 126,9$ .

**OLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***RESPUESTAS***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 8 de marzo de 2024

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

### RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST

Cuestión	Respuesta
1	D
2	C
3	B
4	A
5	A
6	A
7	D
8	E <sup>(1)</sup>
9	E <sup>(2)</sup>
10	B

Cuestión	Respuesta
11	C
12	D
13	D
14	E <sup>(3)</sup>
15	B
16	C
17	D
18	D
19	A
20	E <sup>(4)</sup>

Notas:

- <sup>(1)</sup> Solución correcta: son correctas las afirmaciones I, II y III.
- <sup>(2)</sup> Solución correcta: 71 %.
- <sup>(3)</sup> Solución correcta:  $K_p$  no depende de la presión, solo de la temperatura.
- <sup>(4)</sup> Solución correcta: 4-bromo-2-(2-cloroprop-2-en-1-il)hex-5-in-1-ol.

# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**PROBLEMAS  
ENUNCIADOS**



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## PROBLEMAS

### 8 de marzo de 2024

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

#### **Conteste cada problema en una hoja distinta.**

Al final de la hoja puede encontrar datos de interés para resolver los problemas.

La calificación máxima del ejercicio de problemas son 4 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

#### **PROBLEMA 1**

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas o materiales que están presentes en las aguas, se han detectado en ellas en los últimos tiempos y pueden suponer riesgos sanitarios y medioambientales. Realmente no son contaminantes nuevos, pero como su concentración es muy baja, no ha sido posible determinarlos con precisión hasta que no han avanzado suficiente las técnicas analíticas con que se miden. Dentro de esta categoría de contaminantes emergentes se incluyen gran diversidad de sustancias, como fármacos, plaguicidas, muy diversos tipos de aditivos, detergentes, cosméticos... El principal problema de estos contaminantes reside en que no suelen ser degradados en los tratamientos que habitualmente se aplican en las estaciones de depuración de aguas residuales. Como resultado, su concentración en el medio natural va en aumento, lo que puede suponer un riesgo para la salud si se tiene en cuenta que algunos de estos contaminantes se comportan como disruptores endocrinos.

En este sentido, el grupo de investigación TAB (Tecnologías Ambientales y Bioprocesos) de la Universidad de Cantabria estudia cómo se pueden eliminar diversos contaminantes emergentes mediante oxidación electroquímica, ya que esta tecnología destaca por una elevada eficiencia para degradarlos y mineralizarlos (transformarlos hasta productos finales inorgánicos, como el dióxido de carbono), especialmente cuando se emplean electrodos de diamante dopado con boro. Además, la integración de esta tecnología con la tecnología de membranas permite superar el problema de las bajas concentraciones de estos contaminantes, así como reducir el consumo de energía del proceso electroquímico (gracias a una mayor concentración de sales que incrementa la conductividad del agua).

En el marco de un trabajo fin de grado, un alumno del grado en Ingeniería Química quiere determinar los contaminantes emergentes presentes en un agua residual. De uno de los contaminantes presentes, tras realizar distintos análisis, el alumno ya conoce que el compuesto está formado solo por tres elementos: carbono, hidrógeno y oxígeno. Además, ha determinado que cada molécula de este contaminante contiene 14 átomos de carbono y 12 de hidrógeno y, en relación a su composición centesimal, puede asegurar que el compuesto contiene un 73,7 % de carbono. Con esta información, determine la masa molar de este contaminante emergente. **(1,00 puntos)**

## PROBLEMA 2

En un recipiente cerrado y rígido, en el que se ha hecho el vacío, se introduce un gas A que experimenta la siguiente reacción reversible a temperatura constante:



Si en el equilibrio la presión total en el recipiente es un 40 % superior a la presión inicial (la que había justo después de introducir A en el recipiente) y todas las sustancias (A, B y C) tienen comportamiento de gas ideal, determine:

- El grado de disociación experimentado por A. **(0,75 puntos)**
- Si la presión inicial en el recipiente (la que había justo después de introducir A en el mismo) era de 1000 mmHg, ¿cuál es la constante de equilibrio  $K_p$  de la reacción a esa temperatura? **(0,75 puntos)**

## PROBLEMA 3

Se tienen 2,0 L de una disolución acuosa que contiene una concentración de  $Ca^{2+}$  igual a  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ . Para disminuir esta concentración, se añade NaOH para que precipite hidróxido de calcio. Asumiendo que el volumen del NaOH añadido es despreciable y que en todo momento la temperatura es de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , calcule:

- El pH necesario para que precipite el 99 % del  $Ca^{2+}$  inicialmente presente en la disolución acuosa. **(0,75 puntos)**
- La masa de NaOH que se necesita añadir a la disolución acuosa para que precipite el 99 % del  $Ca^{2+}$  inicialmente presente en la misma. Nota: si no se obtuvo la solución del apartado a, realícese este apartado suponiendo que el pH necesario para que precipite el 99 % del  $Ca^{2+}$  es igual a 13,0. **(0,75 puntos)**

## DATOS

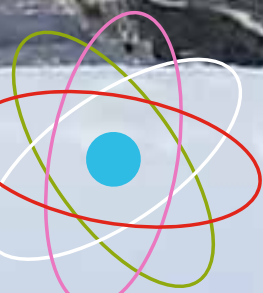
Constante universal de los gases ideales,  $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  $A_r(\text{Ca}) = 40,1$ .

Producto de solubilidad,  $K_{ps}$ :  $K_{ps, \text{hidróxido de calcio}} = 6,5 \cdot 10^{-6}$ .

*O***LIMPIADA DE QUÍMICA**  
*O***DE CANTABRIA**

**PROBLEMAS**  
***RESOLUCIÓN***



## PROBLEMA 1

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas o materiales que están presentes en las aguas, se han detectado en ellas en los últimos tiempos y pueden suponer riesgos sanitarios y medioambientales. Realmente no son contaminantes nuevos, pero como su concentración es muy baja, no ha sido posible determinarlos con precisión hasta que no han avanzado suficiente las técnicas analíticas con que se miden. Dentro de esta categoría de contaminantes emergentes se incluyen gran diversidad de sustancias, como fármacos, plaguicidas, muy diversos tipos de aditivos, detergentes, cosméticos... El principal problema de estos contaminantes reside en que no suelen ser degradados en los tratamientos que habitualmente se aplican en las estaciones de depuración de aguas residuales. Como resultado, su concentración en el medio natural va en aumento, lo que puede suponer un riesgo para la salud si se tiene en cuenta que algunos de estos contaminantes se comportan como disruptores endocrinos.

En este sentido, el grupo de investigación TAB (Tecnologías Ambientales y Bioprocesos) de la Universidad de Cantabria estudia cómo se pueden eliminar diversos contaminantes emergentes mediante oxidación electroquímica, ya que esta tecnología destaca por una elevada eficiencia para degradarlos y mineralizarlos (transformarlos hasta productos finales inorgánicos, como el dióxido de carbono), especialmente cuando se emplean electrodos de diamante dopado con boro. Además, la integración de esta tecnología con la tecnología de membranas permite superar el problema de las bajas concentraciones de estos contaminantes, así como reducir el consumo de energía del proceso electroquímico (gracias a una mayor concentración de sales que incrementa la conductividad del agua).

En el marco de un trabajo fin de grado, un alumno del grado en Ingeniería Química quiere determinar los contaminantes emergentes presentes en un agua residual. De uno de los contaminantes presentes, tras realizar distintos análisis, el alumno ya conoce que el compuesto está formado solo por tres elementos: carbono, hidrógeno y oxígeno. Además, ha determinado que cada molécula de este contaminante contiene 14 átomos de carbono y 12 de hidrógeno y, en relación a su composición centesimal, puede asegurar que el compuesto contiene un 73,7 % de carbono. Con esta información, determine la masa molar de este contaminante emergente. **(1,00 puntos)**

### Resolución

En el enunciado del problema, se proporciona el porcentaje en masa de carbono que tiene el compuesto (73,7 %), así como el número de átomos de carbono (14 átomos) y de hidrógeno (12 átomos) de dicho compuesto. Además, se dispone de las masas atómicas relativas de los elementos que forman el compuesto: carbono (12,0), hidrógeno (1,0) y oxígeno (16,0). Tal y como se deduce de la Ley de proporciones definidas (o Ley de Proust), la proporción en masa de los elementos que forman un compuesto es fija (lo que precisamente permite diferenciar un compuesto de una mezcla). Por ello, la proporción de carbono (en masa) que hay en 100 g de compuesto tiene que ser la misma que la que hay en una molécula de compuesto, es decir:

$$\frac{\% C}{100 \text{ g}} = \frac{14 \cdot 12,0 \text{ u}}{M} = \frac{168 \text{ u}}{M} \quad [1.1]$$

donde % C es la masa de carbono que hay en 100 g de compuesto (esto es, el porcentaje en masa de este elemento) y M es la masa molecular del compuesto. Así, con la información disponible y representando mediante x el número de átomos de oxígeno en cada molécula de compuesto, se concluye:

$$\% C = 73,7 \text{ g} \quad [1.2]$$

$$M = 14 \cdot 12,0 \text{ u} + 12 \cdot 1,0 \text{ u} + x \cdot 16,0 \text{ u} = (180 + 16,0 \cdot x) \text{ u} \quad [1.3]$$

Reemplazando [1.2] y [1.3] en [1.1] se obtiene x:

$$\frac{73,7 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{168 \text{ u}}{(180 + 16,0 \cdot x) \text{ u}} \quad [1.4]$$

$$73,7 (180 + 16,0 \cdot x) = 1,68 \cdot 10^4 \quad [1.5]$$

$$x = 3,00 \quad [1.6]$$

En consecuencia, cada molécula de compuesto contiene 3 átomos de oxígeno. Con este dato, ya se conoce la fórmula molecular del compuesto:  $C_{14}H_{12}O_3$ . A título informativo, esta fórmula molecular es compatible con la benzofenona-3 u oxibenzona –PIN: (fenil)(2-hidroxi-4-metoxifenil)metanona–, que es uno de los contaminantes emergentes incluidos por la Comisión Europea en la lista de observación de sustancias de seguimiento a nivel de la Unión Europea en el ámbito de la política de aguas de 2022 (última disponible a la fecha de elaboración del examen de la Olimpiada).

A partir de la fórmula molecular del compuesto y las masas atómicas de los elementos, se puede calcular directamente su masa molar, M, tal y como se muestra a continuación:

$$M = 14 \cdot 12,0 \text{ g mol}^{-1} + 12 \cdot 1,0 \text{ g mol}^{-1} + 3 \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1} = \mathbf{228 \text{ g mol}^{-1}} \quad [1.7]$$

## PROBLEMA 2

En un recipiente cerrado y rígido, en el que se ha hecho el vacío, se introduce un gas A que experimenta la siguiente reacción reversible a temperatura constante:



Si en el equilibrio la presión total en el recipiente es un 40 % superior a la presión inicial (la que había justo después de introducir A en el recipiente) y todas las sustancias (A, B y C) tienen comportamiento de gas ideal, determine:

- El grado de disociación experimentado por A. **(0,75 puntos)**
- Si la presión inicial en el recipiente (la que había justo después de introducir A en el mismo) era de 1000 mmHg, ¿cuál es la constante de equilibrio  $K_p$  de la reacción a esa temperatura? **(0,75 puntos)**

### Resolución

#### Apartado a:

El grado de disociación,  $\alpha$ , se define como la fracción de moléculas (o moles) de reactivo que se disocian. Tal y como indica su nombre, el grado de disociación está ideado para aplicarse en reacciones de disociación (o descomposición, en las que un único reactivo se convierte en dos o más productos), por lo que la fracción de moléculas disociadas equivale a la fracción de moléculas que han reaccionado. Así, si se generaliza el grado de disociación como la fracción de moléculas que reaccionan, se puede aplicar a reacciones diferentes a las de disociación, en las que haya más de un reactivo. En estos casos,  $\alpha$  debe referirse únicamente al reactivo limitante.

En el caso de la reacción de este problema:



$\alpha$  se define de acuerdo a la expresión:

$$\alpha = \frac{n_{\text{A, reac}}}{n_{\text{A, 0}}} \quad [2.2]$$

donde  $n_{\text{A, reac}}$  son los moles de A que reaccionan y  $n_{\text{A, 0}}$  son los moles iniciales de A (antes de la reacción). En consecuencia, el número de moles de A que reaccionan se puede expresar en función del grado de disociación según:

$$n_{\text{A, reac}} = n_{\text{A, 0}} \alpha \quad [2.3]$$

Teniendo presente la estequiometría de la reacción descrita por la ecuación [2.1] y lo dispuesto por la ecuación [2.3], dado  $n_{\text{A, reac}}$  se pueden determinar los moles de B y C formados en la reacción,  $n_{\text{B, reac}}$  y  $n_{\text{C, reac}}$ , respectivamente, según:

$$n_{\text{B, reac}} = n_{\text{A, reac}} \frac{2 \text{ mol B}}{2 \text{ mol A}} = n_{\text{A, reac}} = n_{\text{A, 0}} \alpha \quad [2.4]$$

$$n_{C, \text{reac}} = n_{A, \text{reac}} \frac{1 \text{ mol C}}{2 \text{ mol A}} = 0,5 n_{A, \text{reac}} = 0,5 n_{A,0} \alpha \quad [2.5]$$

Tal y como se ha mostrado, los cálculos estequiométricos basados en los coeficientes estequiométricos deben hacerse en moles o, si no hay coeficientes fraccionarios, en moléculas. Sin embargo, dado el comportamiento de gas ideal de todas las sustancias del problema y que la reacción transcurre a T y V (el recipiente es rígido) constantes, en este caso los cálculos estequiométricos también pueden hacerse en base a las presiones parciales de las sustancias involucradas en la reacción ( $P_A$ ,  $P_B$  y  $P_C$ ). Ello se debe a que la Ley de los gases ideales establece una proporcionalidad directa entre la presión parcial de un componente i,  $P_i$ , y el número de moles de i,  $n_i$ , en estas condiciones:

$$P_i V = n_i R T \Rightarrow P_i = \frac{R T}{V} n_i \quad [2.6]$$

donde R es la constante universal de los gases ideales. De este modo, la ecuación [2.6] demuestra que si T y V son constantes, como en este problema, la presión parcial de cada componente solo depende del número de moles de este y, en consecuencia, los cálculos estequiométricos pueden hacerse también con presiones parciales, tal y como se afirmó anteriormente.

Además, puesto que inicialmente solo había en el recipiente el gas A, se verifica que la presión total inicial,  $P_0$ , es la debida a A:

$$P_0 = P_{A,0} \quad [2.7]$$

y, en consecuencia, las presiones parciales iniciales de B y de C,  $P_{B,0}$  y  $P_{C,0}$ , respectivamente, verifican:

$$P_{B,0} = P_{C,0} = 0 \quad [2.8]$$

Por todo lo expuesto, las ecuaciones [2.3]-[2.5] pueden expresarse en función de presiones según:

$$P_{A, \text{reac}} = P_0 \alpha \quad [2.9]$$

$$P_{B, \text{reac}} = P_{A, \text{reac}} = P_{A,0} \alpha = P_0 \alpha \quad [2.10]$$

$$P_{C, \text{reac}} = 0,5 P_{A, \text{reac}} = 0,5 P_{A,0} \alpha = 0,5 P_0 \alpha \quad [2.11]$$

Por consiguiente, los cálculos estequiométricos del equilibrio químico de la ecuación [2.1] realizados con presiones parciales quedan como sigue:

	2 A (g)	$\rightleftharpoons$	2 B (g)	+	C (g)
Inicial	$P_0$		0		0
Reacciona	$- P_0 \alpha$		$P_0 \alpha$		$0,5 P_0 \alpha$
Equilibrio	$P_0 (1 - \alpha)$		$P_0 \alpha$		$0,5 P_0 \alpha$

De esta forma, la presión total en el equilibrio,  $P$ , de acuerdo con la Ley de presiones parciales de Dalton, será igual a la suma de las presiones parciales de cada uno de los componentes gaseosos presentes en el recipiente:

$$P = P_A + P_B + P_C \quad [2.12]$$

donde, si se reemplazan las presiones parciales en el equilibrio por sus expresiones en función de  $P_0$  y  $\alpha$  deducidas de los cálculos estequiométricos,  $P$  es igual a:

$$P = P_0 (1 - \alpha) + P_0 \alpha + 0,5 P_0 \alpha = P_0 (1 + 0,5 \alpha) \quad [2.13]$$

Por su parte, el enunciado del problema indica que  $P$  es un 40 % superior a la presión inicial, por lo que  $P$  y  $P_0$  verifican:

$$P = 1,40 P_0 \quad [2.14]$$

Igualando [2.13] y [2.14], se obtiene el grado de disociación,  $\alpha$ :

$$P_0 (1 + 0,5 \alpha) = 1,40 P_0 \quad [2.15]$$

$$1 + 0,5 \alpha = 1,40 \quad [2.16]$$

$$0,5 \alpha = 0,40 \quad [2.17]$$

$$\alpha = 0,80 \quad [2.18]$$

#### **Apartado b:**

La expresión de la constante de equilibrio  $K_p$  aplicada a la reacción química reversible descrita por la ecuación [2.1] viene dada por:

$$K_p = \frac{P_B^2 P_C}{P_A^2} \quad [2.19]$$

Si se sustituyen las presiones parciales en el equilibrio por sus expresiones en función de  $P_0$  y  $\alpha$  deducidas de los cálculos estequiométricos, la ecuación [2.19] queda:

$$K_p = \frac{(P_0 \alpha)^2 0,5 P_0 \alpha}{[P_0 (1 - \alpha)]^2} = \frac{P_0^2 \alpha^2 0,5 P_0 \alpha}{P_0^2 (1 - \alpha)^2} = \frac{0,5 P_0 \alpha^3}{(1 - \alpha)^2} \quad [2.20]$$

De esta forma, a partir de  $P_0$  y  $\alpha$ , es posible determinar el valor de  $K_p$ . Así, en el apartado a se obtuvo que  $\alpha = 0,80$ . Por su parte, el enunciado establece que, para este apartado,  $P_0 = 1000$  mmHg. Sin embargo, si se tiene en cuenta la deducción termodinámica de  $K_p$ , en la expresión de esta las presiones deben introducirse en atm (estrictamente en bar, si bien se opta por expresarla en atm ya que la inmensa mayoría de la bibliografía sigue empleando atm para medir las presiones que aparecen en  $K_p$ ), por lo que se efectúa este cambio de unidades de  $P_0$ :

$$P_0 = 1000 \text{ mmHg} \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 1,316 \text{ atm} \quad [2.21]$$

En consecuencia, reemplazando valores en la ecuación [2.20] se obtiene el valor de  $K_p$ :

$$K_p = \frac{0,5 \cdot 1,316 \cdot 0,80^3}{(1 - 0,80)^2} = \mathbf{8,4} \quad [2.22]$$

### PROBLEMA 3

Se tienen 2,0 L de una disolución acuosa que contiene una concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  igual a  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ . Para disminuir esta concentración, se añade NaOH para que precipite hidróxido de calcio. Asumiendo que el volumen del NaOH añadido es despreciable y que en todo momento la temperatura es de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , calcule:

- El pH necesario para que precipite el 99 % del  $\text{Ca}^{2+}$  inicialmente presente en la disolución acuosa. **(0,75 puntos)**
- La masa de NaOH que se necesita añadir a la disolución acuosa para que precipite el 99 % del  $\text{Ca}^{2+}$  inicialmente presente en la misma. Nota: si no se obtuvo la solución del apartado a, realícese este apartado suponiendo que el pH necesario para que precipite el 99 % del  $\text{Ca}^{2+}$  es igual a 13,0. **(0,75 puntos)**

#### Resolución

##### Apartado a:

En medio suficientemente básico, el ion  $\text{Ca}^{2+}$  precipita como hidróxido de calcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , según el siguiente equilibrio de solubilidad:



De este modo, para que precipite, debe verificarse que  $Q > K_{\text{ps}}$ , donde  $Q$  es el producto iónico, que viene definido por:

$$Q = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad [3.2]$$

Por lo tanto, para que precipite el 99 % de  $\text{Ca}^{2+}$ , se ha de cumplir que  $Q > K_{\text{ps}}$  mientras que la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $[\text{Ca}^{2+}]$ , no se reduzca hasta el 1 % de la concentración inicial, momento en el cual debería verificarse que  $Q = K_{\text{ps}}$ , es decir, momento en el que la disolución pasaría a estar saturada y dejaría de precipitar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . En consecuencia, dado que la concentración inicial de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $[\text{Ca}^{2+}]_0$ , es igual a  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ , en el momento en que  $Q = K_{\text{ps}}$  y haya precipitado el 99 % de iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $[\text{Ca}^{2+}]$  toma el siguiente valor:

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0,01[\text{Ca}^{2+}]_0 = 0,01 \cdot 0,10 \text{ mol L}^{-1} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.3]$$

Así, puesto que cuando haya precipitado el 99 % de  $\text{Ca}^{2+}$  se cumple la igualdad  $Q = K_{\text{ps}}$  y se conocen los valores de  $K_{\text{ps}}$  y  $[\text{Ca}^{2+}]$ , se determina la concentración de iones hidróxido,  $[\text{OH}^-]$ , despejando esta de la expresión del producto de solubilidad,  $K_{\text{ps}}$ :

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_{\text{ps}}}{[\text{Ca}^{2+}]}} = \sqrt{\frac{6,5 \cdot 10^{-6}}{1,0 \cdot 10^{-3}}} = 0,0806 \text{ mol L}^{-1} \quad [3.4]$$

A partir de  $[\text{OH}^-]$  y del producto iónico del agua,  $K_w$ , del que debe conocerse que su valor a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  es de  $1,0 \cdot 10^{-14}$ , se calcula  $[\text{H}_3\text{O}^+]^+$ :

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{0,0806} = 1,24 \cdot 10^{-13} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.5]$$

Finalmente, conocido  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , se determina el pH mediante su definición:

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log(1,24 \cdot 10^{-13}) = 12,9 \quad [3.6]$$

Por consiguiente, el pH necesario para que precipite el 99 % de  $\text{Ca}^{2+}$  inicialmente presente en la disolución acuosa es igual a **12,9**.

### Apartado b:

La cantidad de hidróxido de sodio, NaOH, que se necesita para precipitar al 99 % del  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $n_{\text{NaOH}}$ , será la suma de la necesaria para proporcionar los iones hidróxido que forman el precipitado de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $n_{\text{NaOH,precipitado}}$ , más la necesaria para proporcionar los iones hidróxido que quedan en disolución,  $n_{\text{NaOH,disolución}}$ :

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{NaOH,precipitado}} + n_{\text{NaOH,disolución}} \quad [3.7]$$

A su vez, para calcular  $n_{\text{NaOH,precipitado}}$ , debe conocerse la cantidad de  $\text{Ca}^{2+}$  que ha precipitado,  $n_{\text{Ca}^{2+}}$ . Para ello, ha de tenerse en cuenta que el  $\text{Ca}^{2+}$  precipitado es el que ha dejado de estar disuelto, por lo que se calcula en base a la diferencia entre la concentración inicial de este ion,  $[\text{Ca}^{2+}]_0 = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ , y su concentración final cuando ha precipitado el 99 %,  $[\text{Ca}^{2+}] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ , según:

$$n_{\text{Ca}^{2+}} = V([\text{Ca}^{2+}]_0 - [\text{Ca}^{2+}]) \quad [3.8]$$

donde V es el volumen de la disolución acuosa (2 L). Reemplazando valores, se obtiene  $n_{\text{Ca}^{2+}}$ :

$$n_{\text{Ca}^{2+}} = 2 \text{ L} (0,10 \text{ mol L}^{-1} - 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}) = 0,198 \text{ mol} \quad [3.9]$$

A partir de  $n_{\text{Ca}^{2+}}$ , se determina  $n_{\text{NaOH,precipitado}}$  teniendo presentes que se precisa un mol de iones OH para formar un mol de NaOH y la ecuación [3.1], que establece la relación en la que se combinan los iones calcio e hidróxido al formar  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ :

$$n_{\text{NaOH,precipitado}} = 0,198 \text{ mol Ca}^{2+} \frac{2 \text{ mol OH}^-}{1 \text{ mol Ca}^{2+}} \frac{1 \text{ mol NaOH}}{1 \text{ mol OH}^-} = 0,396 \text{ mol} \quad [3.10]$$

Por su parte,  $n_{\text{NaOH,disolución}}$  se obtiene a partir de [OH], que es igual a  $0,0806 \text{ mol L}^{-1}$ , tal y como se calculó en el apartado anterior. Como puede apreciarse, dado el relativamente elevado valor de [OH], se puede considerar que la cantidad de iones hidróxido proporcionados por el equilibrio de autoionización del agua es despreciable. Así,  $n_{\text{NaOH,disolución}}$  queda:

$$n_{\text{NaOH,disolución}} = n_{\text{OH}^{\cdot},\text{disolución}} = V[\text{OH}^{\cdot}] = 2 \text{ L} \cdot 0,0806 \text{ mol L}^{-1} = 0,161 \text{ mol} \quad [3.11]$$

Conocidos  $n_{\text{NaOH,precipitado}}$  y  $n_{\text{NaOH,disolución}}$ , se halla  $n_{\text{NaOH}}$  mediante la ecuación [3.7]:

$$n_{\text{NaOH}} = 0,396 \text{ mol} + 0,161 \text{ mol} = 0,557 \text{ mol} \quad [3.12]$$

Finalmente, la masa de NaOH necesaria para precipitar el 99 % de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $m_{\text{NaOH}}$ , se determina de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$m_{\text{NaOH}} = M_{\text{NaOH}} n_{\text{NaOH}} \quad [3.13]$$

donde  $M_{\text{NaOH}}$  es la masa molar de hidróxido de sodio:

$$M_{\text{NaOH}} = 23,0 \text{ g mol}^{-1} + 16,0 \text{ g mol}^{-1} + 1,0 \text{ g mol}^{-1} = 40,0 \text{ g mol}^{-1} \quad [3.14]$$

En consecuencia,  $m_{\text{NaOH}}$  es igual a:

$$m_{\text{NaOH}} = 40,0 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,557 \text{ mol} = \mathbf{22,3 \text{ g}} \quad [3.15]$$

Si se realizase este apartado b partiendo del dato de  $\text{pH} = 13,0$  por no haber podido obtener la respuesta del apartado a, se modifica  $n_{\text{NaOH,disolución}}$  pero la cantidad de precipitado no cambia (se sigue estableciendo que precipite el 99 % de  $\text{Ca}^{2+}$ ), por lo que  $n_{\text{NaOH,precipitado}}$  no varía (0,396 mol). Para obtener  $n_{\text{NaOH,disolución}}$ , se calcula el valor de  $[\text{OH}^{\cdot}]$  que corresponde a un  $\text{pH} = 13,0$ , para lo cual se tienen presentes los conceptos de  $\text{pH}$  y  $K_w$ :

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^{\cdot}]) \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^{\cdot}] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-13,0} = 1,00 \cdot 10^{-13} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.16]$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^{\cdot}][\text{OH}^{\cdot}] \Rightarrow [\text{OH}^{\cdot}] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^{\cdot}]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,00 \cdot 10^{-13}} = 0,100 \text{ mol L}^{-1} \quad [3.17]$$

A partir de  $[\text{OH}^{\cdot}]$ , se determinan de nuevo  $n_{\text{NaOH,disolución}}$ ,  $n_{\text{NaOH}}$  y  $m_{\text{NaOH}}$  mediante las ecuaciones [3.11], [3.7] y [3.13], respectivamente:

$$n_{\text{NaOH,disolución}} = 2 \text{ L} \cdot 0,100 \text{ mol L}^{-1} = 0,200 \text{ mol} \quad [3.18]$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,396 \text{ mol} + 0,200 \text{ mol} = 0,596 \text{ mol} \quad [3.19]$$

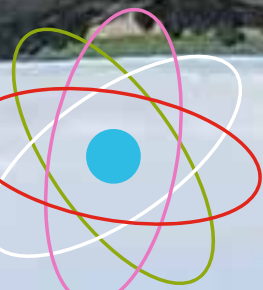
$$m_{\text{NaOH}} = 40,0 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,596 \text{ mol} = \mathbf{23,8 \text{ g}} \quad [3.20]$$

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*Q***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

***ENUNCIADO***



**X MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**10 de mayo de 2024**

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte I del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) El caudal (volumétrico) con que circula agua por una tubería es de  $0,432 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .  
¿Qué valor tiene este caudal si se expresa en  $\text{mL s}^{-1}$ ?  
A)  $7,20 \text{ mL s}^{-1}$ .  
B)  $120 \text{ mL s}^{-1}$ .  
C)  $7,20 \cdot 10^3 \text{ mL s}^{-1}$ .  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 2) En una balanza, se determina que la masa de un montón de arena es de 54,3 g. Se tiene un segundo montón de arena de 37,715 g de masa, medido con otra balanza diferente a la anterior. Si se mezclan ambos montones de arena (con cuidado de no perder absolutamente nada de masa en el proceso), ¿cuál es la masa del sistema resultante, expresada correctamente?  
A) 92 g.  
B) 92,0 g.  
C) 92,015 g.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 3) ¿Cómo clasificaría como propiedad a la solubilidad?  
A) Cualitativa, extensiva y general.  
B) Cuantitativa, intensiva y característica (o específica).  
C) Cualitativa, extensiva y característica (o específica).  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 4) Señale la afirmación correcta:  
A) Es posible que un compuesto esté formado por un solo tipo de átomos.  
B) Es posible que una sustancia simple esté formada por átomos con diferente número de protones.  
C) Es posible que una sustancia pura forme un sistema heterogéneo.  
D) Es posible que haya sistemas homogéneos de aspecto heterogéneo.

- 5) Señale la respuesta que contiene todas las condiciones necesarias para que se verifique la Ley de Boyle-Mariotte:
- A) La temperatura debe ser constante y el gas debe ser ideal.
  - B) La temperatura debe ser constante y la cantidad de gas debe ser constante.
  - C) El gas debe ser ideal y su cantidad debe ser constante.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) En una habitación cerrada llena de aire, se destapa un bote lleno de helio. ¿Qué tipo de sistema sería el gas de la habitación justo después de destapar el bote?
- A) Un sistema homogéneo.
  - B) Un sistema heterogéneo.
  - C) Un coloide.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) ¿Qué proceso de separación es el que explica que en un papel sobre el que se hayan pintado diferentes colores, cada uno de estos avance a diferente velocidad cuando se humedece el papel?
- A) Cromatografía.
  - B) Extracción con disolventes.
  - C) Destilación.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) Una disolución se prepara disolviendo 15 g de sal en agua. Si la disolución contiene un 20 % en masa de sal, ¿qué masa de agua contiene?
- A) 60 g.
  - B) 75 g.
  - C) 80 g.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) Si se suman las concentraciones expresadas en  $\text{g L}^{-1}$  de todos los componentes de una disolución, ¿qué se obtiene?
- A) La masa total de la disolución.
  - B) El volumen total de la disolución.
  - C) El valor de  $100 \text{ g L}^{-1}$ .
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) ¿Cuál es la masa molecular relativa del dihidrógeno?
- A) 1,0 u.
  - B) 2,0 u.
  - C) 4,0 u.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 11) En una reacción química en la que no se produzca ninguna transformación nuclear, ¿qué se conserva?
- A) La masa.
  - B) El volumen.
  - C) El número total de moles (cantidad de sustancia).
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

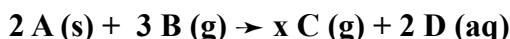
- 12) La nitroglicerina,  $C_3H_5N_3O_9$ , es un potente explosivo que se descompone según la siguiente ecuación química sin ajustar:



¿Cuántos moles de  $O_2$  se obtienen por cada mol de nitroglicerina que se descompone?

- A) 1.  
B) 4.  
C) 6.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 13) Se hacen reaccionar 21 g de dinitrógeno con 6 g de hidrógeno para formar amoníaco. ¿Qué masa de amoníaco se obtiene?
- A) 4 g.  
B) 25,5 g.  
C) 27 g.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

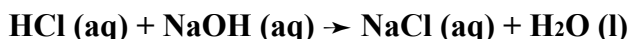
- 14) Se conoce que la siguiente reacción química irreversible se realiza con los reactivos en proporción estequiométrica:



donde A, B, C y D son sustancias químicas genéricas. Si en estas condiciones el volumen de gas tras la reacción se reduce un tercio respecto del que había antes de la reacción, ¿qué valor debe tener x?

- A) 1.  
B) 2.  
C) 3.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) ¿Qué masa de dióxido de carbono se emite al quemar con exceso de oxígeno 57 g de octano,  $C_8H_{18}$ ?
- A) 176 g.  
B) 352 g.  
C) 456 g.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

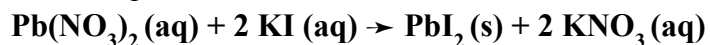
- 16) La siguiente reacción química:



es una reacción de:

- A) Neutralización.  
B) Precipitación.  
C) Oxidación-reducción.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

17) La siguiente reacción química:



es una reacción de:

- A) Neutralización.
  - B) Precipitación.
  - C) Oxidación-reducción.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 18) El año en el que la Unión Europea ha emitido más gases de efecto invernadero:
- A) Es anterior al año 2000.
  - B) Se sitúa entre 2000 y 2020, ambos incluidos.
  - C) Es posterior a 2020.
  - D) No hay datos para responder a esta cuestión.
- 19) ¿Qué país/grupo de países es el mayor emisor de gases de efecto invernadero?
- A) Unión Europea.
  - B) Estados Unidos de América.
  - C) República Popular China.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 20) Las medidas para luchar contra el cambio climático se clasifican en medidas de mitigación y medidas de adaptación. ¿Cuál de las siguientes medidas sería una medida de adaptación al cambio climático?
- A) Disminuir el consumo de combustibles fósiles y fomentar el uso de fuentes de energía renovables.
  - B) Modificar el código técnico de la edificación para garantizar que las nuevas construcciones resisten vientos más fuertes.
  - C) Reducir el uso de vehículos particulares y fomentar la utilización de transportes públicos.
  - D) Reemplazar bombillas incandescentes por lámparas led para reducir el consumo de energía.

## DATOS

Densidad del agua: 1,00 g mL<sup>-1</sup>.

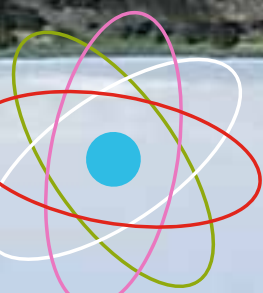
Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{He}) = 4,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  
 $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{K}) = 39,1$ ;  $A_r(\text{I}) = 126,9$ ;  
 $A_r(\text{Pb}) = 207,2$ .

*M*INIOLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE *C*CANTABRIA

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

**RESPUESTAS**



**X MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**10 de mayo de 2024**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**

Cuestión	Respuesta
1	B
2	B
3	B
4	C
5	D <sup>(1)</sup>
6	B
7	A
8	A
9	D <sup>(2)</sup>
10	D <sup>(3)</sup>

Cuestión	Respuesta
11	A
12	D <sup>(4)</sup>
13	B
14	B
15	A
16	A
17	B
18	A
19	C
20	B

Notas:

- (1) Solución correcta: la temperatura debe ser constante, el gas debe ser ideal y su cantidad debe ser constante.
- (2) Solución correcta: la densidad de la disolución.
- (3) Solución correcta: 2,0.
- (4) Solución correcta: 0,25 mol.

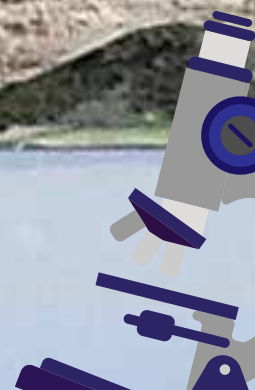


*MC*  
**MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

**ENUNCIADO**



# X MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)

### 10 de mayo de 2024

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte II del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) ¿Cuál de los siguientes materiales de laboratorio no permite medir volúmenes con una precisión relativamente elevada?  
A) Vaso de precipitados.  
B) Matraz aforado.  
C) Bureta.  
D) Pipeta.
- 2) ¿Qué peligro presentaría un bidón lleno de  $O_2$  puro a 1 atm a temperatura ambiente?  
A) Gases comburentes.  
B) Gases inflamables.  
C) Gases a presión.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 3) Un sistema formado por una sustancia pura experimenta un proceso A en el que se calienta y pasa de estado sólido a gas directamente (experimenta una sublimación). Posteriormente, esa sustancia pura, ya en estado gaseoso, experimenta un proceso B. Finalmente, tras el proceso B, esa sustancia pura gaseosa se somete a un proceso C en el que se enfría (experimentando un descenso de temperatura menor al aumento de temperatura del proceso A) y pasa a estado líquido, al producirse su condensación. ¿Qué puede indicar del proceso B, si en cada uno de los tres procesos (A, B y C) solo se ha modificado una variable de estado (P, T o V)?  
A) En el proceso B se ha variado la presión del sistema.  
B) En el proceso B se ha enfriado el sistema.  
C) En el proceso B se ha calentado el sistema.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 4) Un átomo de un elemento no identificado X forma el ion  $X^{2+}$ . Si se conoce que el ion  $X^{2+}$  posee 78 electrones, ¿a qué grupo de la tabla periódica pertenece X?
- A) Grupo 8.
  - B) Grupo 10.
  - C) Grupo 14.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 5) ¿Cuál fue el primer modelo atómico que contempló la existencia de partículas subatómicas?
- A) Modelo atómico de Rutherford.
  - B) Modelo atómico de Thomson.
  - C) Modelo atómico de Bohr.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) ¿Cuál es la fórmula química del óxido de plomo(IV)?
- A)  $PbO_4$ .
  - B)  $PbO_2$ .
  - C)  $Pb_2O$ .
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) ¿Cuál es la fórmula del ácido nítrico?
- A)  $HNO$ .
  - B)  $HNO_2$ .
  - C)  $HNO_3$ .
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) ¿Qué estado (o número) de oxidación presenta el azufre en el ácido sulfúrico?
- A) +4.
  - B) +5.
  - C) +6.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) ¿Cuál es la fórmula molecular del octano?
- A)  $C_8H_{14}$ .
  - B)  $C_8H_{16}$ .
  - C)  $C_8H_{18}$ .
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) Indique la respuesta que señala dos clases de compuestos que contienen siempre al menos dos átomos de oxígeno en sus moléculas:
- A) Alcoholes y ácidos carboxílicos.
  - B) Alcoholes y cetonas.
  - C) Ácidos carboxílicos y ésteres.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 11) Si en los átomos neutros de un elemento el electrón diferenciador se aloja en el subnivel 5p y este contiene un total de 2 electrones (contando al electrón diferenciador), ¿cuál es el número atómico de ese elemento?
- A) 40.
  - B) 50.
  - C) 60.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 12) En los átomos neutros en estado fundamental, ¿de qué elementos el electrón diferenciador no es uno de los electrones más externos?
- A) De elementos metálicos.
  - B) De elementos de transición y de transición interna.
  - C) De elementos no metálicos.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 13) Señale el elemento cuyos átomos poseen mayor radio atómico:
- A) I ( $Z = 53$ ).
  - B) Rb ( $Z = 37$ ).
  - C) Cl ( $Z = 17$ ).
  - D) Na ( $Z = 11$ ).
- 14) ¿Qué tipo de enlace se establece entre los átomos de dos elementos adyacentes en la tabla periódica y que poseen un número relativamente elevado de electrones de valencia?
- A) Covalente.
  - B) Iónico.
  - C) Metálico.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) ¿Qué tipo de enlace no es posible que se establezca entre átomos del mismo elemento químico?
- A) Covalente.
  - B) Iónico.
  - C) Metálico.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) ¿Qué enlace químico hay en una sustancia pura que, a muy bajas temperaturas y a presión atmosférica, se encuentra en estado gaseoso? Nota: el gas no es monoatómico.
- A) Covalente.
  - B) Iónico.
  - C) Metálico.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

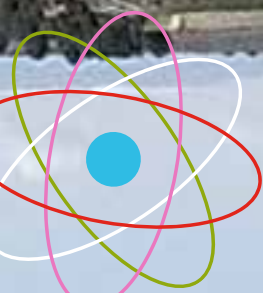
- 17) Si una sustancia pura forma un cristal, ¿qué tipo de enlace químico podría haber entre sus átomos?
- A) Solo covalente o iónico.
  - B) Solo iónico o metálico.
  - C) Solo metálico o covalente.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 18) Señale la afirmación verdadera:
- A) Todas las moléculas formadas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno establecen entre sí enlaces de hidrógeno.
  - B) Todas las moléculas formadas por átomos de carbono, hidrógeno y nitrógeno establecen entre sí enlaces de hidrógeno.
  - C) Es imposible que las moléculas formadas por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno puedan establecer entre sí enlaces de hidrógeno.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 19) Considérese una reacción química entre especies gaseosas que se lleva a cabo en un recipiente metálico (que no actúa de catalizador) de 20 L a 100 °C. ¿Qué cambio no originaría un aumento en la velocidad de reacción?
- A) Utilizar 20 recipientes de 1 L a la misma temperatura, para aumentar la superficie de contacto.
  - B) Aumentar la temperatura del recipiente a 200 °C, para aumentar la energía de las moléculas de gas.
  - C) Reducir el tamaño del recipiente hasta los 10 L sin que escape gas de su interior, manteniendo la temperatura constante, para aumentar el número de choques entre las moléculas de gas.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 20) Un catalizador aumenta la velocidad de reacción porque:
- A) Disminuye la energía de activación de la reacción.
  - B) Aumenta el calor liberado en la reacción.
  - C) Disminuye el calor absorbido en la reacción.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*C***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

***RESPUESTAS***



**X MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**  
**10 de mayo de 2024**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**

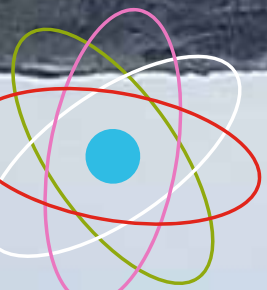
Cuestión	Respuesta
1	A
2	A
3	A
4	D <sup>(1)</sup>
5	B
6	D <sup>(2)</sup>
7	C
8	C
9	C
10	C

Cuestión	Respuesta
11	B
12	B
13	B
14	A
15	B
16	A
17	D <sup>(3)</sup>
18	D <sup>(4)</sup>
19	A
20	A

Notas:

- (1) Solución correcta: grupo 12.
- (2) Solución correcta: PbO<sub>2</sub>.
- (3) Solución correcta: covalente, iónico o metálico.
- (4) Solución correcta: las moléculas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno o nitrógeno pueden formar enlaces de hidrógeno entre sí (no es imposible que lo hagan), pero no necesariamente se establecerán dichos enlaces de hidrógeno, ya que dependerá de cómo se distribuyan los átomos en la molécula (solo aquellas moléculas que contengan al menos un átomo de hidrógeno unido a un átomo de flúor, oxígeno o nitrógeno formarán enlaces de hidrógeno entre ellas).

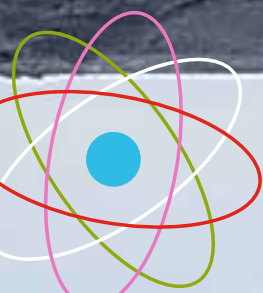
# año 2025



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***ENUNCIADO***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 7 de marzo de 2025

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,30 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 0,075 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima del ejercicio tipo test son 6 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) ¿Con qué material de laboratorio se mediría un volumen de líquido de 497,5 mL con la menor incertidumbre, esto es, con el menor error absoluto máximo?
- A) Una pipeta de 10 mL, con graduación de 0,1 mL.
  - B) Una bureta de 50 mL, con graduación de 0,1 mL.
  - C) Una probeta de 500 mL, con graduación de 5 mL.
  - D) Un matraz aforado de 500 mL.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta de forma exclusiva.
- 2) Considérense tres muestras de tres compuestos puros formados exclusivamente por los elementos genéricos A y B que se muestran en la siguiente tabla:

Compuesto	Masa total de muestra (g)	Masa de A en la muestra (g)
I	13,5	7,2
II	39,6	14,4
III	40,5	28,2

¿Qué afirmación es la correcta?

- A) Por cada átomo de B, en el compuesto II hay el doble de átomos de A que en el compuesto I.
- B) Por cada átomo de B, en el compuesto III hay el doble de átomos de A que en el compuesto I.
- C) Por cada átomo de B, en el compuesto III hay el doble de átomos de A que en el compuesto II.
- D) Por cada átomo de B, en el compuesto II hay el doble de átomos de A que en el compuesto III.
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 3) Para un gas genérico dado, ¿en qué condiciones su comportamiento se aproxima más al de gas ideal?
- A) Bajas presiones y bajas temperaturas.
  - B) Altas presiones y bajas temperaturas.
  - C) Bajas presiones y altas temperaturas.
  - D) Altas presiones y altas temperaturas.
  - E) No es posible determinar la respuesta correcta.
- 4) Señale el sistema que constituye una mezcla heterogénea:
- A) El contenido de un recipiente lleno de agua pura con hielo.
  - B) El contenido de un recipiente lleno de agua del grifo previamente filtrada.
  - C) El contenido de un recipiente lleno de agua pura en ebullición.
  - D) El contenido de un recipiente lleno de agua con gas, procedente de una botella de agua con gas recién abierta.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 5) Una disolución acuosa de ácido sulfúrico con una concentración molal igual a 5,0 mol kg<sup>-1</sup>, ¿qué porcentaje en masa de ácido sulfúrico contiene?
- A) 0,50 %.
  - B) 9,8 %.
  - C) 41 %.
  - D) 49 %.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) Considérense los siguientes sistemas a 1 atm:
- I) Agua pura.
  - II) Disolución acuosa de ácido perclórico de concentración 1 mol L<sup>-1</sup>.
  - III) Disolución acuosa de ácido acético de concentración 1 mol L<sup>-1</sup>.
- Ordene los sistemas en orden creciente de temperaturas de ebullición:
- A) I < II < III.
  - B) III < II < I.
  - C) I < III < II.
  - D) II < III < I.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) Un recipiente en el que previamente se ha hecho el vacío, se llena parcialmente con agua líquida y el resto con aire. Si se deja que el sistema alcance el equilibrio a una temperatura de 70 °C y se conoce que la presión parcial de oxígeno es de 0,42 bar, ¿cuál es la presión total del gas encerrado en el recipiente en esas condiciones, asumiendo que el sistema presenta comportamiento ideal?
- A) 0,42 bar.
  - B) 0,84 bar.
  - C) 1,21 bar.
  - D) 2,00 bar.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

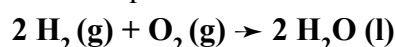
- 8) Sean A, B, C y D sustancias moleculares genéricas que reaccionan según:



Si en un recipiente cerrado en el que previamente se ha hecho el vacío se introducen 0,94 moles de A y 1,10 moles de B, ¿cuántos moles de moléculas habrá en el recipiente una vez haya finalizado la reacción química señalada?

- A) 2,20 mol.
- B) 2,26 mol.
- C) 2,35 mol.
- D) 2,51 mol.
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 9) Considérese la siguiente reacción química:



Señale la respuesta que contiene toda la información necesaria para estimar su entalpía estándar de reacción:

- A) El valor de la energía de enlace siguiente: O–H.
- B) Los valores de las energías de enlace siguientes: H–H, O–O y O–H.
- C) Los valores de las energías de enlace siguientes: H–H, O=O y O–H.
- D) Los valores de las energías de enlace siguientes: H–H, O=O y O=H.
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 10) A 25 °C, ¿qué sistemas materiales presentan una entropía nula?

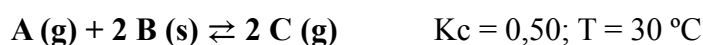
- A) Ninguno.
- B) Todos los sistemas formados por una única sustancia pura.
- C) Todos los sistemas formados por una única sustancia pura en estado estándar.
- D) Todos los sistemas en estado estándar.
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 11) Dos sustancias genéricas, A y B, reaccionan para dar un producto de gran utilidad, sin necesidad de que intervengan más reactivos. En esta reacción no hay órdenes parciales fraccionarios. A 20 °C, la velocidad de reacción es de  $0,450 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$  cuando  $[A] = 1,00 \text{ mol L}^{-1}$  y  $[B] = 1,00 \text{ mol L}^{-1}$ . De los dos reactivos, el precio de B es mucho más elevado que el de A. Si se deseara aumentar la velocidad de reacción para aumentar la producción, se debe recurrir a aumentar algo la concentración de A. ¿Cuál es la velocidad de reacción a 20 °C cuando  $[A] = 2,00 \text{ mol L}^{-1}$  y  $[B] = 3,00 \text{ mol L}^{-1}$ , si se conoce que a esa temperatura la constante cinética (o de velocidad) es igual a  $0,450 \text{ min}^{-1}$ ?

- A)  $0,450 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- B)  $0,900 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- C)  $1,35 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- D)  $2,70 \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 12) En unas determinadas condiciones, se introduce amoníaco gaseoso en un recipiente de 10,0 L de forma que inicialmente hay una concentración de amoníaco igual a  $3,00 \text{ mol L}^{-1}$ . A medida que transcurre el tiempo, el amoníaco va experimentando una descomposición en los elementos que lo forman hasta alcanzar un grado de disociación de 0,0500. En este equilibrio, ¿cuánto dihidrógeno se habrá formado?
- A) 0,150 mol.  
 B) 0,225 mol.  
 C) 1,50 mol.  
 D) 2,25 mol.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

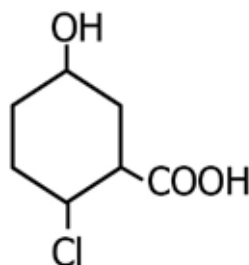
- 13) Se disponen unas sustancias A, B y C genéricas en un recipiente cerrado y se conoce lo siguiente:



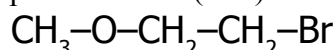
Si a  $T = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ , en el equilibrio  $[\text{A}] = 8,0 \text{ mol L}^{-1}$ , ¿qué puede afirmar?

- A) La reacción, tal y como está escrita, es endotérmica y, en el equilibrio a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $[\text{C}] = 4,0 \text{ mol L}^{-1}$ .  
 B) La reacción, tal y como está escrita, es exotérmica y, en el equilibrio a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $[\text{C}] = 4,0 \text{ mol L}^{-1}$ .  
 C) La reacción, tal y como está escrita, es endotérmica y, en el equilibrio a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $[\text{C}] = 2,0 \text{ mol L}^{-1}$ .  
 D) La reacción, tal y como está escrita, es exotérmica y, en el equilibrio a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $[\text{C}] = 2,0 \text{ mol L}^{-1}$ .  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) En contacto con una disolución de nitrato de potasio hay un precipitado de nitrato de potasio, estando el conjunto en equilibrio. ¿Cuál de las siguientes medidas aumentaría la concentración de iones nitrato en la disolución? Suponga que el volumen de los sólidos añadidos a la disolución no afecta al volumen de esta.
- A) Añadir agua a la disolución.  
 B) Añadir nitrato de potasio sólido a la disolución.  
 C) Añadir cloruro de potasio sólido a la disolución.  
 D) Añadir cloruro de sodio sólido a la disolución.  
 E) Disminuir la temperatura.
- 15) ¿Qué hizo que no se cumpliera la Ley de las octavas de Newlands para los átomos de elementos de los períodos 2 y 3 de la tabla periódica?
- A) El descubrimiento de los gases nobles.  
 B) El descubrimiento de algunas parejas de elementos en las que el elemento de mayor número atómico posee una masa atómica menor.  
 C) El descubrimiento de los metales de transición.  
 D) La necesidad de ordenar los elementos por número atómico creciente en lugar de por masa atómica crecientes.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 16) ¿Qué puede afirmar de un átomo neutro cuya configuración electrónica sea la siguiente:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ ?
- A) Se trata de un estado prohibido.  
 B) Se encuentra en estado excitado.  
 C) Pertenece al período 3 de la tabla periódica.  
 D) Pertenece al grupo 7 de la tabla periódica.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 17) ¿Qué geometría tiene una molécula de átomo central en la que el átomo central presenta una hibridación  $sp^3d$  y solo un par de electrones solitario (no enlazante)?
- A) Pirámide cuadrada.  
 B) Bipirámide trigonal.  
 C) Plana cuadrada.  
 D) Tetraédrica distorsionada.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 18) Si A y B son dos elementos no metálicos de diferente electronegatividad, ¿qué condición debe cumplir una molécula formada por un átomo central de A unido a varios átomos de B para que la molécula sea apolar?
- A) En la hibridación deben entrar todos los orbitales de la capa de valencia de A.  
 B) Debe haber un número par de átomos de B.  
 C) A no debe tener electrones ni pares de electrones solitarios (no enlazantes).  
 D) A no debe formar ningún enlace múltiple con ningún átomo de B.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 19) Señale el nombre preferido por la IUPAC (PIN) del siguiente compuesto:



- A) 4-cloro-3-carboxifenol.  
 B) 3-carboxi-4-clorofenol.  
 C) ácido 3-hidroxi-6-clorobenzoico.  
 D) ácido 2-cloro-5-hidroxibenzoico.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 20) Señale el nombre preferido por la IUPAC (PIN) del siguiente compuesto:



- A) 1-metoxi-2-bromoetano.  
 B) metil 2-bromoetil éter.  
 C) 2-bromo-1-metoxietano.  
 D) 1-bromo-2-metoxietano.  
 E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

## DATOS

Composición del aire (% en volumen): 78 % de  $N_2$ , 21 % de  $O_2$  y 1 % de Ar.

Densidad del agua:  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  
 $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  $A_r(\text{S}) = 32,1$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{K}) = 39,1$ ;  $A_r(\text{Br}) = 79,9$ .

Presión de vapor,  $P^0$  (70 °C):  $P_{H_2O}^0 = 31 \text{ kPa}$ .

**OLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST  
*RESPUESTAS***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 7 de marzo de 2025

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

### RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST

Cuestión	Respuesta
1	B
2	B
3	C
4	D
5	E <sup>(1)</sup>
6	C
7	E <sup>(2)</sup>
8	B
9	E <sup>(3)</sup>
10	A

Cuestión	Respuesta
11	B
12	D
13	C
14	D
15	A
16	E <sup>(4)</sup>
17	D
18	C
19	E <sup>(5)</sup>
20	D

Notas:

(1) Solución correcta: 33 %.

(2) Solución correcta: 2,31 bar.

(3) Solución correcta: los valores de las energías de enlace siguientes: H-H, O=O y O-H, así como la entalpía estándar de condensación del agua pura.

(4) Solución correcta: se encuentra en estado fundamental y pertenece al período 4 y grupo 6 de la tabla periódica.

(5) Solución correcta: ácido 2-cloro-5-hidroxiclohexano-1-carboxílico.

**OLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**PROBLEMAS  
ENUNCIADOS**



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## PROBLEMAS

### 7 de marzo de 2025

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

#### **Conteste cada problema en una hoja distinta.**

Al final de la hoja puede encontrar datos de interés para resolver los problemas.

La calificación máxima del ejercicio de problemas son 4 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

#### **PROBLEMA 1**

El hidrógeno es el elemento químico más ligero y sus átomos neutros contienen un único protón y un electrón. Sus isótopos naturales son el protio, el deuterio y el tritio, cuyos núcleos, además del protón, presentan 0, 1 y 2 neutrones, respectivamente. Es el elemento más abundante del universo, ya que el 75 % de la materia visible está formada por hidrógeno, si bien en la Tierra este porcentaje es muy inferior.

Este elemento, que generalmente se presenta como dihidrógeno gaseoso en condiciones ambientales, tiene múltiples aplicaciones, como la síntesis de amoníaco, el craqueo del petróleo (hidrocraqueo), la hidrogenación de aceites y grasas... Además, en el campo de la energía, está llamado a jugar un papel fundamental. Por un lado, como fuente de energía en los procesos de fusión nuclear que se están investigando en proyectos como el ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), que intentan reproducir el proceso de fusión que se da en el Sol y que constituye la gran promesa energética del futuro (emplea núcleos poco o nada radiactivos, sin problemas de residuos a largo plazo, que podrían obtenerse en grandes cantidades de los océanos). Por otro lado, como vector de energía, que permite almacenar los excedentes de generación de energías renovables como la eólica y la solar, al emplear esta energía para producir hidrógeno mediante la electrólisis del agua. El hidrógeno así obtenido es el denominado hidrógeno verde, ya que se puede emplear en lugar de combustible fósiles (o de electricidad generada a partir de estos). Sobre el hidrógeno verde se están desarrollando una gran cantidad de proyectos de investigación, ya que es un elemento clave para la descarbonización de la sociedad. Por ejemplo, en el marco del proyecto Sudoe Energy Push, investigadores del grupo de investigación PAS (Procesos Avanzados de Separación) de la Universidad de Cantabria han desarrollado una vivienda social autosuficiente y carbónicamente neutra gracias al uso de la tecnología PEMFC (pila de combustible de membrana de intercambio protónico) de pila de hidrógeno.

La sencillez estructural de los átomos de hidrógeno también hizo que estos átomos fuesen fundamentales en la determinación de la estructura atómica. Por ejemplo, la explicación del espectro de absorción y emisión de los átomos de hidrógeno por parte del modelo atómico de Bohr fue determinante en su éxito. En este sentido, un alumno

- del grado en Ingeniería Química, interesado en la Historia de la Ciencia, está realizando experimentos de espectroscopia de absorción atómica con el hidrógeno, empleando protio puro para ello. En dos de estos experimentos, para obtener líneas espectrales de la serie de Balmer, este alumno ilumina la muestra de hidrógeno atómico y gaseoso a muy baja presión con luz visible monocromática de longitudes de onda 450 nm y 600 nm (una en cada experimento). Determine, empleando para ello el modelo atómico de Bohr:
- ¿Qué transición o transiciones electrónicas se conseguirán con cada luz monocromática (indique la capa o nivel energético inicial y el/los final de cada transición)? **(1,00 punto)**
  - Si, en lugar de protio, el alumno utilizase deuterio, ¿cómo afectaría a la respuesta del apartado a)? **(0,25 puntos)**

## PROBLEMA 2

Se dispone de un sistema homogéneo formado por óxido de zinc, óxido de plata e impurezas de elementos metálicos (distintos al zinc y a la plata). Se toma una muestra A formada por 6,00 g de este sistema. Se trata esta muestra A en las condiciones adecuadas para transformar los óxidos de zinc y de plata en los correspondientes sulfuros, de forma que la masa total de los sulfuros obtenidos es de 5,403 g. Otra muestra B del sistema, de 3,50 g de masa, se trata convenientemente de forma que se recogen 1,949 g de un precipitado de cloruro de plata. Con toda esta información y conociendo que en el tratamiento de las muestras ninguno de los reactivos utilizados contiene zinc o plata, determine el porcentaje de oxígeno del sistema. **(1,25 puntos)**

## PROBLEMA 3

En un recipiente vacío de 2 L de capacidad se vierten 750 mL de una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno de concentración  $2,00 \text{ mol L}^{-1}$  y  $5,00 \cdot 10^{-3} \text{ hL}$  de una disolución acuosa de hidróxido de sodio de concentración  $119,2 \text{ kg m}^{-3}$ . A esta mezcla se le añaden 200 g de cloruro de amonio. Asumiendo que los volúmenes de las disoluciones son aditivos y la adición del cloruro de amonio no modifica el volumen de la mezcla, ¿cuál es el pH de la disolución resultante? **(1,50 puntos)**

### DATOS:

Constante de basicidad,  $K_b$ :  $K_{b,\text{amoniacio}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

Constante de Planck:  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ .

Constante de Rydberg:  $R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ .

Constante universal de los gases ideales,  $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  
 $A_r(\text{S}) = 32,1$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{Zn}) = 65,4$ ;  $A_r(\text{Ag}) = 107,9$ .

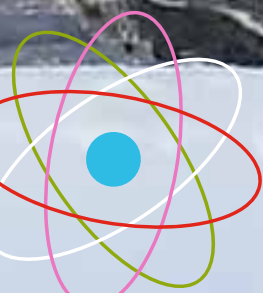
Masa del electrón:  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

Masa del protón:  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

Velocidad de la luz en el vacío:  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

*O* **OLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*O* **DE CANTABRIA**

**PROBLEMAS**  
***RESOLUCIÓN***



## PROBLEMA 1

El hidrógeno es el elemento químico más ligero y sus átomos neutros contienen un único protón y un electrón. Sus isótopos naturales son el protio, el deuterio y el tritio, cuyos núcleos, además del protón, presentan 0, 1 y 2 neutrones, respectivamente. Es el elemento más abundante del universo, ya que el 75 % de la materia visible está formada por hidrógeno, si bien en la Tierra este porcentaje es muy inferior.

Este elemento, que generalmente se presenta como dihidrógeno gaseoso en condiciones ambientales, tiene múltiples aplicaciones, como la síntesis de amoníaco, el craqueo del petróleo (hidrocraqueo), la hidrogenación de aceites y grasas... Además, en el campo de la energía, está llamado a jugar un papel fundamental. Por un lado, como fuente de energía en los procesos de fusión nuclear que se están investigando en proyectos como el ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), que intentan reproducir el proceso de fusión que se da en el Sol y que constituye la gran promesa energética del futuro (emplea núcleos poco o nada radiactivos, sin problemas de residuos a largo plazo, que podrían obtenerse en grandes cantidades de los océanos). Por otro lado, como vector de energía, que permite almacenar los excedentes de generación de energías renovables como la eólica y la solar, al emplear esta energía para producir hidrógeno mediante la electrólisis del agua. El hidrógeno así obtenido es el denominado hidrógeno verde, ya que se puede emplear en lugar de combustible fósiles (o de electricidad generada a partir de estos). Sobre el hidrógeno verde se están desarrollando una gran cantidad de proyectos de investigación, ya que es un elemento clave para la descarbonización de la sociedad. Por ejemplo, en el marco del proyecto Sudoe Energy Push, investigadores del grupo de investigación PAS (Procesos Avanzados de Separación) de la Universidad de Cantabria han desarrollado una vivienda social autosuficiente y carbónicamente neutra gracias al uso de la tecnología PEMFC (pila de combustible de membrana de intercambio protónico) de pila de hidrógeno.

La sencillez estructural de los átomos de hidrógeno también hizo que estos átomos fuesen fundamentales en la determinación de la estructura atómica. Por ejemplo, la explicación del espectro de absorción y emisión de los átomos de hidrógeno por parte del modelo atómico de Bohr fue determinante en su éxito. En este sentido, un alumno del grado en Ingeniería Química, interesado en la Historia de la Ciencia, está realizando experimentos de espectroscopia de absorción atómica con el hidrógeno, empleando protio puro para ello. En dos de estos experimentos, para obtener líneas espectrales de la serie de Balmer, este alumno ilumina la muestra de hidrógeno atómico y gaseoso a muy baja presión con luz visible monocromática de longitudes de onda 450 nm y 600 nm (una en cada experimento). Determine, empleando para ello el modelo atómico de Bohr:

- a) ¿Qué transición o transiciones electrónicas se conseguirán con cada luz monocromática (indique la capa o nivel energético inicial y el/los final de cada transición)? **(1,00 punto)**
- b) Si, en lugar de protio, el alumno utilizase deuterio, ¿cómo afectaría a la respuesta del apartado a)? **(0,25 puntos)**

## Resolución

### Apartado a:

Como se indica en el propio enunciado, el modelo atómico de Bohr permite explicar el espectro del átomo de hidrógeno. A su vez, este espectro viene descrito por la fórmula de Rydberg, que establece:

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad [1.1]$$

donde  $\tilde{\nu}$  es el número de ondas (en espectroscopia),  $\lambda$  es la longitud de onda,  $R_H$  es la constante de Rydberg (para el átomo de hidrógeno) y  $n_1$  y  $n_2$  son dos números enteros que verifican que  $n_1 < n_2$ , de forma que  $n_1$  define la serie espectral y  $n_2$  define la línea espectral concreta de longitud de onda  $\lambda$  de esa serie.

El valor de  $R_H$  se proporciona como dato:  $R_H = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ . Igualmente, los valores de las longitudes de onda de las luces monocromáticas consideradas se proporcionan en el enunciado, si bien, dado que el valor de  $R_H$  se da en  $\text{m}^{-1}$ ,  $\lambda$  debe expresarse en m:

$$\lambda_1 = 450 \text{ nm} \frac{1 \text{ m}}{10^{-9} \text{ nm}} = 4,50 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad [1.2]$$

$$\lambda_2 = 600 \text{ nm} \frac{1 \text{ m}}{10^{-9} \text{ nm}} = 6,00 \cdot 10^{-7} \text{ m} \quad [1.3]$$

Estas radiaciones, como explícitamente se expone en el enunciado, pertenecen a la región visible del espectro y, en consecuencia, sus líneas espectrales corresponden a la serie de Balmer, lo que implica que para ambas líneas  $n_1 = 2$ .

Por lo tanto, conocidos  $\lambda$ ,  $R_H$  y  $n_1$ , de la ecuación [1.1] se obtiene  $n_2$ :

$$n_2 = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{\lambda R_H}}} \quad [1.4]$$

Reemplazando valores:

$$\bullet \text{ Para } \lambda_1: n_2 = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4,50 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}}}} = 4,59 \quad [1.5]$$

$$\bullet \text{ Para } \lambda_2: n_2 = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6,00 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}}}} = 3,19 \quad [1.6]$$

Como puede apreciarse, para ninguna de las luces monocromáticas se obtiene un valor entero de  $n_2$ . De acuerdo con el tercer postulado del modelo atómico de Bohr, que establece:

*“Los electrones solo pueden ganar o perder energía en los saltos de una órbita permitida a otra, absorbiendo o emitiendo radiación electromagnética, respectivamente, cuya frecuencia viene dada por la diferencia de energías de las órbitas, según la ecuación de Planck:  $\Delta E = E_2 - E_1 = h \nu$ ”*,

el hecho de que los valores de  $n_2$  no sean números enteros, quiere decir que no hay ningún salto electrónico en los átomos de hidrógeno (en este caso, protio) cuya diferencia de energía de las órbitas se corresponda con la de los fotones de las radiaciones monocromáticas consideradas en el problema. En consecuencia, los átomos de hidrógeno no son capaces de absorber ninguna de las luces visibles consideradas. Debe recordarse que, precisamente, si los átomos pudieran absorber cualquier radiación (esto es,  $n_2$  tomar cualquier valor), los espectros atómicos serían continuos, y no discontinuos como se observa en la realidad y predice adecuadamente para el átomo de hidrógeno el modelo atómico de Bohr.

En conclusión, **al iluminar la muestra de protio con las luces monocromáticas consideradas en el ejercicio, no se conseguiría ninguna transición electrónica en ninguno de los casos, ya que los átomos de hidrógeno no pueden absorber dichas radiaciones.**

#### **Apartado b:**

El protio y el deuterio son dos isótopos del hidrógeno, por lo que únicamente se diferencian en el número de neutrones que presentan en su núcleo. Así, mientras el núcleo de los átomos de protio contiene un único protón (y ningún neutrón), el de los átomos de deuterio presenta dos nucleones (un protón y un neutrón). En consecuencia, la diferencia de considerar deuterio en lugar de protio radica en que la masa de los núcleos de los átomos de la muestra sería prácticamente el doble. Como puede apreciarse, la masa del núcleo no aparece en la fórmula de Rydberg.

Por consiguiente, **no se modificaría nada de lo expuesto en la respuesta del apartado anterior.**

Si se quisiera ser preciso, debería tenerse en cuenta que el valor de la constante de Rydberg realmente crece ligeramente al considerar átomos con núcleos más pesados. Ello se debe a que cuanto mayor sea la masa del núcleo, la masa del electrón comparada con la del núcleo es proporcionalmente menor y, por lo tanto, la hipótesis de que el núcleo es estacionario (asumida en el modelo atómico de Bohr) cada vez es más cierta. Sin embargo, este efecto no se puede apreciar cuando se proporciona la constante de Rydberg con 4 cifras significativas como en este problema, ya que el valor de  $R_H$  (para el protio) es  $1,096776 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$  mientras que el de  $R_\infty$  (constante de Rydberg del “infinito”, para núcleos con una masa infinitamente grande respecto de la del electrón) es  $1,097373 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ . Así, si se deseara considerar que el núcleo no permanece estacionario (debido a la fuerza que sobre el mismo ejerce el electrón), bastaría con

emplear la masa reducida del electrón (en lugar de su masa) en el desarrollo matemático del modelo atómico de Bohr.

En todo caso, aunque se considerase la pequeña influencia que la masa del núcleo tiene en el valor de la constante de Rydberg, este efecto cuantitativamente es muy pequeño, y dado que los valores de  $n_2$  obtenidos en el apartado a están lejanos de un número entero, tampoco se modificaría la respuesta del apartado anterior.

## PROBLEMA 2

Se dispone de un sistema homogéneo formado por óxido de zinc, óxido de plata e impurezas de elementos metálicos (distintos al zinc y a la plata). Se toma una muestra A formada por 6,00 g de este sistema. Se trata esta muestra A en las condiciones adecuadas para transformar los óxidos de zinc y de plata en los correspondientes sulfuros, de forma que la masa total de los sulfuros obtenidos es de 5,403 g. Otra muestra B del sistema, de 3,50 g de masa, se trata convenientemente de forma que se recogen 1,949 g de un precipitado de cloruro de plata. Con toda esta información y conociendo que en el tratamiento de las muestras ninguno de los reactivos utilizados contiene zinc o plata, determine el porcentaje de oxígeno del sistema. **(1,25 puntos)**

### Resolución

En la resolución del problema, los porcentajes en masa de zinc y de plata en el sistema (y por lo tanto, en las muestras) se representan por  $x$  e  $y$ , respectivamente. Puesto que el sistema es homogéneo, estos porcentajes serán idénticos en ambas muestras, A y B. Además, puesto que ninguno de los reactivos utilizados en el tratamiento de las muestras contiene zinc o plata, todo el zinc y toda la plata presentes en los precipitados provendrá del contenido en las muestras. Así, se pueden relacionar las masas de sulfuro de zinc, de sulfuro de plata y de cloruro de plata formados a partir de los óxidos de zinc y de plata teniendo en cuenta que la cantidad de zinc y de plata contenido en aquellos será la misma que la presente en los óxidos. Para ello, a su vez, se precisa conocer las masas molares de los óxidos, sulfuros y cloruro de plata involucrados en el problema:

$$\bullet M_{\text{ZnO}} = 65,4 \text{ g mol}^{-1} + 16,0 \text{ g mol}^{-1} = 81,4 \text{ g mol}^{-1} \quad [2.1]$$

$$\bullet M_{\text{Ag}_2\text{O}} = 2 \cdot 107,9 \text{ g mol}^{-1} + 16,0 \text{ g mol}^{-1} = 231,8 \text{ g mol}^{-1} \quad [2.2]$$

$$\bullet M_{\text{ZnS}} = 65,4 \text{ g mol}^{-1} + 32,1 \text{ g mol}^{-1} = 97,5 \text{ g mol}^{-1} \quad [2.3]$$

$$\bullet M_{\text{Ag}_2\text{S}} = 2 \cdot 107,9 \text{ g mol}^{-1} + 32,1 \text{ g mol}^{-1} = 247,9 \text{ g mol}^{-1} \quad [2.4]$$

$$\bullet M_{\text{AgCl}} = 107,9 \text{ g mol}^{-1} + 35,5 \text{ g mol}^{-1} = 143,4 \text{ g mol}^{-1} \quad [2.5]$$

De esta forma, las masas de sulfuros y de cloruro de plata que se forman a partir de cada muestra verifican:

$$\bullet m_{\text{ZnS}} = 6,00 \text{ g A} \frac{x \text{ g ZnO}}{100 \text{ g A}} \frac{1 \text{ mol ZnO}}{81,4 \text{ g ZnO}} \frac{1 \text{ mol Zn}}{1 \text{ mol ZnO}} \frac{1 \text{ mol ZnS}}{1 \text{ mol Zn}} \frac{97,5 \text{ g ZnS}}{1 \text{ mol ZnS}} \quad [2.6]$$

$$\bullet m_{\text{Ag}_2\text{S}} = 6,00 \text{ g A} \frac{y \text{ g Ag}_2\text{O}}{100 \text{ g A}} \frac{1 \text{ mol Ag}_2\text{O}}{231,8 \text{ g Ag}_2\text{O}} \frac{2 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol Ag}_2\text{O}} \frac{1 \text{ mol Ag}_2\text{S}}{2 \text{ mol Ag}} \frac{247,9 \text{ g Ag}_2\text{S}}{1 \text{ mol Ag}_2\text{S}} \quad [2.7]$$

$$\bullet m_{\text{AgCl}} = 3,50 \text{ g B} \frac{y \text{ g Ag}_2\text{O}}{100 \text{ g B}} \frac{1 \text{ mol Ag}_2\text{O}}{231,8 \text{ g Ag}_2\text{O}} \frac{2 \text{ mol Ag}}{1 \text{ mol Ag}_2\text{O}} \frac{1 \text{ mol AgCl}}{1 \text{ mol Ag}} \frac{143,4 \text{ g AgCl}}{1 \text{ mol AgCl}} \quad [2.8]$$

Operando, estas masas de sulfuros y de cloruro de plata quedan:

$$\bullet m_{\text{ZnS}} = 0,07187x \text{ g} \quad [2.9]$$

$$\bullet m_{\text{Ag}_2\text{S}} = 0,06417y \text{ g} \quad [2.10]$$

- $m_{\text{AgCl}} = 0,04330y \text{ g}$  [2.11]

Puesto que los precipitados solo están formados por sulfuro de zinc y sulfuro de plata, y por cloruro de plata, estas masas deben cumplir:

$$m_{\text{ZnS}} + m_{\text{Ag}_2\text{S}} = m_{\text{sulfuros}} \quad [2.12]$$

$$m_{\text{AgCl}} = m_{\text{cloruro}} \quad [2.13]$$

Reemplazando valores, queda:

$$0,07187x + 0,06417y = 5,403 \quad [2.14]$$

$$0,04330y = 1,949 \quad [2.15]$$

De la ecuación [2.15], se obtiene el valor de y:

$$y = \frac{1,949}{0,04330} = 45,0 \quad [2.16]$$

Conocido y, x se determina sustituyendo el valor de y en [2.14]:

$$0,07187x + 0,06417 \cdot 45,0 = 5,403 \quad [2.17]$$

$$0,07187x = 2,515 \quad [2.18]$$

$$x = \frac{2,515}{0,07187} = 35,0 \quad [2.19]$$

En consecuencia, se concluye que el sistema contiene un 35,0 % de ZnO y un 45,0 % de Ag<sub>2</sub>O. Puesto que el problema lo que solicita es el porcentaje de oxígeno y este solo está presente en estos dos óxidos (el enunciado descarta que las impurezas contengan oxígeno, al ser metálicas), este puede calcularse fácilmente a partir de la proporción de oxígeno que hay en cada compuesto:

$$\% \text{O} = \% \text{ZnO} \frac{1 \text{ mol ZnO}}{81,4 \text{ g ZnO}} \frac{1 \text{ mol O}}{1 \text{ mol ZnO}} \frac{16,0 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} + \% \text{Ag}_2\text{O} \frac{1 \text{ mol Ag}_2\text{O}}{231,8 \text{ g Ag}_2\text{O}} \frac{1 \text{ mol O}}{1 \text{ mol Ag}_2\text{O}} \frac{16,0 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} \quad [2.20]$$

Reemplazando valores, se obtiene el porcentaje de oxígeno del sistema:

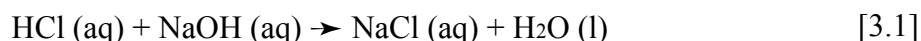
$$\% \text{O} = 35,0 \% \frac{16,0 \text{ g}}{81,4 \text{ g}} + 45,0 \% \frac{16,0 \text{ g}}{231,8 \text{ g}} = \mathbf{9,99 \%} \quad [2.21]$$

### PROBLEMA 3

En un recipiente vacío de 2 L de capacidad se vierten 750 mL de una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno de concentración  $2,00 \text{ mol L}^{-1}$  y  $5,00 \cdot 10^{-3} \text{ hL}$  de una disolución acuosa de hidróxido de sodio de concentración  $119,2 \text{ kg m}^{-3}$ . A esta mezcla se le añaden 200 g de cloruro de amonio. Asumiendo que los volúmenes de las disoluciones son aditivos y la adición del cloruro de amonio no modifica el volumen de la mezcla, ¿cuál es el pH de la disolución resultante? (1,50 puntos)

#### Resolución

En la disolución inicial formada al mezclar la de cloruro de hidrógeno, HCl, y la de hidróxido de sodio, NaOH, se produce la neutralización entre aquel ácido fuerte y esta base fuerte, según la reacción química siguiente:



En primer lugar, deben calcularse el número de moles de HCl,  $n_{\text{HCl}}$ , y de NaOH,  $n_{\text{NaOH}}$ , presentes en sus respectivas disoluciones, para así conocer si uno de los dos está en exceso y, por lo tanto, estará presente al añadir el cloruro de amonio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Debe mencionarse que el cloruro de sodio formado, por ser una sal procedente de ácido fuerte y de base fuerte, no manifiesta propiedades ácido-base y no influye en el pH.

Así,  $n_{\text{HCl}}$  se obtiene del volumen de su disolución,  $V_{\text{HCl}} = 750 \text{ mL} = 0,750 \text{ L}$ , y de su concentración molar,  $[\text{HCl}] = 2,00 \text{ mol L}^{-1}$ , mediante:

$$n_{\text{HCl}} = V_{\text{HCl(aq)}} \cdot [\text{HCl}] \quad [3.2]$$

De esta forma,  $n_{\text{HCl}}$  queda:

$$n_{\text{HCl}} = 0,750 \text{ L HCl (aq)} \cdot \frac{2,00 \text{ mol HCl}}{1 \text{ L HCl (aq)}} = 1,50 \text{ mol} \quad [3.3]$$

Por su parte, la determinación de  $n_{\text{NaOH}}$  se realiza a partir de:

- El volumen de su disolución:  $V_{\text{NaOH(aq)}} = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ hL} \frac{100 \text{ L}}{1 \text{ hL}} = 0,500 \text{ L}$  [3.4]

- Su concentración:  $\gamma_{\text{NaOH}} = 119,2 \text{ kg m}^{-3} \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ dm}^3} \frac{1 \text{ dm}^3}{1 \text{ L}} = 119,2 \text{ g L}^{-1}$  [3.5]

- Su masa molar:  $M_{\text{NaOH}} = 23,0 \text{ g mol}^{-1} + 16,0 \text{ g mol}^{-1} + 1,0 \text{ g mol}^{-1} = 40,0 \text{ g mol}^{-1}$  [3.6]

según:

$$n_{\text{NaOH}} = V_{\text{NaOH(aq)}} \cdot \gamma_{\text{NaOH}} \cdot \frac{1}{M_{\text{NaOH}}} \quad [3.7]$$

Reemplazando valores, se halla  $n_{\text{NaOH}}$ :

$$n_{\text{NaOH}} = 0,500 \text{ L NaOH (aq)} \cdot \frac{119,2 \text{ g NaOH}}{1 \text{ L NaOH (aq)}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,0 \text{ g NaOH}} = 1,49 \text{ mol} \quad [3.8]$$

Como  $n_{\text{HCl}} > n_{\text{NaOH}}$ , hay un exceso de HCl,  $n_{\text{HCl,exc}}$ , que coincide con la diferencia entre  $n_{\text{HCl}}$  y  $n_{\text{NaOH}}$  al transcurrir la reacción descrita por [1.1] mol a mol:

$$n_{\text{HCl,exc}} = n_{\text{HCl}} - n_{\text{NaOH}} = 1,50 \text{ mol} - 1,49 \text{ mol} = 0,01 \text{ mol} \quad [3.9]$$

Puesto que el ácido clorhídrico, HCl (aq), es un ácido fuerte, su reacción con el agua es total y la concentración de este exceso,  $[\text{HCl}]_{\text{exc}}$ , es igual a la de los iones oxidanio u oxonio iniciales (previo a la adición de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),  $[\text{H}_3\text{O}^+]_0$ , pudiéndose despreciar los iones que procedan de la autoionización del agua:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_0 = [\text{HCl}]_{\text{exc}} = \frac{n_{\text{HCl,exc}}}{V_{\text{dis}}} \quad [3.10]$$

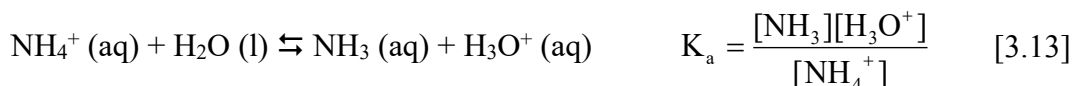
donde  $V_{\text{dis}}$  es el volumen de la disolución formada al mezclar las disoluciones de HCl y NaOH. Puesto que el enunciado asume que el volumen de las disoluciones es aditivo, se cumple:

$$V_{\text{dis}} = V_{\text{HCl (aq)}} + V_{\text{NaOH (aq)}} = 0,750 \text{ L} + 0,500 \text{ L} = 1,250 \text{ L} \quad [3.11]$$

Reemplazando [3.9] y [3.11] en [3.10], se obtiene:

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_0 = [\text{HCl}]_{\text{exc}} = \frac{0,01 \text{ mol}}{1,250 \text{ L}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.12]$$

A esta disolución se le añaden 200 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , sin que ello modifique  $V_{\text{dis}}$ , de acuerdo con el enunciado. Esta sal, como electrolito fuerte que es, está completamente dissociada en sus iones en disolución. El anión cloruro, Cl, al proceder de un ácido fuerte (HCl), tiene un comportamiento muy débil como base y en disolución acuosa no presenta hidrólisis. En cambio, el catión amonio,  $\text{NH}_4^+$ , al proceder de una base débil ( $\text{NH}_3$ ), posee cierta acidez y sí reacciona con el agua, según:



donde  $K_a$  es la constante de acidez del amonio. El dato disponible es la constante de basicidad del amoniaco,  $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ . Dado que el amonio y el amoniaco forman un par conjugado ácido-base, se verifica:

$$K_a \cdot K_b = K_w \quad [3.14]$$

donde  $K_w$  es el producto iónico del agua, que debe conocerse que su valor a 25 °C (se supone esta temperatura, al no especificar el enunciado nada al respecto) es de  $1,00 \cdot 10^{-14}$ . En consecuencia,  $K_a$  queda:

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1,00 \cdot 10^{-14}}{1,80 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10} \quad [3.15]$$

En relación a la concentración inicial de amonio,  $[\text{NH}_4^+]_0$ , que coincide con la de cloruro de amonio,  $[\text{NH}_4\text{Cl}]$ , ya que al disociarse se obtiene un mol de cationes por cada mol de unidades fórmula de sal, se verifica:

$$[\text{NH}_4^+]_0 = [\text{NH}_4\text{Cl}]_0 = \frac{n_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{V_{\text{dis}}} = \frac{m_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{M_{\text{NH}_4\text{Cl}} V_{\text{dis}}} \quad [3.16]$$

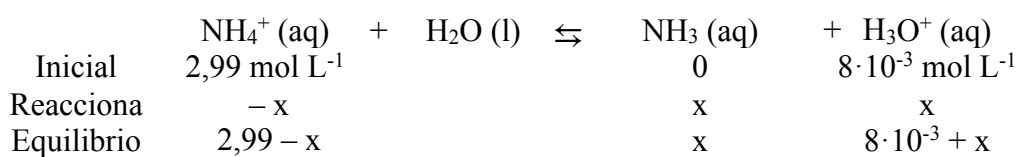
donde  $m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 200 \text{ g}$  y la masa molar de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  es igual a:

$$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 14,0 \text{ g mol}^{-1} + 4 \cdot 1,0 \text{ g mol}^{-1} + 35,5 \text{ g mol}^{-1} = 53,5 \text{ g mol}^{-1} \quad [3.17]$$

Así,  $[\text{NH}_4^+]_0$  queda:

$$[\text{NH}_4^+]_0 = [\text{NH}_4\text{Cl}]_0 = \frac{200 \text{ g}}{53,5 \text{ g mol}^{-1} \cdot 1,250 \text{ L}} = 2,99 \text{ mol L}^{-1} \quad [3.18]$$

De esta forma, para conocer la concentración final (en el equilibrio) de los iones oxidanio,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , deben realizarse los cálculos estequiométricos correspondientes al equilibrio descrito por [3.13]. Estos cálculos estequiométricos se realizan con concentraciones molares, al considerar que  $V_{\text{dis}}$  permanece constante al añadir  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :



Al sustituir las concentraciones molares en el equilibrio en la expresión de  $K_b$ , se obtiene una ecuación de segundo grado que permite obtener el valor de x:

$$K_a = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{x \cdot (8 \cdot 10^{-3} + x)}{2,99 - x} = \frac{x^2 + 8 \cdot 10^{-3} x}{2,99 - x} = 5,56 \cdot 10^{-10} \quad [3.19]$$

$$x^2 + 8,00 \cdot 10^{-3} x - 1,66 \cdot 10^{-9} = 0 \quad [3.20]$$

$$x = \frac{-8,00 \cdot 10^{-3} \pm \sqrt{(8,00 \cdot 10^{-3})^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-1,66 \cdot 10^{-9})}}{2 \cdot 1} = \begin{cases} 2,07 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \\ -8,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \end{cases} \quad [3.21]$$

Se descarta la solución negativa de  $x$  ya que carece de significado físico al conllevar concentraciones negativas en el equilibrio de  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_3\text{O}^+$ . En conclusión, en el equilibrio se verifica:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 8 \cdot 10^{-3} + x = 8 \cdot 10^{-3} + 2,07 \cdot 10^{-7} = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.22]$$

Como se aprecia, a pesar de la adición de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y que esta sal presente cierto carácter ácido, apenas modifica  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ . Ello se debe a que, además de que el carácter ácido del catión amonio es bastante débil (su  $K_a$  es del orden de  $10^{-10}$ ), al estar presente un ácido fuerte (el exceso de  $\text{HCl}$ ), por efecto del ion común el equilibrio del amonio descrito por [3.13] estará aún más desplazado hacia los reactivos, por lo que la cantidad de iones oxidanio formados por reacción del amonio con el agua es claramente despreciable frente a los iones oxidanio procedentes de la reacción del ácido fuerte ( $\text{HCl}$ ) con el agua. De este modo, esta conclusión podría haberse previsto si se tiene en cuenta la aproximación que frecuentemente se hace en Química analítica según la cual, si en una disolución están presentes un electrolito fuerte (en este caso,  $\text{HCl}$ ) y un electrolito débil ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) que presentan o, al disociarse, producen el mismo ion ( $\text{H}^+$  o  $\text{H}_3\text{O}^+$ ), se puede considerar que la cantidad del ion procedente del electrolito débil es despreciable frente a la que procede del electrolito fuerte.

Conocido  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  en el equilibrio, a partir de la definición de pH:

$$\text{pH} = -\log ([\text{H}_3\text{O}^+]) \quad [3.23]$$

se obtiene el valor de pH de la disolución resultante:

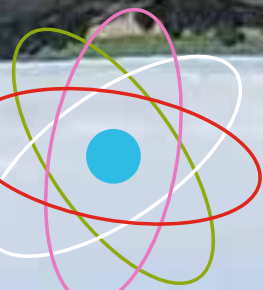
$$\mathbf{pH} = -\log (8,0 \cdot 10^{-3}) = \mathbf{2,1} \quad [3.24]$$

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*Q***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

**ENUNCIADO**



# XI MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)

### 9 de mayo de 2025

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte I del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) La densidad de un sistema es de  $7,70 \cdot 10^3 \text{ dag daL}^{-1}$ . ¿Cuál sería su densidad si se expresase en  $\mu\text{g } \mu\text{m}^{-3}$ ?  
A)  $7,70 \cdot 10^4 \mu\text{g } \mu\text{m}^{-3}$ .  
B)  $7,70 \cdot 10^3 \mu\text{g } \mu\text{m}^{-3}$ .  
C)  $7,70 \cdot 10^{-5} \mu\text{g } \mu\text{m}^{-3}$ .  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 2) ¿De qué magnitud es unidad el amperio?  
A) Carga eléctrica.  
B) Intensidad de corriente.  
C) Diferencia de potencial eléctrico.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 3) Considérense dos sistemas diferentes formados exclusivamente por la misma sustancia pura. ¿Qué comparten estos dos sistemas con total seguridad?  
A) Sus propiedades cuantitativas.  
B) Sus propiedades generales.  
C) Sus propiedades características (o específicas).  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 4) Un sistema contiene átomos con diferente número de protones y, cuando se calienta a presión constante, la temperatura del sistema permanece constante mientras dura la fusión del sistema. ¿Qué se puede afirmar de este sistema?  
A) Está formado por una mezcla heterogénea.  
B) Está formado por una mezcla homogénea.  
C) Está formado por un compuesto.  
D) Está formado por una sustancia simple.

- 5) ¿Qué tipo de sistema forma la leche (entera)?
- A) Una mezcla heterogénea.
  - B) Una mezcla homogénea.
  - C) Un compuesto.
  - D) Una sustancia simple.
- 6) Se introduce una cantidad de gas ideal en un recipiente cerrado de volumen variable. Señale la respuesta que indique lo que es imposible de realizar:
- A) Duplicar la presión y la temperatura, manteniendo constante el volumen.
  - B) Duplicar la presión y el volumen, manteniendo constante la temperatura.
  - C) Duplicar la temperatura y el volumen, manteniendo constante la presión.
  - D) Es posible realizar lo indicado en todas las otras respuestas.
- 7) En un recipiente en el que previamente se ha hecho vacío se introduce agua pura, hasta la mitad de su capacidad, y se cierra. Transcurrido un tiempo largo a 20 °C, ¿qué puede afirmarse del contenido en la mitad superior del recipiente?
- A) Está vacío (no hay materia).
  - B) Contiene una pequeña proporción de las moléculas de agua introducidas en el recipiente.
  - C) Contiene la mitad de las moléculas de agua introducidas en el recipiente.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) Se tiene una mezcla heterogénea sólida formada por fragmentos de arena, níquel, aluminio, sal y azúcar. ¿Qué se podría separar del resto de componentes de la mezcla con la separación magnética?
- A) Los fragmentos de níquel.
  - B) Los fragmentos de aluminio.
  - C) Los fragmentos de níquel y aluminio.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) Se tienen 200,0 g de una disolución acuosa de sal y azúcar. Si esa disolución se formó añadiendo 4,0 g de sal por cada 100,0 g de agua y se conoce que la concentración del azúcar en la disolución es el doble que la de la sal, ¿qué masa de agua contiene la disolución?
- A) 88,0 g.
  - B) 176,0 g.
  - C) 178,6 g.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) ¿Cuál es la masa molar del ozono?
- A) 16,0 u.
  - B) 32,0 u.
  - C) 48,0 u.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

11) ¿Cuál es la masa molecular relativa del óxido de sodio?

- A) 39,0.
- B) 39,0 u.
- C) 39,0 g mol<sup>-1</sup>.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

12) Señale el sistema que tiene más moles de protones:

- A) 8,0 g de helio.
- B) 9,0 g de berilio.
- C) 12,0 g de carbono.
- D) 10,0 g de neón.

13) Considérese la siguiente ecuación química sin ajustar:



¿Cuál es la suma de los coeficientes estequiométricos de la ecuación química ajustada cuando esta se ajusta con el conjunto de coeficientes estequiométricos formado por los números enteros más pequeños posibles?

- A) 13.
- B) 15.
- C) 17.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

14) En un recipiente cerrado, se hacen reaccionar 14,0 g de dinitrógeno con 4,8 g de dihidrógeno para formar amoníaco. Asumiendo que esta reacción fuese irreversible, ¿cuántos moles habrá en el recipiente una vez haya finalizado la reacción?

- A) 1,0 mol.
- B) 1,6 mol.
- C) 1,9 mol.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

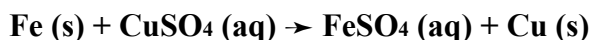
15) El azufre se combina con oxígeno para formar uno de los óxidos de azufre. Si las masas de los elementos que forman este óxido son prácticamente iguales entre sí (se requiere prácticamente la misma masa de oxígeno que de azufre para formar el óxido), ¿cuál es la fórmula molecular del óxido formado, si se sabe que en la fórmula del óxido solo hay un átomo de azufre?

- A) SO.
- B) SO<sub>2</sub>.
- C) SO<sub>3</sub>.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

16) ¿Qué masa de aire se necesita para quemar completamente 116,0 g de butano, C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>? Considérese que la composición en volumen del aire es de 79,00 % de dinitrógeno y 21,00 % de oxígeno.

- A) 416,0 g.
- B) 1577 g.
- C) 1785 g.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

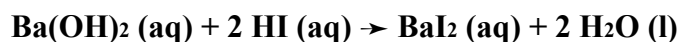
17) La siguiente reacción química:



es una reacción de:

- A) Neutralización.
- B) Precipitación.
- C) Oxidación-reducción.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

18) La siguiente reacción química:



es una reacción de:

- A) Neutralización.
- B) Precipitación.
- C) Oxidación-reducción.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

19) ¿Qué tiene mayor contribución al cambio climático?

- A) La emisión a la atmósfera de una tonelada de  $\text{CO}_2$ .
- B) La emisión a la atmósfera de una tonelada de  $\text{CO}$ .
- C) La emisión a la atmósfera de una tonelada de  $\text{CH}_4$ .
- D) Las otras respuestas tienen la misma contribución al cambio climático.

20) Considérese un país en el que toda la electricidad se genera exclusivamente en centrales térmicas. Señale la medida que no resultaría eficaz para mitigar el cambio climático:

- A) Mejorar el aislamiento térmico de las edificaciones.
- B) Reforestar terrenos agrícolas abandonados.
- C) Fomentar la compra de vehículos eléctricos en lugar de vehículos de combustión.
- D) Fomentar la compra de electrodomésticos de la clase A, según su etiquetado energético.

## DATOS

Densidad del agua:  $1,00 \text{ g mL}^{-1}$ .

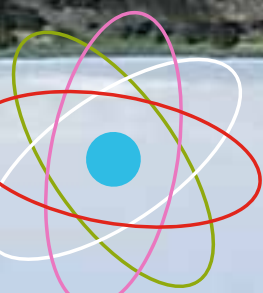
Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{He}) = 4,0$ ;  $A_r(\text{Be}) = 9,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  
 $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{Ne}) = 20,2$ ;  $A_r(\text{Na}) = 23,0$ ;  $A_r(\text{Al}) = 27,0$ ;  
 $A_r(\text{S}) = 32,1$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{K}) = 39,1$ ;  $A_r(\text{Mn}) = 54,9$ ;  $A_r(\text{Fe}) = 55,8$ ;  
 $A_r(\text{Ni}) = 58,7$ ;  $A_r(\text{Cu}) = 63,5$ ;  $A_r(\text{I}) = 126,9$ ;  $A_r(\text{Ba}) = 137,3$ .

*M*INIOLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE *C*CANTABRIA

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

**RESPUESTAS**



**XI MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**9 de mayo de 2025**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**

Cuestión	Respuesta
1	D <sup>(1)</sup>
2	B
3	C
4	C
5	A
6	B
7	B
8	A
9	C
10	D <sup>(2)</sup>

Cuestión	Respuesta
11	D <sup>(3)</sup>
12	C
13	D <sup>(4)</sup>
14	C
15	B
16	C
17	C
18	A
19	C
20	C

Notas:

(1) Solución correcta:  $7,70 \cdot 10^{-6} \mu\text{g } \mu\text{m}^{-3}$ .

(2) Solución correcta:  $48,0 \text{ g mol}^{-1}$ .

(3) Solución correcta: 62,0.

(4) Solución correcta: 35.

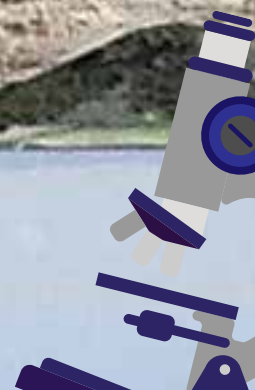


*MC*  
**MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

**ENUNCIADO**



# XI MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)

### 9 de mayo de 2025

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

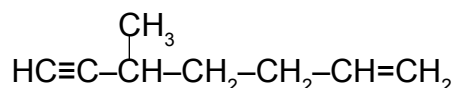
Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte II del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) ¿Con cuál de los siguientes materiales de laboratorio se suele emplear un tapón en su uso habitual?  
A) Probeta.  
B) Pipeta.  
C) Matraz aforado.  
D) Vaso de precipitados.
- 2) ¿Cuál de los siguientes gases produce asfixia con la menor concentración?  
A) Dihidrógeno.  
B) Dinitrógeno.  
C) Monóxido de carbono.  
D) Dióxido de carbono.
- 3) ¿Se puede conseguir tener agua pura a 110 °C en estado líquido?  
A) No.  
B) Sí, utilizando una bomba de vacío.  
C) Sí, utilizando una olla a presión.  
D) Sí, pero no con una bomba de vacío o con una olla a presión.
- 4) ¿Cuántos electrones tiene el anión más estable que forma un átomo de fósforo?  
A) 12.  
B) 15.  
C) 18.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 5) ¿Cuál fue el primer modelo atómico que postuló la existencia del núcleo?  
A) Modelo atómico de Bohr.  
B) Modelo atómico de Thomson.  
C) Modelo atómico de Rutherford.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 6) ¿Cuál es la fórmula química del dihidrogeno(heptaoxidodicromato)?  
 A)  $\text{Cr}_7(\text{OH})_2$ .  
 B)  $\text{H}_2\text{CrO}_6$ .  
 C)  $\text{H}_2\text{CrO}_7$ .  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) ¿Cuál es la fórmula química del sulfito de magnesio?  
 A)  $\text{Mg}_2\text{SO}_3$ .  
 B)  $\text{MgSO}_3$ .  
 C)  $\text{Mg}_2\text{SO}_4$ .  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) ¿Qué estado (o número) de oxidación presenta el oxígeno en el dióxido de estroncio?  
 A) +2.  
 B) -1.  
 C) -2.  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) Señale el nombre preferido por la IUPAC (PIN) del siguiente compuesto:



- A) 3-metilhept-6-en-1-ino.  
 B) 3-metilhept-1-in-6-eno.  
 C) 5-metilhept-6-in-1-eno.  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) Un compuesto orgánico que posee un único grupo funcional posee la siguiente fórmula molecular:  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ . ¿Cuál podría ser este grupo funcional?  
 A) Alcohol o aldehído.  
 B) Alcohol o cetona.  
 C) Alcohol o éter.  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 11) Señale el elemento químico cuyos átomos neutros en estado fundamental presentan la siguiente configuración electrónica:  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$   
 A) Galio.  
 B) Germanio.  
 C) Indio.  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 12) ¿En qué subnivel de los átomos de hierro estaban alojados los electrones que pierden estos cuando, en su estado fundamental, forman el catión  $\text{Fe}^{2+}$ ?  
 A) Subnivel 3d.  
 B) Subnivel 4s.  
 C) Subnivel 4d.  
 D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 13) Señale la respuesta que contiene el orden correcto de radios atómicos:
- A)  $O (Z = 8) < F (Z = 9) < Cs (Z = 55) < Ba (Z = 56)$ .
  - B)  $F (Z = 9) < O (Z = 8) < Cs (Z = 55) < Ba (Z = 56)$ .
  - C)  $O (Z = 8) < F (Z = 9) < Ba (Z = 56) < Cs (Z = 55)$ .
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) ¿Qué grupo de la tabla periódica forman los halógenos?
- A) Grupo 7
  - B) Grupo 16.
  - C) Grupo 18.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) ¿Cuántos pares de electrones compartidos hay en una molécula de dinitrógeno?
- A) 0.
  - B) 1.
  - C) 2.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) ¿Cuál es el tipo de enlace químico que se establece más habitualmente entre átomos metálicos y no metálicos?
- A) Covalente.
  - B) Iónico.
  - C) Metálico.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 17) Indique la sustancia que no puede establecer enlaces de hidrógeno entre sus moléculas:
- A) Arsano.
  - B) Azano.
  - C) Oxidano.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 18) Señale la sustancia con mayor punto de fusión:
- A) HBr.
  - B)  $H_2O$ .
  - C)  $I_2$ .
  - D) NaCl.
- 19) En relación con la cinética de las reacciones químicas, ¿qué se produce con un aumento de la temperatura? Señale la respuesta falsa:
- A) Aumenta el número de colisiones entre las moléculas de reactivo.
  - B) Aumenta la proporción de colisiones eficaces entre las moléculas de reactivo respecto del total de colisiones.
  - C) Aumenta la energía cinética media de las moléculas de reactivo.
  - D) Aumenta la velocidad de reacción al disminuir la energía de activación.

- 20) En las reacciones bioquímicas, ¿qué papel juegan las enzimas?
- A) Son reactivos.
  - B) Son productos.
  - C) Son catalizadores.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*C***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

***RESPUESTAS***



**XI MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**  
**9 de mayo de 2025**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**

Cuestión	Respuesta
1	C
2	C
3	C
4	C
5	C
6	D <sup>(1)</sup>
7	B
8	B
9	D <sup>(2)</sup>
10	C

Cuestión	Respuesta
11	A
12	B
13	D <sup>(3)</sup>
14	D <sup>(4)</sup>
15	D <sup>(5)</sup>
16	B
17	A
18	D
19	D
20	C

Notas:

<sup>(1)</sup> Solución correcta: H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

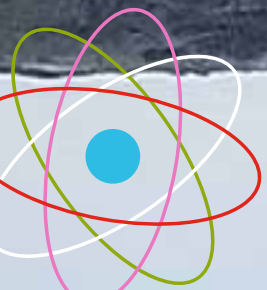
<sup>(2)</sup> Solución correcta: 5-metilhept-1-en-6-ino.

<sup>(3)</sup> Solución correcta: F (Z = 9) < O (Z = 8) < Ba (Z = 56) < Cs (Z = 55).

<sup>(4)</sup> Solución correcta: grupo 17.

<sup>(5)</sup> Solución correcta: 3.

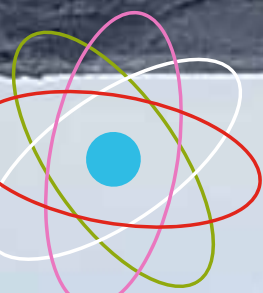
# año 2026



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***ENUNCIADO***



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST

### 13 de marzo de 2026

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,30 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 0,075 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

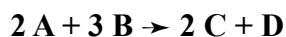
La calificación máxima del ejercicio tipo test son 6 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) Exprese 3,00 MPa en mbar:  
A)  $3,00 \cdot 10^3$  mbar.  
B)  $3,00 \cdot 10^4$  mbar.  
C)  $3,00 \cdot 10^6$  mbar.  
D)  $3,00 \cdot 10^9$  mbar.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 2) Las contribuciones de Sommerfeld en relación con la estructura del átomo suelen considerarse ampliaciones de:  
A) La teoría atómica de Dalton.  
B) El modelo atómico de Thomson.  
C) El modelo atómico de Rutherford.  
D) El modelo atómico de Bohr.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 3) Asumiendo comportamiento de gas ideal, ¿qué presión ejercería ozono a 50 °C si su densidad fuese de  $1,5 \cdot 10^3$  g/m<sup>3</sup>?  
A) 0,13 atm.  
B) 1,2 atm.  
C) 84 atm.  
D)  $8,3 \cdot 10^2$  atm.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 4) ¿Cuál es la fracción molar de etanol de un sistema formado por 90,0 g de agua y 23,0 g de etanol?  
A) 0,0909.  
B) 0,100.  
C) 0,204.  
D) 0,256.  
E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 5) ¿Cuántos moles de átomos de oxígeno hay en un sistema formado por 150 g de dihidrogeno(heptaoxidodicromato)?
- A) 0,688 mol.
  - B) 0,904 mol.
  - C) 4,82 mol.
  - D) 6,33 mol.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) ¿Cuál es la suma de los coeficientes estequiométricos de la ecuación química de la combustión (oxidación completa con oxígeno) del heptano cuando el coeficiente estequiométrico del agua se fija en 12?
- A) 24.
  - B) 25,5.
  - C) 27.
  - D) 43,7.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) Sean A, B y C sustancias moleculares genéricas que reaccionan según:
- $$A + 3 B \rightarrow 2 C$$
- Si se desean obtener 12,0 moles de C y el rendimiento de la reacción es del 80,0 %, ¿qué cantidad de B se necesitaría para ello, asumiendo que se dispone de suficiente cantidad de A?
- A) 10,0 mol.
  - B) 14,4 mol.
  - C) 18,0 mol.
  - D) 22,5 mol.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) Un sistema cerrado en un recipiente de émbolo móvil experimenta una transformación reversible. ¿A qué será igual el calor intercambiado por el sistema durante esa transformación?
- A) 0.
  - B) -W.
  - C)  $\Delta U$ .
  - D)  $\Delta G$ .
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) ¿Cuál es la variación de entropía,  $\Delta S$  (en las unidades del Sistema Internacional de unidades de esta magnitud), del proceso en el que se vaporiza de forma reversible 1,0 mol de agua a 100 °C, si se conoce que deben aportarse 9,7 kcal en dicho proceso?
- A) 26.
  - B) 97.
  - C)  $1,1 \cdot 10^2$ .
  - D)  $4,1 \cdot 10^2$ .
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

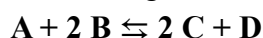
- 10) Sean A, B, C y D sustancias moleculares genéricas que reaccionan según:



Si se hacen reaccionar 100 moles de A con 300 moles de B y en un instante dado la velocidad de reacción respecto de A es igual a  $1,00 \text{ mol A L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ , ¿cuál será la velocidad de reacción respecto de B en ese mismo instante?

- A)  $0,333 \text{ mol B L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- B)  $1,00 \text{ mol B L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- C)  $1,50 \text{ mol B L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- D)  $3,00 \text{ mol B L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ .
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 11) Sean A, B, C y D sustancias moleculares gaseosas genéricas que reaccionan según:



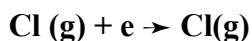
Si se conoce que esta reacción es exotérmica y se encierra cierta cantidad de A y B en un reactor (equipo en el que tiene lugar la reacción) hasta que el sistema alcanza el equilibrio, señale cuál de las siguientes acciones **no** sería útil para aumentar la cantidad de D presente en el reactor:

- A) Disminuir la temperatura.
- B) Aumentar el volumen del reactor.
- C) Añadir cierta cantidad de A al reactor.
- D) Retirar cierta cantidad de C del reactor.
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta (todas las acciones son útiles para aumentar la cantidad de D presente en el reactor).

- 12) Señale la configuración electrónica que **no** representa el estado fundamental del átomo neutro asociado a cada una de las configuraciones:

- A)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9$ .
- B)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^1$ .
- C)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6$ .
- D)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^1$ .
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta (todas corresponden a estados fundamentales).

- 13) Considérese el siguiente proceso:

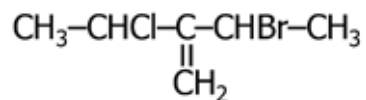


Si se conoce que la afinidad electrónica del cloro es de  $3,6 \text{ eV}$ , ¿cuál es la variación de entalpía,  $\Delta H$ , del proceso anterior, expresada también en eV (para un átomo de cloro)?

- A)  $-3,6 \text{ eV}$ .
- B)  $-1,8 \text{ eV}$ .
- C)  $1,6 \text{ eV}$ .
- D)  $3,6 \text{ eV}$ .
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 14) ¿Qué hibridación presenta el átomo de carbono en la molécula de dióxido de carbono?
- A) sp.
  - B)  $sp^2$ .
  - C)  $sp^3$ .
  - D)  $sp^3d$ .
  - E)  $sp^3d^2$ .
- 15) ¿Qué geometría tiene una molécula de átomo central en la que dicho átomo central presenta una hibridación  $sp^3d^2$  y dos pares de electrones solitarios (no enlazantes)?
- A) Pirámide cuadrada.
  - B) Bipirámide trigonal.
  - C) Plana cuadrada.
  - D) Tetraédrica distorsionada.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) Señale el compuesto que presenta una menor temperatura de ebullición:
- A) Hexano.
  - B) 2-metilpentano.
  - C) 2,2-dimetilbutano.
  - D) Octano.
  - E) 2-metilheptano.
- 17) Señale el compuesto que presenta una mayor temperatura de ebullición:
- A) Propan-2-ol.
  - B) Metoxietano.
  - C) Acetato de metilo.
  - D) Propan-2-ona.
  - E) Propanal.
- 18) ¿Qué concepto **no** puede ser explicado por la Teoría ácido-base de Arrhenius?
- A) Ácido fuerte.
  - B) Ácido débil.
  - C) Base.
  - D) Anfótero.
  - E) Neutralización.
- 19) ¿Cuál de los siguientes compuestos es ácido según la Teoría de Brønsted-Lowry pero no según la Teoría de Arrhenius?
- A)  $HNO_3$ .
  - B)  $H_2SO_4$ .
  - C) HCl.
  - D) HCOOH.
  - E) Ninguna de las otras respuestas es correcta (todos los compuestos son ácidos según ambas teorías).

20) Señale el nombre preferido por la IUPAC (PIN) del siguiente compuesto:



- A) 3-bromo-2-(1-cloroetil)but-1-eno.
- B) 2-bromo-3-(1-cloroetil)but-3-eno.
- C) 2-(1-bromoetil)-3-clorobut-1-eno.
- D) 3-(1-bromoetil)-2-clorobut-3-eno.
- E) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

**DATOS:**

Constante universal de los gases ideales,  $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Densidad del agua:  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  
 $A_r(\text{S}) = 32,1$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{Cr}) = 52,0$ ;  $A_r(\text{Br}) = 79,9$ .

**OLIMPIADA DE QUÍMICA  
DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

***RESPUESTAS***



**OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST**  
**13 de marzo de 2026**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST**

Cuestión	Respuesta
1	B
2	D
3	E <sup>(1)</sup>
4	A
5	C
6	E <sup>(2)</sup>
7	D
8	E <sup>(3)</sup>
9	C
10	C

Cuestión	Respuesta
11	B
12	A
13	A
14	A
15	C
16	C
17	A
18	D
19	E
20	E <sup>(4)</sup>

Notas:

<sup>(1)</sup> Solución correcta: 0,83 atm.

<sup>(2)</sup> Solución correcta: 40,5.

<sup>(3)</sup> Solución correcta:  $\Delta H$ .

<sup>(4)</sup> Solución correcta: 2-bromo-4-cloro-3-metilidenopentano.

# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**PROBLEMAS  
ENUNCIADOS**



# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## PROBLEMAS

### 13 de marzo de 2026

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

#### Conteste cada problema en una hoja distinta.

Al final de la hoja puede encontrar datos de interés para resolver los problemas.

La calificación máxima del ejercicio de problemas son 4 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

#### PROBLEMA 1

Los productos de la industria agroalimentaria están sujetos a estrictas regulaciones, con el fin de garantizar la salud de los consumidores. Por ello, un ingeniero químico que trabaja en una fábrica de dulces tiene que determinar, entre otros parámetros, la composición de todos sus productos. Así, en el laboratorio de la planta, que está a presión atmosférica y cuenta con un sistema de climatización que asegura que su temperatura sea de 20 °C en todo momento, analiza una muestra pura de uno de sus productos. Como consecuencia de sus análisis en este laboratorio, concluye que la composición centesimal de este producto es la siguiente: 42,105 % de carbono, 6,433 % de hidrógeno y 51,462 % de oxígeno. Además, comprueba que la presión osmótica de 3,00 L de una disolución acuosa con comportamiento ideal formada por agua y 17,1 g de este producto es de 40,6 kPa.

Calcule el volumen de dióxido de carbono que se formará cuando se quemen 100,0 g de este producto con exceso de oxígeno en el laboratorio de la planta de dulces. **(1,5 puntos)**

#### PROBLEMA 2

El pantano o embalse del Ebro se encuentra en la cabecera de este río, cerca de Reinosa, y posee una capacidad de 541 hm<sup>3</sup>. La Confederación Hidrográfica del Ebro es el organismo encargado de realizar el control de la calidad de las aguas de esta cuenca, entre otras muchas funciones. Así, de sus análisis de las aguas del río Ebro en Reinosa, se concluye que habitualmente la concentración del plomo disuelto es inferior a 10<sup>-4</sup> mg L<sup>-1</sup>. Sin embargo, en alguna medición puntual esta concentración ha llegado a superar el valor de 2,0·10<sup>-4</sup> mg L<sup>-1</sup>.

En este contexto, calcule la masa de hidróxido de potasio que se precisaría para reducir la concentración de Pb<sup>2+</sup> en el pantano del Ebro hasta el valor de 1,0·10<sup>-4</sup> mg L<sup>-1</sup> mediante su precipitación como hidróxido de plomo(II) si se asume que:

- El pantano del Ebro está al 75 % de su capacidad.
- La concentración de plomo disuelto en toda la masa de agua del pantano del Ebro es de 2,0·10<sup>-4</sup> mg L<sup>-1</sup>.
- Todo el plomo disuelto se encuentra como Pb<sup>2+</sup>.
- Se puede despreciar la concentración de iones hidróxido procedente del equilibrio de autoionización del agua.

**(1,5 puntos)**

### PROBLEMA 3

Se vierten 196 g de ácido fosfórico,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , en una disolución acuosa que contiene una solución amortiguadora que mantiene el pH aproximadamente constante e igual a 10,0. Si tras la adición del ácido fosfórico el volumen total de la disolución es igual a 10,0 L y el pH se considera que permanece invariable en 10,0, ¿cuál será la concentración molar de hidrogenofosfato,  $\text{HPO}_4^{2-}$ , en el equilibrio, si se tiene en cuenta que la concentración inicial de ácido fosfórico es igual a la suma de las concentraciones de las diferentes especies del sistema del ácido fosfórico en el equilibrio y que las concentraciones de las diferentes especies de ese sistema en el equilibrio se pueden expresar en función de una de ellas mediante las diferentes constantes de acidez? **(1,0 punto)**

#### DATOS:

Constantes de acidez,  $K_a$ , del ácido fosfórico:  $K_{a1} = 7,1 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_{a2} = 6,3 \cdot 10^{-8}$ ;  
 $K_{a3} = 4,5 \cdot 10^{-13}$ .

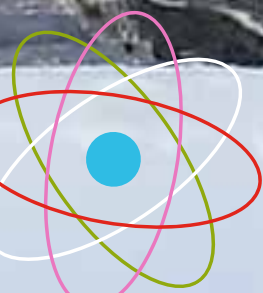
Constante universal de los gases ideales,  $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{P}) = 31,0$ ;  
 $A_r(\text{K}) = 39,1$ ;  $A_r(\text{Pb}) = 207,2$ .

Producto de solubilidad,  $K_{ps}$ :  $K_{ps, \text{hidróxido de plomo(II)}} = 1,43 \cdot 10^{-20}$ .

# OLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

**PROBLEMAS  
RESOLUCIÓN**



## PROBLEMA 1

Los productos de la industria agroalimentaria están sujetos a estrictas regulaciones, con el fin de garantizar la salud de los consumidores. Por ello, un ingeniero químico que trabaja en una fábrica de dulces tiene que determinar, entre otros parámetros, la composición de todos sus productos. Así, en el laboratorio de la planta, que está a presión atmosférica y cuenta con un sistema de climatización que asegura que su temperatura sea de 20 °C en todo momento, analiza una muestra pura de uno de sus productos. Como consecuencia de sus análisis en este laboratorio, concluye que la composición centesimal de este producto es la siguiente: 42,105 % de carbono, 6,433 % de hidrógeno y 51,462 % de oxígeno. Además, comprueba que la presión osmótica de 3,00 L de una disolución acuosa con comportamiento ideal formada por agua y 17,1 g de este producto es de 40,6 kPa.

Calcule el volumen de dióxido de carbono que se formará cuando se quemen 100,0 g de este producto con exceso de oxígeno en el laboratorio de la planta de dulces. **(1,5 puntos)**

### Resolución

Para determinar el volumen de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , que se forma al quemar 100,0 g del producto se necesita conocer la fórmula molecular (la que expresa el número real de átomos de cada elemento que integran la molécula) de este último. Para ello, previamente debe calcularse su fórmula empírica (la que expresa la relación de números enteros más sencilla que existe entre los átomos de los elementos que forman el compuesto) a partir de su composición centesimal, que se proporciona en el enunciado. Así, se conoce que cada 100 g de compuesto contienen:

42,105 g de C  
6,433 g de H  
51,462 g de O

De este modo, puesto que el número de moles de átomos de cada elemento,  $n$ , que hay en esos 100 g de compuesto se calcula mediante la expresión:

$$n = \frac{m}{M} \quad [1.1]$$

donde  $m$  es la masa de cada elemento y  $M$  es su masa molar, se concluye:

$$n(\text{C}) = \frac{42,105 \text{ g}}{12,0 \text{ g mol}^{-1}} = 3,509 \text{ mol} \quad [1.2]$$

$$n(\text{H}) = \frac{6,433 \text{ g}}{1,0 \text{ g mol}^{-1}} = 6,433 \text{ mol} \quad [1.3]$$

$$n(\text{O}) = \frac{51,462 \text{ g}}{16,0 \text{ g mol}^{-1}} = 3,216 \text{ mol} \quad [1.4]$$

A continuación, se divide el número de moles de cada elemento entre el número más pequeño obtenido de los mismos:

$$C: \frac{3,509 \text{ mol C}}{3,216 \text{ mol O}} = 1,091 \text{ mol C/mol O} \quad [1.5]$$

$$H: \frac{6,433 \text{ mol H}}{3,216 \text{ mol O}} = 2,000 \text{ mol H/mol O} \quad [1.6]$$

$$O: \frac{3,216 \text{ mol O}}{3,216 \text{ mol O}} = 1,000 \quad [1.7]$$

Por definición, como ya se ha comentado, en la fórmula empírica todos los números deben ser enteros. En consecuencia, la relación obtenida entre los elementos debe multiplicarse por el número más bajo que permita eliminar los decimales obtenidos para el C. En concreto, ello se consigue si se multiplican los cocientes obtenidos en [1.5] [1.7] por el siguiente número:

$$\frac{1}{0,091} = 10,99 \approx 11 \quad [1.8]$$

De este modo, multiplicando por 11 los cocientes [1.5]-[1.7], se concluye que la fórmula empírica del producto es  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

A su vez, para obtener la fórmula molecular, además de conocer la fórmula empírica, se precisa la masa molar del compuesto. Para ello, el problema proporciona la presión osmótica de una disolución de dicho compuesto. En este sentido, van't Hoff estableció que, para disoluciones diluidas (en las que se puede suponer comportamiento ideal), la presión osmótica,  $\pi$ , que ejercen  $n$  moles de sustancia disuelta coincide con la presión que ejercerían esos  $n$  moles, supuestos en estado gaseoso, si ocupasen el volumen,  $V$ , de la disolución a la temperatura,  $T$ , de esta. Es decir,  $\pi$  se calcula mediante:

$$\pi V = n R T \quad [1.9]$$

donde  $R$  es la constante universal de los gases ideales ( $0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ). Sustituyendo [1.1] en [1.9], se calcula la masa molar,  $M$ , a partir de los datos del problema:

$$\pi V = \frac{m}{M} R T \quad [1.10]$$

$$M = \frac{m R T}{\pi V} \quad [1.11]$$

donde:

- $m = 17,1 \text{ g}$
- $T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$
- $\pi = 40,6 \text{ kPa} = 4,06 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 0,401 \text{ atm}$
- $V = 3,00 \text{ L}$

Reemplazando valores en [1.11]:

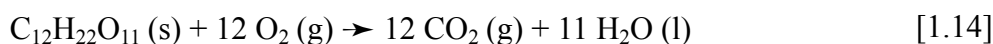
$$M = \frac{17,1 \text{ g} \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{0,401 \text{ atm} \cdot 3,00 \text{ L}} = 342 \text{ g mol}^{-1} \quad [1.12]$$

Dado que la fórmula molecular es un múltiplo de la fórmula empírica, para conocer el factor por el que se debe multiplicar esta para obtener aquella, se compara la masa molar real,  $M$  (que se ha obtenido a partir del dato de presión osmótica y es igual a  $342 \text{ g mol}^{-1}$ ), con la masa molar de la fórmula empírica,  $M_{\text{empírica}}$ :

$$M_{\text{empírica}} = 12 \cdot 12,0 \text{ g mol}^{-1} + 22 \cdot 1,0 \text{ g mol}^{-1} + 11 \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1} = 342 \text{ g mol}^{-1} \quad [1.13]$$

Como  $M$  y  $M_{\text{empírica}}$  son coincidentes, se deduce que la fórmula molecular y la fórmula empírica también lo son, por lo que la fórmula molecular también es  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ . Esta fórmula molecular se corresponde con la de la sacarosa (el azúcar de mesa común), si bien no es necesaria esta identificación para resolver el problema.

Una vez conocida la fórmula molecular del producto del problema (sacarosa), se puede escribir la ecuación química de su reacción de combustión:



Para conocer el número de moles de  $\text{CO}_2$  formado en la combustión,  $n_{\text{CO}_2}$ , se necesita previamente calcular el número de moles de sacarosa que se han quemado,  $n_{\text{sacarosa}}$ . Para ello, se recurre a la ecuación [1.1], la masa molar de sacarosa ya conocida ( $342 \text{ g mol}^{-1}$ ) y el dato de masa de sacarosa empleada en la combustión proporcionada por el enunciado del problema ( $100,0 \text{ g}$ ):

$$n_{\text{sacarosa}} = \frac{100,0 \text{ g}}{342 \text{ g mol}^{-1}} = 0,2924 \text{ mol} \quad [1.15]$$

A partir de la relación establecida por los coeficientes estequiométricos y de los moles de sacarosa quemados (ya que es el reactivo limitante, al haber exceso de oxígeno), se obtiene:

$$n_{\text{CO}_2} = 0,2924 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \frac{12 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 3,509 \text{ mol CO}_2 \quad [1.16]$$

Finalmente, mediante la Ley de los gases ideales:

$$P V = n R T \quad [1.17]$$

se calcula el volumen de  $\text{CO}_2$ ,  $V_{\text{CO}_2}$ , en las condiciones del laboratorio (presión atmosférica,  $P = 1 \text{ atm}$ , y  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$ ):

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{3,509 \text{ mol CO}_2 \cdot 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 84,3 \text{ L} \quad [1.18]$$

Por consiguiente, cuando se quemem 100,0 g del producto (sacarosa) con exceso de oxígeno en el laboratorio de la planta de dulces se formarán **84,3 L** de  $\text{CO}_2$ .

## PROBLEMA 2

El pantano o embalse del Ebro se encuentra en la cabecera de este río, cerca de Reinos, y posee una capacidad de  $541 \text{ hm}^3$ . La Confederación Hidrográfica del Ebro es el organismo encargado de realizar el control de la calidad de las aguas de esta cuenca, entre otras muchas funciones. Así, de sus análisis de las aguas del río Ebro en Reinos, se concluye que habitualmente la concentración del plomo disuelto es inferior a  $10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$ . Sin embargo, en alguna medición puntual esta concentración ha llegado a superar el valor de  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$ .

En este contexto, calcule la masa de hidróxido de potasio que se precisaría para reducir la concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  en el pantano del Ebro hasta el valor de  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$  mediante su precipitación como hidróxido de plomo(II) si se asume que:

- El pantano del Ebro está al 75 % de su capacidad.
- La concentración de plomo disuelto en toda la masa de agua del pantano del Ebro es de  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$ .
- Todo el plomo disuelto se encuentra como  $\text{Pb}^{2+}$ .
- Se puede despreciar la concentración de iones hidróxido procedente del equilibrio de autoionización del agua.

**(1,5 puntos)**

### Resolución

De acuerdo con el enunciado del problema, el catión  $\text{Pb}^{2+}$  precipita como  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  según el siguiente equilibrio de solubilidad:



donde [i] es la concentración molar de la especie i y  $K_{\text{ps}}$  es el producto de solubilidad del compuesto, que se proporciona como dato.

La cantidad de KOH que se necesita para disminuir la concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  desde  $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$  hasta  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1}$ ,  $n_{\text{KOH}}$ , será la suma de la necesaria para proporcionar los iones hidróxido que forman el precipitado de  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $n_{\text{KOH, precipitado}}$ , más la necesaria para proporcionar los iones hidróxido que quedan en disolución,  $n_{\text{KOH, disolución}}$ :

$$n_{\text{KOH}} = n_{\text{KOH, precipitado}} + n_{\text{KOH, disolución}} \quad [2.2]$$

A su vez, para calcular  $n_{\text{KOH, precipitado}}$ , debe conocerse la cantidad de  $\text{Pb}^{2+}$  que ha precipitado,  $n_{\text{pb}^{2+}}$ . Para ello, ha de tenerse en cuenta que el  $\text{Pb}^{2+}$  precipitado es el que ha dejado de estar disuelto, por lo que se calcula en base a la diferencia entre la concentración inicial de este ion,  $[\text{Pb}^{2+}]_0$ , y su concentración final,  $[\text{Pb}^{2+}]$ , según:

$$n_{\text{pb}^{2+}} = V ([\text{Pb}^{2+}]_0 - [\text{Pb}^{2+}]) \quad [2.3]$$

donde V es el volumen (en L) de la masa de agua que contiene el pantano, que es el 75 % de su capacidad, de acuerdo con el enunciado:

$$V = 0,75 \cdot 541 \text{ hm}^3 \frac{10^9 \text{ dm}^3}{1 \text{ hm}^3} \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ dm}^3} = 4,06 \cdot 10^{11} \text{ L} \quad [2.4]$$

Por su parte, conocida la masa molar de Pb (207,2 g mol<sup>-1</sup>), se calculan [Pb<sup>2+</sup>]<sub>0</sub>, y [Pb<sup>2+</sup>] a partir de las concentraciones de masa proporcionadas en el enunciado:

$$[\text{Pb}^{2+}]_0 = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1} \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \frac{1 \text{ mol}}{207,2 \text{ g}} = 9,65 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1} \quad [2.5]$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mg L}^{-1} \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \frac{1 \text{ mol}}{207,2 \text{ g}} = 4,83 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1} \quad [2.6]$$

Reemplazando [2.4]-[2.6] en [2.3], se obtiene n<sub>Pb<sup>2+</sup></sub>:

$$n_{\text{Pb}^{2+}} = 4,06 \cdot 10^{11} \text{ L} (9,65 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1} - 4,83 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1}) = 196 \text{ mol} \quad [2.7]$$

A partir de n<sub>Pb<sup>2+</sup></sub>, se determina n<sub>KOH,precipitado</sub> teniendo presentes que se precisa un mol de iones OH<sup>-</sup> para formar un mol de KOH y la ecuación [2.1], que establece la relación en la que se combinan los iones Pb<sup>2+</sup> y OH<sup>-</sup> al formar Pb(OH)<sub>2</sub>:

$$n_{\text{KOH,precipitado}} = 196 \text{ mol Pb}^{2+} \frac{2 \text{ mol OH}^{-}}{1 \text{ mol Pb}^{2+}} \frac{1 \text{ mol KOH}}{1 \text{ mol OH}^{-}} = 392 \text{ mol} \quad [2.8]$$

Por su parte, n<sub>KOH,disolución</sub> se obtiene a partir de la concentración de iones OH<sup>-</sup> en el equilibrio final, [OH<sup>-</sup>], que procede íntegramente del KOH añadido al considerar despreciable el problema la concentración de iones hidróxido procedente del equilibrio de autoionización del agua. Así, teniendo en cuenta el equilibrio [2.1], [OH<sup>-</sup>] verifica:

$$[\text{OH}^{-}] = \sqrt{\frac{K_{ps}}{[\text{Pb}^{2+}]}} \quad [2.9]$$

donde [Pb<sup>2+</sup>] es la concentración molar final de Pb<sup>2+</sup>, esto es, 4,83 · 10<sup>-10</sup> mol L<sup>-1</sup>, tal y como se calculó en [2.6]. Sustituyendo valores, se determina [OH<sup>-</sup>]:

$$[\text{OH}^{-}] = \sqrt{\frac{1,43 \cdot 10^{-20}}{4,83 \cdot 10^{-10}}} = 5,44 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} \quad [2.10]$$

Calculados V y [OH<sup>-</sup>], n<sub>KOH,disolución</sub> queda:

$$n_{\text{KOH,disolución}} = n_{\text{OH}^{-},\text{disolución}} = V[\text{OH}^{-}] = 4,06 \cdot 10^{11} \text{ L} \cdot 5,44 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1} = 2,21 \cdot 10^6 \text{ mol} \quad [2.11]$$

Conocidos n<sub>KOH,precipitado</sub> y n<sub>KOH,disolución</sub>, se halla n<sub>KOH</sub> mediante la ecuación [2.2]:

$$n_{\text{KOH}} = 392 \text{ mol} + 2,21 \cdot 10^6 \text{ mol} = 2,21 \cdot 10^6 \text{ mol} \quad [2.12]$$

Como puede apreciarse,  $n_{\text{KOH,precipitado}}$  es despreciable frente a  $n_{\text{KOH,disolución}}$ ; sin embargo, era conveniente realizar los cálculos ya que no era fácil contemplar de antemano esta simplificación con la certeza suficiente. Finalmente, la masa de KOH necesaria para lograr la deseada reducción de la concentración de  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $m_{\text{KOH}}$ , se determina de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$m_{\text{KOH}} = M_{\text{KOH}} n_{\text{KOH}} \quad [2.13]$$

donde  $M_{\text{KOH}}$  es la masa molar de hidróxido de potasio:

$$M_{\text{KOH}} = 39,1 \text{ g mol}^{-1} + 16,0 \text{ g mol}^{-1} + 1,0 \text{ g mol}^{-1} = 56,1 \text{ g mol}^{-1} \quad [2.14]$$

En consecuencia,  $m_{\text{KOH}}$  es igual a:

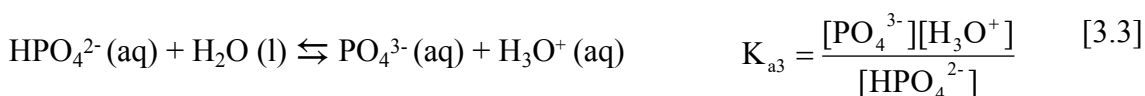
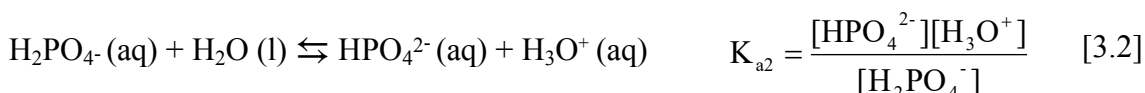
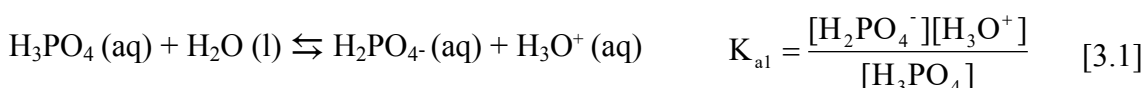
$$m_{\text{KOH}} = 56,1 \text{ g mol}^{-1} \cdot 2,21 \cdot 10^6 \text{ mol} = \mathbf{1,24 \cdot 10^8 \text{ g} = 124 \text{ t}} \quad [2.15]$$

### PROBLEMA 3

Se vierten 196 g de ácido fosfórico,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , en una disolución acuosa que contiene una solución amortiguadora que mantiene el pH aproximadamente constante e igual a 10,0. Si tras la adición del ácido fosfórico el volumen total de la disolución es igual a 10,0 L y el pH se considera que permanece invariable en 10,0, ¿cuál será la concentración molar de hidrogenofosfato,  $\text{HPO}_4^{2-}$ , en el equilibrio, si se tiene en cuenta que la concentración inicial de ácido fosfórico es igual a la suma de las concentraciones de las diferentes especies del sistema del ácido fosfórico en el equilibrio y que las concentraciones de las diferentes especies de ese sistema en el equilibrio se pueden expresar en función de una de ellas mediante las diferentes constantes de acidez? (1,0 punto)

#### Resolución

Al disolver ácido fosfórico en una disolución acuosa, se verifican simultáneamente estos tres equilibrios ácido-base, correspondientes a la cesión de cada uno de los tres protones del ácido:



donde las constantes de acidez ( $K_{a1}$ ,  $K_{a2}$  y  $K_{a3}$ ) se proporcionan como datos del problema. A partir de las expresiones de estas constantes de acidez, y de acuerdo con lo que se expone en el enunciado del problema, se pueden expresar las concentraciones de equilibrio de las diferentes especies del sistema del ácido fosfórico a partir de una de ellas, como por ejemplo, el anión fosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ :

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a3}} [\text{PO}_4^{3-}] \quad [3.4]$$

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a2}} [\text{HPO}_4^{2-}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_{a2} K_{a3}} [\text{PO}_4^{3-}] \quad [3.5]$$

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a1}} [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}{K_{a1} K_{a2} K_{a3}} [\text{PO}_4^{3-}] \quad [3.6]$$

A su vez, dado que en todos los equilibrios las especies del sistema del ácido fosfórico se relacionan mol a mol, se verifica que la concentración inicial de ácido fosfórico,  $[\text{H}_3\text{PO}_4]_0$ , es igual a la suma de las concentraciones de equilibrio de las diferentes especies del sistema del ácido fosfórico ( $[\text{H}_3\text{PO}_4]$ ,  $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ ,  $[\text{HPO}_4^{2-}]$  y  $[\text{PO}_4^{3-}]$ ), lo que también se indica en el enunciado del problema. Así, queda:

$$[\text{H}_3\text{PO}_4]_0 = [\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] \quad [3.7]$$

Reemplazando las ecuaciones [3.4]-[3.6] en [3.7], se obtiene:

$$[\text{H}_3\text{PO}_4]_0 = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}{K_{a1} K_{a2} K_{a3}} [\text{PO}_4^{3-}] + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_{a2} K_{a3}} [\text{PO}_4^{3-}] + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a3}} [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{PO}_4^{3-}] \quad [3.8]$$

$$[\text{H}_3\text{PO}_4]_0 = \left( \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}{K_{a1} K_{a2} K_{a3}} + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_{a2} K_{a3}} + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a3}} + 1 \right) [\text{PO}_4^{3-}] \quad [3.9]$$

De la ecuación [3.9], se puede despejar la concentración de fosfato:

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]_0}{\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}{K_{a1} K_{a2} K_{a3}} + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{K_{a2} K_{a3}} + \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a3}} + 1} \quad [3.10]$$

El valor de  $[\text{H}_3\text{PO}_4]_0$  se calcula a partir de la masa inicial de ácido fosfórico,  $m_{\text{H}_3\text{PO}_4,0}$ , la masa molar de ácido fosfórico,  $M_{\text{H}_3\text{PO}_4}$ , y el volumen de la disolución,  $V$ , según:

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] = \frac{n_{\text{H}_3\text{PO}_4,0}}{V} = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4,0} / M_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{V} = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4,0}}{M_{\text{H}_3\text{PO}_4} V} \quad [3.11]$$

donde:

- $m_{\text{H}_3\text{PO}_4,0}$  es el número inicial de moles de ácido fosfórico.
- $V = 10,0 \text{ L}$
- $m_{\text{H}_3\text{PO}_4,0} = 196 \text{ g}$
- $M_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 3 \cdot 1,0 \text{ g mol}^{-1} + 31,0 \text{ g mol}^{-1} + 4 \cdot 16,0 \text{ g mol}^{-1} = 98,0 \text{ g mol}^{-1}$

Reemplazando valores en [3.11]:

$$[\text{H}_3\text{PO}_4]_0 = \frac{196 \text{ g}}{98,0 \text{ g mol}^{-1} \cdot 10,0 \text{ L}} = 0,200 \text{ mol L}^{-1} \quad [3.12]$$

Por su parte, a partir del valor de  $\text{pH} = 10,0$  y de su definición, se calcula la concentración de iones oxidanio u oxonio en el equilibrio,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-10,0} = 1,00 \cdot 10^{-10} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.13]$$

Conocidos  $[\text{H}_3\text{PO}_4]_0$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  y los valores de las constantes de acidez, se calcula  $[\text{PO}_4^{3-}]$  sustituyendo valores en la ecuación [3.10]:

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{0,200 \text{ mol L}^{-1}}{\frac{(1,00 \cdot 10^{-10})^3}{7,1 \cdot 10^{-3} \cdot 6,3 \cdot 10^{-8} \cdot 4,5 \cdot 10^{-13}} + \frac{(1,00 \cdot 10^{-10})^2}{6,3 \cdot 10^{-8} \cdot 4,5 \cdot 10^{-13}} + \frac{1,00 \cdot 10^{-10}}{4,5 \cdot 10^{-13}} + 1} \quad [3.14]$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 8,95 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \quad [3.15]$$

Y con el valor de  $[\text{PO}_4^{3-}]$ , se determina la concentración molar de hidrogenofosfato,  $[\text{HPO}_4^{2-}]$ , mediante la ecuación [3.4]:

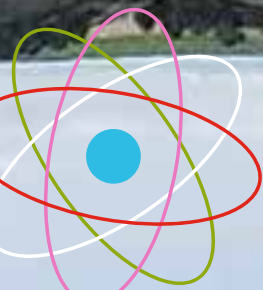
$$[\text{HPO}_4^{2-}] = \frac{1,00 \cdot 10^{-10}}{4,5 \cdot 10^{-13}} 8,95 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} = \mathbf{0,199 \text{ mol L}^{-1}} \quad [3.16]$$

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*Q***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

**ENUNCIADO**



**XII MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**8 de mayo de 2026**

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte I del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

- 1) El pascal, Pa, en términos de unidades básicas (o fundamentales) del Sistema Internacional de Unidades (SI), equivale a:  
A)  $\text{m kg s}^{-2}$ .  
B)  $\text{m kg}^{-1} \text{s}^{-2}$ .  
C)  $\text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$ .  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 2) Señale la respuesta que **no** contiene una magnitud fundamental (o básica) del Sistema Internacional de Unidades (SI):  
A) Longitud.  
B) Masa.  
C) Mol.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta (todas las otras respuestas son magnitudes fundamentales del SI).
  
- 3) Indique la magnitud extensiva:  
A) Densidad.  
B) Capacidad calorífica.  
C) Temperatura.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
  
- 4) Si un sistema presenta las mismas propiedades en todos sus puntos, ¿qué puede ser ese sistema?  
A) Solo una sustancia simple o una disolución.  
B) Solo un compuesto o una disolución.  
C) Solo una sustancia simple o un compuesto.  
D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 5) ¿Qué tipo de sistema forma una roca formada exclusivamente por granito?
- A) Una mezcla heterogénea.
  - B) Una mezcla homogénea.
  - C) Un compuesto.
  - D) Una sustancia simple.
- 6) Se tiene una cierta cantidad de gas ideal en un recipiente cerrado de volumen variable. Si se duplica su volumen y su presión, ¿qué le habrá ocurrido a la temperatura del gas ideal?
- A) Se reduce a la cuarta parte.
  - B) Se reduce a la mitad.
  - C) Se duplica.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) Se dispone de un vaso de precipitados con 800 mL de una disolución de 1200 g/L de densidad formada por un disolvente, D, y dos solutos, A y B. Si las concentraciones de A y B en dicha disolución son de 100 g/L y del 10,0 % en masa, respectivamente, ¿cuál es la masa de disolvente, D, en los 800 mL de disolución?
- A) 764 g.
  - B) 780 g.
  - C) 784 g.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) Señale la técnica de separación que sería recomendable utilizar para separar una mezcla de dos hidrocarburos formada por hexano y octano:
- A) Decantación.
  - B) Destilación.
  - C) Filtración.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta (ninguna de las otras respuestas contiene una técnica que permita realizar la separación de los componentes de esa mezcla).
- 9) Señale la respuesta que contiene el proceso físico:
- A) La sublimación del yodo.
  - B) La oxidación del hierro.
  - C) La combustión del metano.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta (ninguna de las otras respuestas expone un proceso físico).
- 10) ¿Cuál es la masa molecular del oxígeno?
- A) 16,0.
  - B) 16,0 u.
  - C) 16,0 g/mol.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 11) Se posee una sustancia pura de la que se conoce que solo está formada por cloro y oxígeno y que su masa molecular relativa es de 119. ¿Cuál es esa sustancia pura?
- A) Dicloruro de oxígeno.
  - B) Dicloruro de trioxígeno.
  - C) Dicloruro de heptaoxígeno.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 12) De los elementos que pertenecen a los seis primeros períodos de la tabla periódica, identifique la opción en la que al menos uno de los elementos **no** presenta el estado de oxidación +3:
- A) Los térreos (grupo 13).
  - B) Los nitrogenoideos o pnícógenos (grupo 15).
  - C) Los halógenos (grupo 17).
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta (todos los elementos aludidos en las otras respuestas presentan el estado de oxidación +3).
- 13) ¿Qué elemento del cuarto período de la tabla periódica presenta los siguientes estados (o números) de oxidación estables: -3, +3 y +5?
- A) Antimonio.
  - B) Arsénico.
  - C) Selenio.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) En la reacción de síntesis del agua a partir de  $H_2$  y  $O_2$ , por cada 3,0 moles de  $O_2$ , ¿cuántos moles de agua pueden obtenerse como máximo?
- A)  $1,8 \cdot 10^{24}$  mol.
  - B)  $3,6 \cdot 10^{24}$  mol.
  - C) 6,0 mol.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 15) Considérese la siguiente reacción química sin ajustar:
- $$Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$$
- 16) Si se dispone de 6,0 moles de CO y exceso de  $Fe_2O_3$ , ¿cuántos moles de Fe se pueden obtener como máximo?
- A) 2,0 mol.
  - B) 3,0 mol.
  - C) 4,0 mol.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) ¿Qué masa de etano se necesita para que al quemarlo completamente con exceso de aire se formen 108 g de agua?
- A) 2,00 g.
  - B) 36,0 g.
  - C) 60,0 g.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

17) Considérese la siguiente reacción química sin ajustar:



¿Qué masa de  $\text{CrCl}_3$  podrá obtenerse como máximo si se tienen 588,4 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  y exceso de HCl?

- A) 158,5 g.
- B) 317,0 g.
- C) 634,0 g.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

18) Cuando una persona siente acidez en el estómago y se toma bicarbonato (hidrogenocarbonato), en su estómago se produce una reacción de:

- A) Neutralización.
- B) Precipitación.
- C) Oxidación-reducción.
- D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

19) Señale el contaminante o grupo de contaminantes que **no** genera problemas globales de contaminación:

- A)  $\text{CO}_2$ .
- B) CFCs.
- C)  $\text{NO}_x$ .
- D) Material particulado ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ...).

20) Señale la fuente de energía en cuya formación en ningún momento del proceso ha intervenido el Sol:

- A) Biomasa.
- B) Petróleo.
- C) Gas natural.
- D) Uranio.

## DATOS

Densidad del agua:  $1,00 \text{ g mL}^{-1}$ .

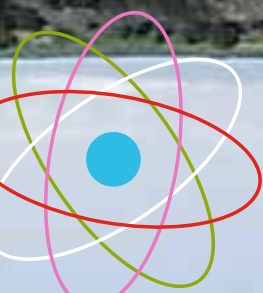
Masas atómicas relativas:  $A_r(\text{H}) = 1,0$ ;  $A_r(\text{C}) = 12,0$ ;  $A_r(\text{N}) = 14,0$ ;  $A_r(\text{O}) = 16,0$ ;  $A_r(\text{Cl}) = 35,5$ ;  $A_r(\text{K}) = 39,1$ ;  $A_r(\text{Cr}) = 52,0$ ;  $A_r(\text{Fe}) = 55,8$ ;  $A_r(\text{I}) = 126,9$ .

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*Q***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE I)**

***RESPUESTAS***



**XII MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**  
**8 de mayo de 2026**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte I)**

Cuestión	Respuesta
1	C
2	C
3	B
4	D <sup>(1)</sup>
5	A
6	D <sup>(2)</sup>
7	C
8	B
9	A
10	D <sup>(3)</sup>

Cuestión	Respuesta
11	B
12	C
13	B
14	C
15	C
16	C
17	C
18	A
19	D
20	D

Notas:

- (1) Solución correcta: solo una sustancia pura (sustancia simple o compuesto) o una disolución.
- (2) Solución correcta: se cuadruplica.
- (3) Solución correcta: 32,0 u.

*M*  
**MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*C*  
**DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

**ENUNCIADO**



# XII MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA

## CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)

### 8 de mayo de 2026

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

Conteste en la **Hoja de Respuestas**.

Solo hay una respuesta correcta para cada cuestión.

En caso de corrección/anulación de la respuesta, tache la que no desea señalar y escriba la respuesta que crea conveniente de modo que quede claro.

Cada respuesta correcta se valorará con 0,25 puntos, las respuestas incorrectas se valorarán con un valor negativo de 1/3 de 0,25 puntos y las respuestas en blanco con 0 puntos.

La calificación máxima de la Parte II del cuestionario tipo test son 5 puntos.

No está permitido el uso de calculadoras programables.

Se proporciona junto al examen una tabla periódica.

- 1) ¿Cuál de los siguientes materiales de laboratorio se utilizaría para agitar fácilmente una mezcla líquida con el fin de homogeneizarla sin emplear ningún otro instrumento adicional (como varilla, tapón...)?
  - A) Matraz aforado.
  - B) Matraz erlenmeyer.
  - C) Probeta.
  - D) Vaso de precipitados.
- 2) A temperatura ambiente y presión atmosférica, ¿cuál de las siguientes sustancias podría llegar a producir asfixia por sí sola?
  - A) Ácido acético.
  - B) Cianuro de sodio.
  - C) Dinitrógeno.
  - D) Grafito.
- 3) Un sistema experimenta un proceso físico en el que se le comunica calor ininterrumpidamente a presión constante. Se conoce que en este proceso la temperatura del sistema experimenta un aumento en los minutos iniciales, después la temperatura permanece constante durante cierto período de tiempo y finalmente vuelve a incrementarse la temperatura. ¿Qué puede afirmar del estado final del sistema?
  - A) No es sólido.
  - B) No es gaseoso.
  - C) Es líquido.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 4) ¿Qué puede afirmar de una partícula atómica que cuyo número atómico es igual a 20, cuyo número másico es igual a 42 y posee 18 electrones?
- A) Es un catión y posee 24 neutrones.
  - B) Es un anión y posee 22 neutrones.
  - C) Es un anión y posee 24 neutrones.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 5) ¿Cuál fue el primer modelo atómico que postuló que los electrones se mueven en torno al núcleo?
- A) Modelo atómico de Bohr.
  - B) Modelo atómico de Rutherford.
  - C) Modelo atómico de Thomson.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 6) ¿Cuál es la fórmula química del ácido clórico?
- A) HCl.
  - B) HClO.
  - C) HClO<sub>2</sub>.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 7) ¿Cuál es la fórmula química del carbonato de calcio?
- A) CaCO<sub>2</sub>.
  - B) Ca<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
  - C) CaSO<sub>3</sub>.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 8) ¿Cuántos protones hay en una molécula de amoníaco (azano)?
- A) 7 protones.
  - B) 14 protones.
  - C) 17 protones.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 9) ¿Cuántos electrones hay en un mol de agua?
- A) 8 electrones.
  - B) 10 electrones.
  - C) 18 electrones.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 10) Indique cuál de las siguientes clases de compuestos puede estar formada por moléculas que contengan un átomo de nitrógeno y todos sus enlaces sean sencillos:
- A) Amidas.
  - B) Aminas.
  - C) Nitrilos.
  - D) Nitrocompuestos.

- 11) Teniendo únicamente en cuenta las valencias disponibles de los átomos de carbono, ¿cuál es el mínimo número de átomos de carbono que necesitaría un compuesto para tener 3 grupos hidroxilo y 1 grupo carboxilo?
- A) 1.
  - B) 2.
  - C) 4.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 12) En su estado fundamental, ¿dónde se alojará el electrón diferenciador en un átomo del elemento perteneciente al período 6 y al grupo 11 de la tabla periódica?
- A) En uno de los orbitales 5p.
  - B) En uno de los orbitales 6d.
  - C) En uno de los orbitales 6p.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 13) En su estado fundamental, ¿cuántos electrones tiene alojados en orbitales de tipo f el plutonio ( $Z = 94$ )?
- A) 6.
  - B) 14.
  - C) 20.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 14) De entre los siguientes, ¿qué elemento es el que tiene los átomos de mayor tamaño?
- A) Berilio.
  - B) Boro.
  - C) Litio.
  - D) Neón.
- 15) La sustancia natural más dura que existe, ¿qué tipo de sustancia es?
- A) Metálica.
  - B) Iónica.
  - C) Molecular.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 16) Una sustancia pura en estado líquido es aislante eléctrico. ¿Qué puede afirmar del tipo de enlace químico que se establece entre sus átomos?
- A) Es covalente.
  - B) Es covalente o iónico.
  - C) Es covalente, iónico o metálico.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

- 17) Indique la clase de compuestos en la que se pueden establecer enlaces de hidrógeno entre moléculas del mismo compuesto:
- A) Aminas.
  - B) Aldehídos.
  - C) Ésteres.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta (en ninguna clase de compuestos expuesta en las otras respuestas se pueden establecer enlaces de hidrógeno entre moléculas del mismo compuesto).
- 18) Señale la sustancia con mayor temperatura de ebullición:
- A) HF.
  - B) HCl.
  - C) HBr.
  - D) HI.
- 19) Si una reacción química necesita de una elevada cantidad de energía para que pueda comenzar, ¿qué puede afirmar de esta reacción química?
- A) Es exotérmica.
  - B) Es endotérmica.
  - C) Presenta una elevada energía de activación.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.
- 20) Cuando algunos alimentos se envasan al vacío para retrasar su degradación, ¿sobre qué factor de los que depende la velocidad de reacción se está actuando?
- A) La temperatura.
  - B) La concentración de reactivos.
  - C) El empleo de catalizadores.
  - D) Ninguna de las otras respuestas es correcta.

*M***INIOLIMPIADA DE QUÍMICA**  
*C***DE CANTABRIA**

**CUESTIONARIO TIPO TEST**

**(PARTE II)**

***RESPUESTAS***



**XII MINIOLIMPIADA DE QUÍMICA DE CANTABRIA**  
**CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**  
**8 de mayo de 2026**

HOJA DE RESPUESTAS

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

**RESPUESTAS AL CUESTIONARIO TIPO TEST (Parte II)**

Cuestión	Respuesta
1	B
2	C
3	A
4	D <sup>(1)</sup>
5	B
6	D <sup>(2)</sup>
7	D <sup>(3)</sup>
8	D <sup>(4)</sup>
9	D <sup>(5)</sup>
10	B

Cuestión	Respuesta
11	B
12	D <sup>(6)</sup>
13	C
14	C
15	D <sup>(7)</sup>
16	A
17	A
18	A
19	C
20	B

Notas:

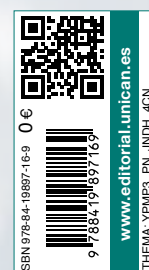
- (1) Solución correcta: es un catión y posee 22 neutrones.
- (2) Solución correcta:  $\text{HClO}_3$ .
- (3) Solución correcta:  $\text{CaCO}_3$ .
- (4) Solución correcta: 10 protones.
- (5) Solución correcta:  $6,0 \cdot 10^{24}$  electrones.
- (6) Solución correcta: en uno de los orbitales 5d.
- (7) Solución correcta: sólido de red covalente o cristal covalente.



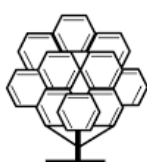
Mayo, 2026

En este libro se recogen los enunciados y las soluciones de las distintas pruebas de las ediciones correspondientes a los años 2023-2026 de la Olimpiada y de la Miniolimpiada de Química de Cantabria. Con ello, se pretende proporcionar recursos educativos adicionales para que los estudiantes de Bachillerato y de Educación Secundaria Obligatoria puedan prepararse para la Olimpiada y la Miniolimpiada, respectivamente. Aunque estas pruebas están inspiradas en el currículo oficial, parte de las cuestiones y problemas que las conforman presentan un nivel de dificultad superior al que habitualmente se plantea en los institutos. Por lo tanto, este libro también puede ser una herramienta de interés para aquellos estudiantes con un mayor dominio de la Química o un mayor interés por esta disciplina, de forma que puedan profundizar en esta ciencia. Igualmente, también puede ser utilizado por estudiantes universitarios de cualquier asignatura de Química general como fuente de problemas y de cuestiones.

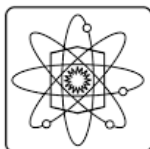
This book contains the questions and solutions to the various exams from the 2023-2026 editions of the Cantabria Chemistry Olympiad and Mini-olympiad. Its aim is to provide additional educational resources for high school students to prepare for the Olympiad or Mini-olympiad. Despite the fact that these tests are based on the official curriculum, some of the questions and problems are more challenging than those typically encountered in high school. Therefore, this book can also be a valuable tool for students with a greater understanding of Chemistry or a deeper interest in this science, allowing them to explore it further. Similarly, it can be used by university students in any general Chemistry course as a source of problems and questions.



#### ORGANIZAN



**AQUIQÁN**  
Asociación de Química e  
Ingeniería Química  
de Cantabria  
**ANQUE**



Sección Territorial de Cantabria de la  
**RSEQ**  
Real Sociedad Española de Química  
El Sitio de la Química en España

#### COLABORA

**UC** | Universidad  
de Cantabria