

INSTRUCCIONES GENERALES Y VALORACIÓN

La prueba consta de dos opciones, A y B, y el alumno deberá optar por una de las opciones y resolver las tres cuestiones y los dos problemas planteados en ella, sin que pueda elegir cuestiones o problemas de diferentes opciones. Cada cuestión o problema puntuará sobre un máximo de dos puntos. No se contestará ninguna pregunta en este impreso.

**TIEMPO:** una hora y treinta minutos

OPCIÓN A

**Cuestión 1A.-** Para el conjunto de números cuánticos que aparecen en los siguientes apartados, explique si pueden corresponder a un orbital atómico y, en los casos afirmativos, indique de qué orbital se trata.

- a)  $n = 5, l = 2, m_l = 2$
- b)  $n = 1, l = 0, m_l = -1/2$
- c)  $n = 2, l = -1, m_l = 1$
- d)  $n = 3, l = 1, m_l = 0$

Puntuación máxima por apartado: 0,5

**Cuestión 2A.-** Dadas las siguientes sustancias: CO<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>CO y HF:

- a) Escriba las estructuras de Lewis de sus moléculas.
- b) Explique sus geometrías por la teoría de Repulsión de Pares de Electrones de Valencia o por la Teoría de Hibridación.
- c) Justifique cuáles de estas moléculas tienen momento dipolar distinto de cero.
- d) Justifique cuáles de estas sustancias presentan enlace de hidrógeno.

Datos. Números atómicos (Z): H = 1; C = 6; O = 8; F = 9

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Cuestión 3A.-** Dado el equilibrio  $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$ , justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- a) La expresión de la constante de equilibrio  $K_P$  es:  $K_P = p(CO) \cdot p(H_2) / \{ p(C) \cdot p(H_2O) \}$
- b) Al añadir más carbono, el equilibrio se desplaza hacia la derecha.
- c) En esta reacción, el agua actúa como oxidante.
- d) El equilibrio se desplaza hacia la izquierda cuando aumenta la presión total del sistema.

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Problema 1A.-** En la reacción de combustión del metanol líquido se produce CO<sub>2</sub>(g) y H<sub>2</sub>O(l). Sabiendo que el metanol tiene una densidad de 0,79 g·cm<sup>-3</sup>, calcule:

- a) La entalpía estándar de combustión del metanol líquido.
- b) La energía desprendida en la combustión de 1 L de metanol.
- c) El volumen de oxígeno necesario para la combustión de 1 L de metanol, medido a 37 °C y 5 atm.

Datos. R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>. Masas atómicas: C = 12; O = 16; H = 1.

Entalpías estándar de formación en kJ·mol<sup>-1</sup>: metanol (l) = -239; CO<sub>2</sub> (g) = -393; H<sub>2</sub>O (l) = -294.

Puntuación máxima por apartado: a) y c) 0,75 puntos; b) 0,5 puntos.

**Problema 2A.-** Se disuelven 2,3 g de ácido metanoico en agua hasta un volumen de 250 cm<sup>3</sup>. Calcule:

- a) El grado de disociación y el pH de la disolución.
- b) El volumen de hidróxido de potasio 0,5 M necesario para neutralizar 50 cm<sup>3</sup> de la disolución anterior.

Datos:  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ; Masas atómicas: C = 12, O = 16, H = 1

Puntuación máxima por apartado: 1 punto.

## OPCIÓN B

**Cuestión 1B.-** Considere la combustión de tres sustancias: carbón, hidrógeno molecular y etanol.

- Ajuste las correspondientes reacciones de combustión.
- Indique razonadamente cuáles de los reactivos o productos de las mismas tienen entalpía de formación nula.
- Escriba las expresiones para calcular las entalpías de combustión de cada una de las tres reacciones a partir de las entalpías de formación.
- Escriba la expresión de la entalpía de formación del etanol en función únicamente de las entalpías de combustión de las reacciones del apartado a).

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

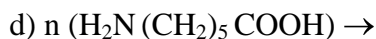
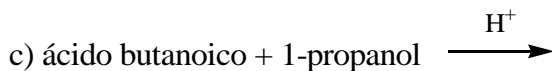
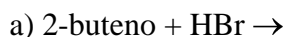
**Cuestión 2B.-** Dadas las constantes de acidez de las especies químicas  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HSO}_4^-$  y  $\text{NH}_4^+$

- Ordene las cuatro especies de mayor a menor acidez.
- Escriba sus correspondientes reacciones de disociación ácida en disolución acuosa.
- Identifique sus bases conjugadas y ordénelas de mayor a menor basicidad.
- Escriba la reacción de transferencia protónica entre la especie química más ácida y la base conjugada más básica.

Datos.  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$ ;  $K_a(\text{HF}) = 7,2 \times 10^{-4}$ ;  $K_a(\text{HSO}_4^-) = 1,2 \times 10^{-2}$ ;  $K_a(\text{NH}_4^+) = 5,5 \times 10^{-10}$

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Cuestión 3B.-** Complete las siguientes reacciones, escribiendo las fórmulas semidesarrolladas de todos los compuestos orgánicos. Nombre todos los productos obtenidos e indique el tipo de reacción orgánica de que se trata en cada caso.



Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Problema 1B.-** Una mezcla de 2 moles de  $\text{N}_2$  y 6 moles de  $\text{H}_2$  se calienta hasta  $700^\circ\text{C}$  en un reactor de 100 L, estableciéndose el equilibrio  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ . En estas condiciones se forman 48,28 g de amoníaco en el reactor. Calcule:

- La cantidad en gramos de  $\text{N}_2$  y de  $\text{H}_2$  en el equilibrio.
- La constante de equilibrio  $K_c$ .
- La presión total en el reactor cuando se ha alcanzado el equilibrio.

Datos. Masas atómicas:  $\text{N} = 14$ ,  $\text{H} = 1$ ;  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Puntuación máxima por apartado: a) y b) 0,75 puntos; c) 0,5 puntos.

**Problema 2B.-** La electrólisis de una disolución acuosa de  $\text{BiCl}_3$  en medio neutro origina  $\text{Bi}(\text{s})$  y  $\text{Cl}_2(\text{g})$ .

- Escriba las semireacciones iónicas en el cátodo y en el ánodo y la reacción global del proceso, y calcule el potencial estándar correspondiente a la reacción global.
- Calcule la masa de bismuto metálico y el volumen de cloro gaseoso, medido a  $25^\circ\text{C}$  y 1 atm, obtenidos al cabo de dos horas, cuando se aplica una corriente de 1,5 A.

Datos.  $F = 96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ; Masas atómicas:  $\text{Cl} = 35,5$ ;  $\text{Bi} = 209,0$

$$E^\circ(\text{Bi}^{3+}/\text{Bi}) = 0,29 \text{ V}; E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$$

Puntuación máxima por apartado: 1 punto.

# QUÍMICA

## CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

Cada una de las cuestiones y cada uno de los problemas se podrá calificar con un máximo de 2 puntos.

Si se han contestado cuestiones o problemas de más de una opción, únicamente deberán corregirse las cuestiones y problemas de la opción a la que corresponda la cuestión o el problema resuelta en primer lugar.

Se tendrá en cuenta en la calificación de la prueba:

- 1.- Claridad de comprensión y exposición de conceptos.
- 2.- Uso correcto de formulación, nomenclatura y lenguaje químico.
- 3.- Capacidad de análisis y relación.
- 4.- Desarrollo de la resolución de forma coherente y uso correcto de unidades.
- 5.- Aplicación y exposición correcta de conceptos en el planteamiento de los problemas.

Distribución de puntuaciones máximas para este ejercicio

### OPCIÓN A

Cuestión 1A.- 0,5 puntos cada uno de los apartados

Cuestión 2A.- 0,5 puntos cada uno de los apartados

Cuestión 3A.- 0,5 puntos cada uno de los apartados

Problema 1A.- 0,75 puntos los apartados a) y c), y 0,5 puntos el apartado b)

Problema 2A.- 1 punto cada uno de los apartados

### OPCIÓN B

Cuestión 1B.- 0,5 puntos cada uno de los apartados

Cuestión 2B.- 0,5 puntos cada uno de los apartados

Cuestión 3B.- 0,5 puntos cada uno de los apartados

Problema 1B.- 0,75 puntos los apartados a) y b); 0,5 puntos el apartado c)

Problema 2B.- 1 punto cada uno de los apartados

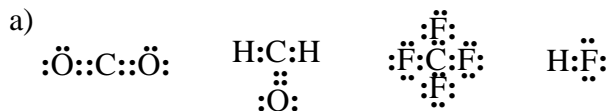
**SOLUCIONES (ORIENTACIONES PARA EL CORRECTOR)**  
**OPCIÓN A**

**Cuestión 1A.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5

Justificación para todos los apartados: debe cumplirse que  $n = 1, 2, 3, \dots$ ;  $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ;  $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ .

- Posible, es uno de los orbitales 5d.
- No es posible ya que  $m_l$  solo puede valer 0 ( $l = 0$ ) y además no es un número entero.
- No es posible ya que  $l$  no puede adoptar valores negativos.
- Posible, es uno de los orbitales 3p.

**Cuestión 2A.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.



- b)  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  **Geometría lineal.** La disposición en la que los dos grupos de electrones alrededor del C tienen menor repulsión. También se acepta por hibridación: el carbono tiene hibridación  $sp$  y sus orbitales híbridos  $sp$  se orientan formando entre sí un ángulo de  $180^\circ$ .

$\text{H}_2\text{CO}$  **Geometría trigonal plana.** El carbono está rodeado de tres grupos de electrones. La disposición en la que éstos tienen menor repulsión es la trigonal plana.

En esta molécula el carbono tiene hibridación  $sp^2$  y sus orbitales híbridos  $sp^2$  se orientan formando entre sí un ángulo de  $120^\circ$ .

$\text{CF}_4$  **Geometría tetraédrica.** El carbono está rodeado de cuatro grupos de electrones. La disposición en la que tienen menor repulsión es la tetraédrica.

En esta molécula el carbono tiene hibridación  $sp^3$  y sus orbitales híbridos  $sp^3$  se orientan formando entre sí un ángulo de  $109^\circ$ .

$\text{HF}$  **Geometría lineal.** La única posible en una molécula diatómica.

- c) Las moléculas  $\text{H}_2\text{CO}$  y  $\text{HF}$  son polares. La diferencia de electronegatividad de los átomos crea enlaces polares, cuya resultante no se anula por la geometría de la molécula.

Las moléculas  $\text{CO}_2$  y  $\text{CF}_4$  tienen momento dipolar cero. La geometría de estas moléculas hace que los momentos de enlace existentes se anulen entre sí dando una resultante nula.

- d) La única sustancia que presenta enlace de hidrógeno es el  $\text{HF}$ . El hidrógeno está unido a un átomo muy electronegativo, el flúor, y es atraído por el átomo de flúor de otra molécula vecina.

**Cuestión 3A.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

- Falsa.  $K_p = p(\text{CO}) \cdot p(\text{H}_2) / p(\text{H}_2\text{O})$ ; la presión de C, al ser un sólido, no se incluye en la expresión de  $K_p$ .
- Falsa. C es un sólido, por lo que aumentar su cantidad no modifica el equilibrio.
- Verdadera. H tiene estado de oxidación +1 en  $\text{H}_2\text{O}$  y 0 en  $\text{H}_2$ ; se reduce, luego actúa como oxidante.
- Verdadera. Aumentar la presión total del sistema equivale a disminuir el volumen total de la mezcla y el equilibrio se desplaza hacia donde se producen menos moléculas gaseosas (hacia la izquierda).

**Problema 1A.-** Puntuación máxima por apartado: a) y c) 0,75 puntos; b) 0,5 puntos

- $\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + 3/2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H^\circ(\text{combustión}) = (-393) + 2 \times (-294) - (-239) = -742 \text{ kJ}$  por cada mol de metanol quemado.
- moles  $\text{CH}_3\text{OH} = 1000 \times 0,79 / (12 + 16 + 4) = 24,7$  moles  
E desprendida:  $24,7 \times 742 = 18327 \text{ kJ}$
- moles  $\text{O}_2 = 24,7 \times 3/2 = 37,1$  moles;  $PV = nRT$ ;  $V = 37,1 \times 0,082 \times 310 / 5$ ;  $V = 188,6 \text{ L}$

**Problema 2A.-** Puntuación máxima por apartado: 1 punto.

- $\text{HCOOH} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$   
 $\begin{array}{ccc} c(1-\alpha) & c\alpha & c\alpha \end{array}$   
masa molecular ( $\text{HCOOH}$ ) =  $12 + 16 \times 2 + 1 \times 2 = 46$   
 $[\text{HCOOH}] = (2,3 / 46) / 0,25 = 0,2 \text{ M}$   
 $K_a = c\alpha^2 / (1-\alpha) = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ;  $\alpha \approx 0,03$   
 $[\text{H}^+] = c\alpha = 0,2 \times 0,03 = 6 \cdot 10^{-3}$ ;  $\text{pH} = -\log 0,006 = 2,2$

- b) Neutralización 1:1; moles  $\text{HCOOH} = \text{moles KOH}$ ;  $V = 0,05 \text{ L} \times 0,2 \text{ M} / 0,5 \text{ M} = 0,02 \text{ L}$

## OPCIÓN B

**Cuestión 1B.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

- a) (1)  $C + O_2 \rightarrow CO_2$   
 (2)  $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$   
 (3)  $CH_3CH_2OH + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$
- b) Tienen entalpía de formación estándar nula los elementos en su forma más estable:  
 $\Delta H_f(C) = \Delta H_f(O_2) = \Delta H_f(H_2) = 0$
- c)  $\Delta H_c(C) = \Delta H_f(CO_2)$ ;  $\Delta H_c(H_2) = \Delta H_f(H_2O)$ ;  $\Delta H_c(C_2H_5OH) = 2 \times \Delta H_f(CO_2) + 3 \times \Delta H_f(H_2O) - \Delta H_f(C_2H_5OH)$
- d)  $\Delta H_f(C_2H_5OH) = 2 \times \Delta H_f(CO_2) + 3 \times \Delta H_f(H_2O) - \Delta H_c(C_2H_5OH) = 2 \times \Delta H_c(C) + 3 \times \Delta H_c(H_2) - \Delta H_c(C_2H_5OH)$

**Cuestión 2B.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

- a)  $HSO_4^- > HF > CH_3COOH > NH_4^+$
- b)  $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$  ó  $HSO_4^- \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H^+$   
 $HF + H_2O \rightleftharpoons F^- + H_3O^+$  ó  $HF \rightleftharpoons F^- + H^+$   
 $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$  ó  $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$   
 $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$  ó  $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$
- c)  $NH_3 > CH_3COO^- > F^- > SO_4^{2-}$
- d)  $HSO_4^- + NH_3 \rightleftharpoons SO_4^{2-} + NH_4^+$

**Cuestión 3B.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

- a)  $CH_3-CH=CH-CH_3 + HBr \rightarrow CH_3-CH_2-CHBr-CH_3$  Reacción de adición.  
2-Bromobutano

- b)  $CH_3-CH_2-CH_2OH \xrightarrow[\text{calor}]{H_2SO_4} CH_3-CH=CH_2$  Reacción de eliminación.  
Propeno

- c)  $CH_3-CH_2-CH_2-COOH + CH_3-CH_2-CH_2OH \xrightarrow{H^+} CH_3-CH_2-CH_2COOCH_2-CH_2-CH_3$   
Butanoato de propilo

Reacción de esterificación o condensación.

- d)  $n (NH_2(CH_2)_5COOH) \rightarrow -[NH(CH_2)_5CO]_n-$   
Poliamida (nailon o nylon)

Reacción de condensación (polimerización por condensación).

**Problema 1B.-** Puntuación máxima por apartado: a) y b) 0,75 puntos; c) 0,5 puntos.

- a)  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   
 Moles equilibrio  $2 - x$   $6 - 3x$   $2x$   
 moles  $NH_3 = 48,28 / 17 = 2,84$  moles  $x = 1,42$  moles.  
 moles  $N_2 = 2 - 1,42 = 0,58$  moles ;  $m(N_2) = 0,58 \times 28 = 16,24$  g de  $N_2$   
 moles  $H_2 = 6 - 3 \times 1,42 = 1,74$  moles ;  $m(H_2) = 1,74 \times 2 = 3,48$  g de  $H_2$
- b)  $K_c = [NH_3]^2 / ([N_2][H_2]^3) = (2,84/100)^2 / \{(0,58/100) \times (1,74/100)^3\} = 26397$
- c)  $n(\text{total}) = 8 - 2x = 5,16$  moles  
 $P = nRT / V = (5,16 \times 0,082 \times 973) / 100 = 4,12$  atm

**Problema 2B.-** Puntuación máxima por apartado: 1 punto.

- a) Cátodo:  $Bi^{3+} + 3e^- \rightarrow Bi(s)$  0,29 V  
 Ánodo:  $2Cl^- \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$  -1,36 V  
 $2BiCl_3 \rightarrow 2Bi(s) + 3Cl_2(g)$  -1,07 V
- o bien  $2Bi^{3+} + 6Cl^- \rightarrow 2Bi(s) + 3Cl_2(g)$
- b)  $n(e^-) = 1,5 \times 7200 / 96485 = 0,112$  moles de  $e^-$   
 $n(Cl_2) = 0,112 / 2 = 0,056$  moles;  $V(Cl_2) = nRT / P = 0,056 \times 0,082 \times 298 / 1 = 1,37$  L de  $Cl_2$   
 $n(Bi) = 0,112 / 3 = 0,037$  moles;  $m(Bi) = 0,037 \times 209,0 = 7,73$  g de Bi