

### INSTRUCCIONES GENERALES Y VALORACIÓN

La prueba consta de dos partes. En la **primera parte** se propone un conjunto de cinco cuestiones de las que el alumno resolverá únicamente tres. La **segunda parte** consiste en dos opciones de problemas, A y B. Cada una de ellas consta de dos problemas; el alumno podrá optar por una de las opciones y resolver los dos problemas planteados en ella, sin que pueda elegir un problema de cada opción. 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

### PRIMERA PARTE

**Cuestión 1.-** Dadas las siguientes moléculas:  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{Cl}_2\text{CO}$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{CH}_4$ .

- Escriba las estructuras de Lewis.
- Determine sus geometrías (puede emplear la Teoría de Repulsión de Pares Electrónicos o de Hibridación).
- Razone si alguna de las moléculas puede formar enlaces de hidrógeno.
- Justifique si las moléculas  $\text{BeCl}_2$  y  $\text{NH}_3$  son polares o no polares.

Datos.- Números atómicos (Z): Be = 4, Cl = 17, C = 6, O = 8, N = 7, H = 1

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Cuestión 2.-** Justifique qué pH (ácido, neutro o básico) tienen las siguientes disoluciones acuosas:

- Nitrato de potasio.
- Acetato de sodio.
- Cloruro de amonio.
- Nitrito de sodio.

Datos.-  $K_a(\text{HAc}) = 10^{-5}$ ;  $K_a(\text{NH}_4^+) = 10^{-9}$ ;  $K_a(\text{HNO}_2) = 10^{-3}$

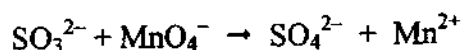
Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Cuestión 3.-** El dióxido de nitrógeno es un gas que se presenta en la forma monómera a  $100^\circ\text{C}$ . Cuando se disminuye la temperatura del reactor hasta  $0^\circ\text{C}$  se dimeriza para dar tetróxido de dinitrógeno gaseoso.

- Formule el equilibrio químico correspondiente a la reacción de dimerización.
- ¿Es exotérmica o endotérmica la reacción de dimerización?
- Explique el efecto que produce sobre el equilibrio una disminución del volumen del reactor a temperatura constante.
- Explique cómo se verá afectado el equilibrio si disminuye la presión total, a temperatura constante.

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Cuestión 4.-** Dada la reacción de oxidación-reducción:



- Indique los estados de oxidación de todos los elementos en cada uno de los iones de la reacción.
- Nombre todos los iones.
- Escriba y ajuste las semirreacciones de oxidación y reducción en medio ácido.
- Escriba la reacción iónica global ajustada.

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

**Cuestión 5.-** Justifique si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones, formulando los productos de reacción:

- $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3 \xrightarrow[\text{calor}]{\text{H}_2\text{SO}_4}$  Se obtiene propeno como único producto de eliminación.
- $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} + \text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow{\text{H}^+}$  Se obtiene acetato de propilo como producto de condensación o esterificación.
- $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{HCl} \longrightarrow$  Se obtienen 2-cloropenteno y 3-cloropenteno como productos de sustitución.
- $\text{ClCH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{KOH en etanol} \longrightarrow$  Se obtiene propanal como producto de adición.

Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

## SEGUNDA PARTE

### OPCIÓN A

**Problema 1.-** Dada una disolución acuosa 0,0025 M de ácido fluorhídrico, calcule:

- Las concentraciones en el equilibrio de HF, F<sup>-</sup> y H<sup>+</sup>.
- El pH de la disolución y el grado de disociación.

Dato.-  $K_a = 6,66 \cdot 10^{-4}$

Puntuación máxima por apartado: 1,0 punto.

**Problema 2.-** En una celda voltaica se produce la reacción:



- Calcule el potencial estándar de la celda.
- Calcule los gramos de sulfato de plata formados a partir de 2,158 g de plata.
- Si se dispone de una disolución de ácido sulfúrico de concentración 1,47 g·L<sup>-1</sup>, calcule el volumen de la misma que se necesita para oxidar 2,158 g de plata.

Datos.-  $E^\circ (Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}) = 1,33 \text{ V}$ ;  $E^\circ (Ag^+/Ag) = 0,80 \text{ V}$   
Masas atómicas: Ag = 107,9; H = 1; O = 16; S = 32

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

### OPCIÓN B

**Problema 1.-** En el proceso de descomposición térmica del carbonato de calcio, se forma óxido de calcio y dióxido de carbono. Sabiendo que el horno en el que ocurre el proceso tiene un rendimiento del 65%, conteste a los siguientes apartados.

- Formule la reacción y calcule su variación de entalpía.
- Calcule el consumo de combustible (carbón mineral), en toneladas, que se requiere para obtener 500 kg de óxido cálcico.

Datos.-  $\Delta H_f^\circ$  carbonato de calcio = -1206,9 kJ·mol<sup>-1</sup>;  $\Delta H_f^\circ$  óxido de calcio = -393,1 kJ·mol<sup>-1</sup>  
 $\Delta H_f^\circ$  dióxido de carbono = -393,5 kJ·mol<sup>-1</sup>; 1 kg de carbón mineral desprende 8330 kJ  
Masas atómicas: Ca = 40; O = 16

Puntuación máxima por apartado: 1,0 punto.

**Problema 2.-** Se introducen 2 moles de COBr<sub>2</sub> en un recipiente de 2 L y se calienta hasta 73 °C. El valor de la constante K<sub>c</sub>, a esa temperatura, para el equilibrio COBr<sub>2</sub>(g) ⇌ CO(g) + Br<sub>2</sub>(g) es 0,09. Calcule en dichas condiciones:

- El número de moles de las tres sustancias en el equilibrio.
- La presión total del sistema.
- El valor de la constante K<sub>p</sub>.

Dato.-  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Puntuación máxima por apartado: a) 1,0 punto; b) y c) 0,5 puntos.

## QUÍMICA

### CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN

Cada cuestión se podrá calificar con un máximo de 2 puntos; por ello, la máxima puntuación que se podrá alcanzar en la PRIMERA PARTE será de 6 puntos. Cada problema se podrá calificar igualmente con un máximo de dos puntos, por lo que la SEGUNDA PARTE podrá tener una puntuación máxima de 4 puntos.

Si se han contestado más de tres cuestiones, únicamente deberán corregirse las tres que se encuentren en primer lugar.

Si se resuelven problemas de más de una opción, únicamente se corregirán los de la opción a la que corresponda el problema resuelto 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:

#### CUESTIONES

- Cuestión 1.- 0,5 puntos cada uno de los apartados.  
Cuestión 2.- 0,5 puntos cada uno de los apartados.  
Cuestión 3.- 0,5 puntos cada uno de los apartados.  
Cuestión 4.- 0,5 puntos cada uno de los apartados.  
Cuestión 5.- 0,5 puntos cada uno de los apartados.

#### PROBLEMAS

##### OPCIÓN A

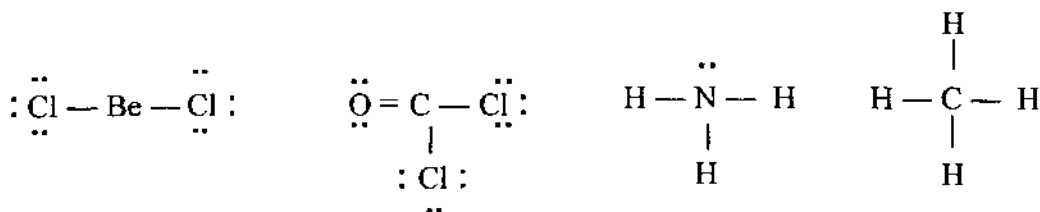
- Problema 1.- 1,0 punto cada uno de los apartados.  
Problema 2.- 0,5 puntos apartado a) y 0,75 puntos cada uno de los apartados b) y c).

##### OPCIÓN B

- Problema 1.- 1,0 punto cada uno de los apartados.  
Problema 2.- 1,0 punto apartado a) y 0,5 puntos cada uno de los apartados b) y c).

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

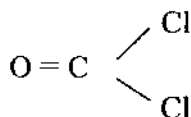
a) Estructuras de Lewis



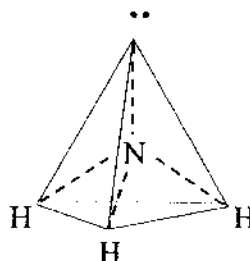
b)  $\text{BeCl}_2$ : Geometría lineal. La disposición más alejada posible de los dos grupos de electrones es la que produce menor repulsión. También puede explicarse suponiendo hibridación  $sp$  para el átomo de Be.



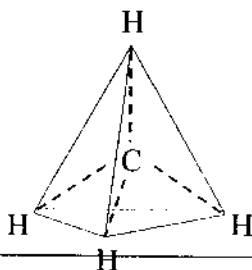
$\text{Cl}_2\text{CO}$ : Geometría trigonal-plana. El carbono tiene tres grupos de electrones que le rodean, dos grupos de enlaces simples carbono-cloro y el tercero en el enlace doble carbono-oxígeno. La geometría molecular para tres grupos de electrones es la trigonal-plana. También puede explicarse suponiendo hibridación  $sp^2$  para el átomo de C.



$\text{NH}_3$ : Geometría tetraédrica. Las repulsiones entre los cuatro grupos de electrones (incluyendo el par solitario) harán que éstos se alejen entre sí lo más posible, es decir hacia los vértices de un tetraedro que tenga el átomo de N en el centro (aunque la geometría de los cuatro grupos de electrones es tetraédrica también es válido contestar que la geometría molecular es piramidal-trigonal, atendiendo a las posiciones de los núcleos de los átomos). También puede explicarse suponiendo hibridación  $sp^3$  para el átomo de N.



$\text{CH}_4$ : Geometría tetraédrica. Las repulsiones entre los cuatro grupos de electrones hacen que éstos se alejen entre sí lo más posible, hacia los vértices de un tetraedro que tenga el átomo de C en el centro. También puede explicarse suponiendo hibridación  $sp^3$  para el átomo de C.

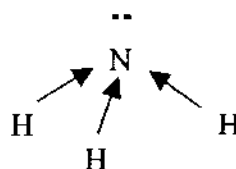


c) El  $\text{NH}_3$  es el que tiene enlace de hidrógeno. Este enlace se forma cuando un átomo de H unido a un átomo muy electronegativo es atraído simultáneamente por un átomo muy electronegativo de una molécula vecina. En este caso, el átomo de N tiene la electronegatividad necesaria para que se establezca el enlace de hidrógeno.

d)  $\text{BeCl}_2$ : Molécula no polar. Los dos momentos de enlace son iguales en magnitud y dirección y de sentido contrario, se anulan entre sí y dan un momento dipolar resultante igual a cero.



$\text{NH}_3$ : Molécula polar. Tiene momentos de enlace debido a la diferente electronegatividad del H y N. Los momentos se combinan para dar un momento dipolar resultante no nulo.



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

- a) pH neutro ( $\text{pH} = 7$ ) porque  $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$   
 $\text{K}^+$  es un ion neutro, ya que no reacciona con el agua pues proviene de una base fuerte (KOH).  $\text{NO}_3^-$  es un ion neutro, ya que no reacciona con el agua pues proviene del ácido fuerte  $\text{HNO}_3$ .
- b) pH básico ( $\text{pH} > 7$ ) porque  $\text{NaAc} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Ac}^-$   
 $\text{Na}^+$  es un ion neutro, ya que que no reacciona con el agua pues proviene de una base fuerte (NaOH).  $\text{Ac}^-$  es una base ( $K_b = 10^{-9}$ ) que reacciona con el agua, ya que proviene del ácido débil HAc. Así,  $\text{Ac}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HAc} + \text{OH}^-$  y al producirse  $\text{OH}^-$  la disolución será básica.
- c) pH ácido ( $\text{pH} < 7$ ) porque  $\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$   
 $\text{Cl}^-$  es un ion neutro, ya que no reacciona con el agua pues proviene del ácido fuerte HCl. Mientras que  $\text{NH}_4^+$  es un ácido ( $K_a = 10^{-9}$ ), es decir  $\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$  (o también  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ ) y al producirse  $\text{H}^+$  la disolución es ácida.
- d) pH básico ( $\text{pH} > 7$ ) porque  $\text{NaNO}_2 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{NO}_2^-$   
 $\text{Na}^+$  es un ion neutro, ya que no reacciona con el agua pues proviene de una base fuerte (NaOH).  $\text{NO}_2^-$  es una base ( $K_b = 10^{-11}$ ) ya que proviene del ácido débil  $\text{HNO}_2$ , así  $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HNO}_2 + \text{OH}^-$  y al producirse  $\text{OH}^-$  la disolución será básica.

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

- a)  $2 \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
- b) El equilibrio se desplaza a la derecha al bajar la temperatura, por lo tanto la reacción es exotérmica.
- c) Si disminuye el volumen del reactor se favorece el estado molecular con menor número de moles y, por ello, se favorece el proceso de dimerización, es decir el desplazamiento de la reacción a la derecha.
- d) Si disminuye la presión se favorece un aumento del volumen de gas, entonces se producirá una mayor proporción de  $\text{NO}_2$ , ya que se produce un mayor número de moles, desplazándose el equilibrio a la izquierda.

**Cuestión 4.-** Puntuación máxima por apartado: 0,5 puntos.

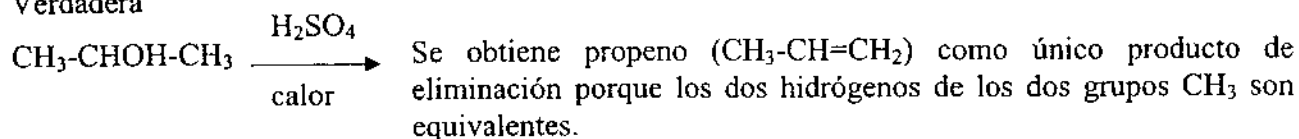
- a) Estados de oxidación:  $\text{SO}_3^{2-}$ : azufre +4, oxígeno -2  
 $\text{MnO}_4^-$ : manganeso +7, oxígeno -2  
 $\text{SO}_4^{2-}$ : azufre +6, oxígeno -2  
 $\text{Mn}^{2+}$ : manganeso +2
- b) Nombres:  $\text{SO}_3^{2-}$ : ion sulfito  
 $\text{MnO}_4^-$ : ion permangato  
 $\text{SO}_4^{2-}$ : ion sulfato  
 $\text{Mn}^{2+}$ : ion manganeso (II)

*Nota.- También serán dadas por válidas otras nomenclaturas aceptadas por la IUPAC.*

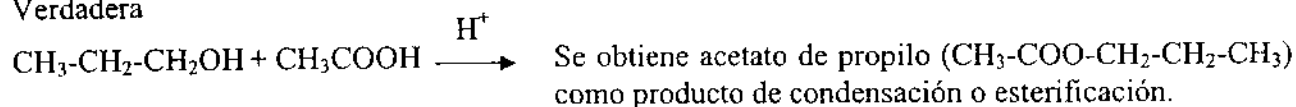
- c) Oxidación.-  $\text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$   
Reducción.-  $\text{MnO}_4^- + 8 \text{H}^+ + 5 \text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{H}_2\text{O}$
- d) Reacción global:  $5 \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{SO}_4^{2-} + 2 \text{Mn}^{2+} + 3 \text{H}_2\text{O}$

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

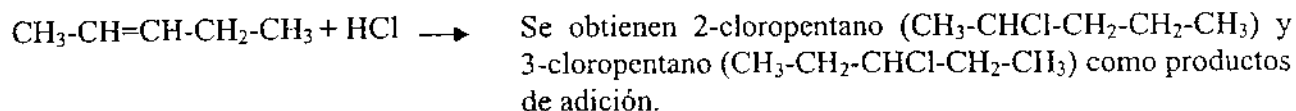
- a) Verdadera



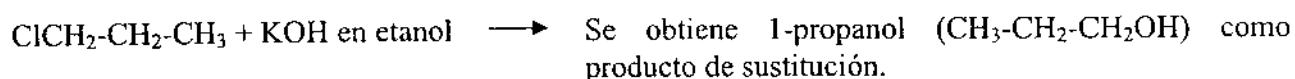
- b) Verdadera



- c) Falsa



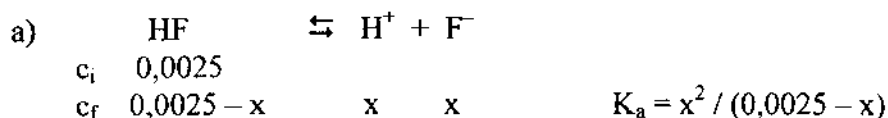
- d) Falsa



## Soluciones a los problemas

### OPCIÓN A

**Problema 1.-** Puntuación máxima por apartado: 1,0 punto.



$x$  es demasiado grande para despreciarlo, luego hay que resolver la ecuación de segundo grado,  
 $x = [\text{H}^+] = [\text{F}^-] = 0,001 \text{ M}$ ;  $[\text{HF}] = 0,0025 - 0,001 = 0,0015 \text{ M}$

b)  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+] = 3$

Grado de disociación:  $[\text{H}^+] / [\text{HF}]_{\text{inicial}} = 0,001 / 0,0025 = 0,40$

**Problema 2.-** Puntuación máxima apartado: a) 0,5 puntos; b) y c) 0,75 puntos.

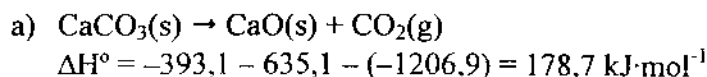
a)  $E^\circ = 1,33 - 0,80 = 0,53 \text{ V}$

b) moles  $\text{Ag} = 2,158 / 107,9 = 0,02$ ; moles  $\text{Ag}_2\text{SO}_4 = 3 \times 0,02 / 6 = 0,01$   
 Masa molar  $\text{Ag}_2\text{SO}_4 = 311,8$ ;  $g \text{ Ag}_2\text{SO}_4 = 0,01 \times 311,8 = 3,118$

c) Masa molar  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$ ;  $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 1,47 / 98 = 0,015 \text{ M}$ ; moles  $\text{Ag} = 0,02$   
 moles  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 7 \times 0,02 / 6 = 0,023$   
 $V \text{ H}_2\text{SO}_4 = 0,023 / 0,015 = 1,53 \text{ L}$

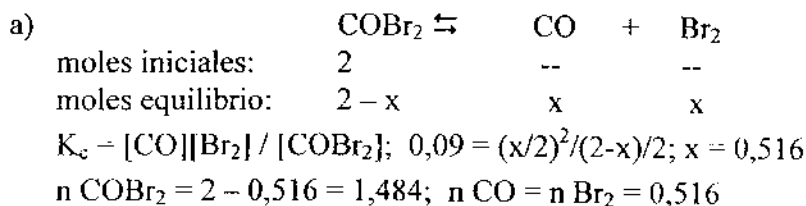
### OPCIÓN B

**Problema 1.-** Puntuación máxima por apartado: 1,0 punto.



b)  $1 \text{ mol CaO} = 56 \text{ g} \Rightarrow 178,7 \text{ kJ}$        $500 \text{ kg} = 5 \cdot 10^5 \text{ g} \Rightarrow 1,59 \cdot 10^6 \text{ kJ}$   
 $1 \text{ kg carbón} / x = 8330 \text{ kJ} / 1,59 \cdot 10^6 \text{ kJ}$ ;  $x = 191 \text{ kg carbón}$   
 $191 \times 100 / 65 = 293,85 \text{ kg} \approx 0,294 \text{ Tm}$

**Problema 2.-** Puntuación máxima por apartado: a) 1 punto; b) y c) 0,5 puntos.



b)  $P_{\text{total}} = 2,516RT/2 = 2,516 \times 0,082 \times 346/2 = 35,69 \text{ atm}$

c)  $K_p = K_c(R \cdot T)^{\Delta n} = 0,09 (0,082 \times 346)^{(2-1)} = 2,55$