

# EBAU QUÍMICA: Junio-2017

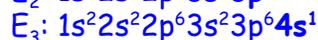
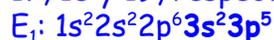
Tiempo máximo de la prueba: 1h.30 min.

## Opción A

1.- Los tres elementos  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$  tienen números atómicos consecutivos. El elemento  $E_2$  es argón ( $Z=18$ ).

a) Indicar el grupo de la tabla periódica en que se encuentran los elementos  $E_1$  y  $E_3$ . Justificar cuál de los dos tendrá una mayor energía de ionización.

Para razonar esta cuestión, y las siguientes, realizaremos las configuraciones electrónicas de los tres elementos, cuyos números atómicos son 17, 18 y 19, respectivamente.



En negrita resaltamos la configuración electrónica de la capa de valencia de los tres elementos.  $E_1$  es un elemento del grupo 17, halógenos, ya que su configuración electrónica termina en  $p^5$ . Por su parte,  $E_3$  pertenece al grupo 1 (alcalinos), puesto que su configuración electrónica acaba en  $s^1$ .

La energía de ionización es la energía necesaria para arrancar un electrón a un átomo en estado gas y en su estado fundamental para formar el correspondiente ión monopositivo, también en estado gas.  $E_1$  tiene mayor energía de ionización que  $E_3$  ya que sólo le falta un electrón para completar su capa de valencia, de ahí que su tendencia sea a captar un electrón para tener una configuración electrónica de capa cerrada. Sin embargo, a  $E_3$  le sobra un electrón para tener una configuración electrónica como la del gas noble del periodo anterior y cumplir, así, la regla del octeto, siendo más fácil arrancarle el electrón, en consecuencia, a un átomo de  $E_3$  que a uno de  $E_1$ .

b) Indicar el periodo (nivel) al que pertenecen los elementos  $E_1$  y  $E_3$ . Justificar cuál de ambos presentará un radio atómico menor.

El periodo de la tabla periódica al que pertenece un elemento lo deducimos en función del nivel energético más alto con electrones en su estado fundamental.  $E_1$  tiene electrones en los niveles 1, 2 y 3, por lo que se encuentra en el periodo 3. Por su parte,  $E_3$  tiene electrones en los niveles 1, 2, 3 y 4; como vemos el nivel más alto (mayor valor del número cuántico principal para sus electrones) es el 4, por lo que  $E_3$  pertenece al cuarto periodo.

$E_1$  presenta el menor radio atómico por tener los electrones en niveles más internos. El tamaño disminuye hacia la derecha en un periodo porque la carga nuclear efectiva es mayor y aumenta hacia abajo en un grupo porque los orbitales son más difusos (tienen mayor volumen).

c) ¿Cuál es el estado de oxidación más probable (según la regla del octeto) para los elementos  $E_1$  y  $E_3$ ? ¿Cómo cambia el radio de los iones resultantes respecto del radio atómico de los elementos  $E_1$  y  $E_3$ ? Justificar las respuestas.

$E_1$ : A este elemento le falta un electrón para completar su nivel más externo, por lo que ganará un electrón para formar el anión  $E_1^-$ , siendo su número de oxidación 1-.



El radio del anión  $E_1^-$  será mayor que el del átomo neutro,  $E_1$ , ya que a igualdad número de protones en el núcleo, el anión tiene más electrones que sufrirán más repulsiones entre sí y serán menos atraídos por el núcleo.

Por su parte,  $E_2$  con un sólo electrón en el nivel 4, tiende a perderlo de forma que queda con estructura de capa cerrada (isoelectrónico con el argón) formando el catión  $E_2^+$ , su número de oxidación es 1+.



El radio del catión  $E_3^+$  será más pequeño que el del átomo neutro,  $E_3$ , ya que a igualdad número de protones en el núcleo, el catión tiene menos electrones que se verán más atraídos por el núcleo.

- d) Proponer el compuesto más probable que se forme con  $E_1$  y  $E_3$ , indicando el tipo de enlace que se formará.

$E_1$  y  $E_3$  formarán un compuesto iónico con estequiometría 1 a 1, ya que ambos iones tienen la misma carga pero de signo contrario.



(Ojo, estos subíndices no son indicadores de número de átomos, son parte del nombre)

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

- 2.- Para una reacción de primer orden, la constante de velocidad a  $100^\circ\text{C}$  se multiplica por diez al incrementar la temperatura en  $50^\circ\text{C}$ .

- a) Hallar el valor de la energía de activación de la reacción.  $R=8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

$A \rightarrow \text{Productos}$

$$v = k \cdot [A]$$

$$\text{Datos: } \left. \begin{array}{l} T_1 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K} \\ T_2 = 150^\circ\text{C} = 423\text{K} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} v_1 \\ v_2 = 10 \cdot v_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{k_2}{k_1} = 10$$

De acuerdo con la ecuación de Arrhenius:  $k_i = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$

$$\left. \begin{array}{l} k_1 = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_1}} \\ k_2 = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_2}} \end{array} \right\} \begin{array}{l} k_2 : k_1 \\ \Rightarrow 10 = \frac{A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_2}}}{A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_1}}} \Rightarrow 10 = e^{\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \Rightarrow \end{array}$$

$$\ln(10) = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow E_a = \frac{R \cdot \ln(10)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{8,31 \cdot \ln(10)}{\frac{1}{373} - \frac{1}{423}} = 60380 \text{ J}$$

$$E_a = 60,4 \text{ kJ}$$

- b) **Razonar** las unidades que tendrán las constantes de velocidad de esta reacción.

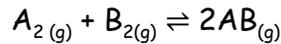
Vamos a llamar a las unidades de  $k$  "x". Sabemos que la velocidad se mide en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  y la concentración en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

$$v = k \cdot [A] \Rightarrow \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}} = x \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}} \Rightarrow x = \frac{1}{\text{s}}$$

La constante de velocidad de nuestro problema tiene unidades de  $\text{s}^{-1}$ .

Puntuación máxima por apartado: a) 1,5 puntos, b) 0,5 puntos

- 3.- Una mezcla gaseosa compuesta por 7 mol de  $A_2$  y 5 mol de  $B_2$ , se introduce en un reactor de 40 L de volumen. El reactor se calienta a  $350\text{ }^\circ\text{C}$ . Una vez alcanzado el equilibrio, se han formado 9 mol del producto gaseoso AB:



- a) Calcular el valor de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$ .

|    |            |   |            |                      |             |
|----|------------|---|------------|----------------------|-------------|
|    | $A_{2(g)}$ | + | $B_{2(g)}$ | $\rightleftharpoons$ | $2AB_{(g)}$ |
| I: | 7          |   | 5          |                      | 0           |
| R: | x          |   | x          |                      | 0           |
| F: | 0          |   | 0          |                      | 2x          |
| E: | 7-x        |   | 5-x        |                      | 2x          |

$$2x = 9 \Rightarrow x = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ mol} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} n_{A_2} = 7 - 4,5 = 2,5 \text{ mol} \\ n_{B_2} = 5 - 4,5 = 0,5 \text{ mol} \\ n_{AB} = 9 \text{ mol} \end{array} \right\}$$

$$[i] = \frac{n_i}{V} \Rightarrow K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2] \cdot [B_2]} = \frac{\frac{n_{AB}^2}{V^2}}{\frac{n_{A_2}}{V} \cdot \frac{n_{B_2}}{V}} = \frac{n_{AB}^2}{n_{A_2} \cdot n_{B_2}}$$

$$K_c = \frac{9^2}{2,5 \cdot 0,5} = 64,8$$

La relación entre las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  viene dada por:

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$$

En nuestro caso, la variación, según estequiometría, del número de moles en estado gas es 0 (tenemos dos moles de sustancias en estado gas en reactivos y 2 en productos). Por lo tanto, ambas constantes son iguales (cualquier número elevado a 0 es 1).

$$K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^0 = K_c = 64,8$$

- b) Si para la reacción anterior  $\Delta H = -15,7 \text{ kJ/mol}$ , razonar cómo se desplazará el equilibrio ante el aumento de la presión y la temperatura (considerar cada efecto por separado).

El aumento de la presión sobre nuestro sistema químico en equilibrio no afecta, ya que al ser igual el número de moles en estado gas en reactivos y productos, cualquier variación no va a producir variación total en el número de moles en estado gas. Como la presión depende del número de partículas, si éste no varía, no se producirá ningún cambio para compensar la variación de presión que hemos introducido.

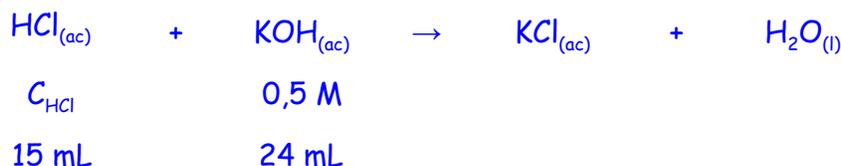
Un aumento de la temperatura, de acuerdo a la ley de Van't Hoff hace que el sistema que estaba en equilibrio reaccione en el sentido endotérmico de la reacción. De esta forma consume energía y disminuye la temperatura, compensando la perturbación que hemos introducido en el sistema. En nuestro

caso se desplazará hacia la izquierda, favoreciendo la disociación de AB y aumentando la concentración de los reactivos A<sub>2</sub> y B<sub>2</sub>.

Puntuación máxima por apartado: 1 punto

4.- Se desea conocer la concentración de una disolución de HCl, para lo cual se valoran 15 mL de esta disolución con KOH 0,5 M, gastándose 24 mL de esta disolución.

a) ¿Cuál será la concentración molar de la disolución de HCl?



En el punto de equivalencia, dada la estequiometría de nuestra reacción de neutralización (ácido y base son monopróticos) el número de moles de ácido neutralizados será igual al número de moles de la base utilizados.

$$\begin{aligned} n_{\text{HCl}} &= n_{\text{KOH}} \Rightarrow C_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = C_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}} \Rightarrow \\ C_{\text{HCl}} &= \frac{C_{\text{KOH}} \cdot V_{\text{KOH}}}{V_{\text{HCl}}} = \frac{0,5 \cdot 24}{15} = 0,8 \text{ M} \end{aligned}$$

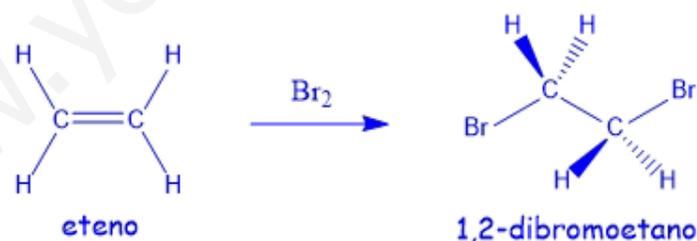
b) **Razonar** cuál será el pH en el punto de equivalencia.

En el punto de equivalencia el pH será neutro, ya que la sal obtenida en la reacción de neutralización (KCl) no sufre hidrólisis. El catión K<sup>+</sup> es el ácido conjugado de una base fuerte, el hidróxido de potasio, por lo que no se dará su equilibrio de hidrólisis; lo mismo ocurre con el anión Cl<sup>-</sup>, ya que se trata de la base conjugada de un ácido muy fuerte (HCl).

Puntuación máxima por apartado: 1 punto

5.- a) **Justificar** la reacción que se produce al tratar eteno con Br<sub>2</sub>. Formular y nombrar el producto resultante.

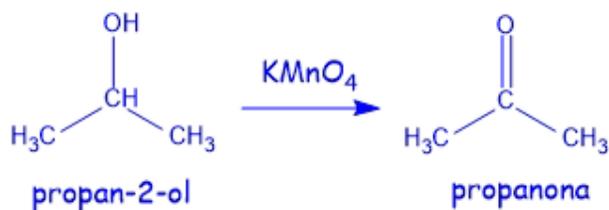
El eteno es un alqueno. En presencia de un halógeno sufre una reacción de adición por ataque electrófilo de la molécula de halógeno (Br<sub>2</sub>) al doble enlace



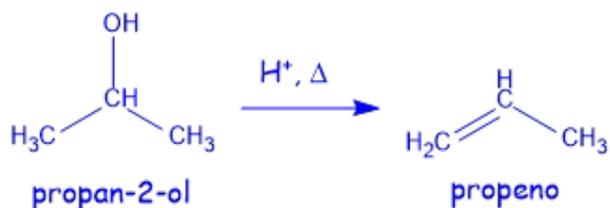
C=C.

b) Formular y nombrar los productos de oxidación (con KMnO<sub>4</sub>, en medio básico) y de deshidratación (con calor, en medio ácido) del propan-2-ol, respectivamente.

El propan-2-ol, o isopropanol, es un alcohol secundario, por oxidación con KMnO<sub>4</sub> dará una cetona, la propanona.



En la reacción de deshidratación, el producto de reacción es un alqueno, en nuestro caso el propeno.



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

## Opción B

1.- Dados los siguientes conjuntos de números cuánticos:  $(2,1,2,+1/2)$ ;  $(3,1,-1,+1/2)$ ;  $(2,2,1,-1/2)$  y  $(3,2,-2,+1/2)$ :

a) Expresar el significado de los cuatro números cuánticos.

Los números cuánticos que caracterizan a un electrón son  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  y  $m_s$ ,  $(n, l, m_l, m_s)$ . Los tres primeros caracterizan al orbital en el que se encuentra el electrón, veamos con qué está relacionado cada número cuántico:

- $n$ : Es el número cuántico principal. Está relacionado con la energía y tamaño del orbital. Puede tomar los valores 1, 2, 3...
- $l$ : Número cuántico secundario o azimutal está relacionado con la forma del orbital, realmente con el momento angular del orbital. En átomos polielectrónicos su valor también va a determinar la energía del electrón en un orbital. Puede tomar los valores 0, 1, ...,  $n - 1$ .
- $m_l$ : Es el número cuántico magnético y está relacionado con la orientación espacial del orbital. Sus valores están comprendidos entre  $-l$  y  $l$ , incluido el 0 ( $m_l = -l, -(l-1), \dots, -1, 0, 1, \dots, l-1, l$ ).
- $m_s$ : Es el número cuántico de espín. Está relacionado con el momento magnético intrínseco del electrón. Puede tomar los valores  $\frac{1}{2}$  y  $-\frac{1}{2}$ .

b) Razonar cuáles son permitidos y cuáles no.

De acuerdo con los valores que pueden tomar cada uno de los números cuánticos, expuesto en el apartado anterior, sólo son posibles los conjuntos  $(3, 1, -1, +\frac{1}{2})$  y  $(3, 2, -2, +\frac{1}{2})$ .

$(2, 1, 2, +\frac{1}{2})$  no es correcto porque el valor de  $m_l$  sólo puede tomar los valores  $-1, 0$  ó  $1$ .

En el caso de  $(2, 2, 1, -\frac{1}{2})$ , el motivo es porque el valor máximo de  $l$  sería 1 (sólo puede tomar los valores 0 y 1) y aquí se le ha asignado un valor 2.

c) Explicar cuál de los permitidos se corresponde con un electrón en un orbital d.

Como hemos dicho, la forma (simetría) de un orbital queda determinada



$$M_{Ag_2CrO_4} = 2 \cdot A_{Ag} + A_{Cr} + 4 \cdot A_O = 2 \cdot 108 + 52 + 4 \cdot 16 = 332 \text{ g/mol}$$

$$S = 9,92 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot \frac{332 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 3,29 \cdot 10^{-2} \text{ g/L}$$

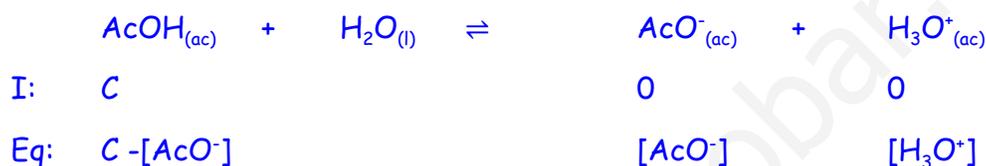
Puntuación máxima por apartado: 1 punto

3.- Una disolución acuosa de ácido etanoico o acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) tiene una concentración de 0,06 M. Sabiendo que para el ácido acético  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ , calcular:

a) El pH de la disolución.

En el desarrollo del problema vamos a representar al ácido acético como  $\text{AcOH}$  y al ión acetato como  $\text{AcO}^-$ .

Para calcular el pH, vamos a plantear el equilibrio de disociación del ácido acético:



$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{AcO}^-] = x \Rightarrow K_a = \frac{[\text{AcO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AcOH}]} = \frac{x \cdot x}{C - x} \Rightarrow$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,06 - x} \Rightarrow x^2 + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot x - 1,08 \cdot 10^{-6} = 0 \Rightarrow$$

$$x = \frac{-1,8 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{(1,8 \cdot 10^{-5})^2 + 4 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6}}}{2} = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L} < 0$$

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) = -\log(x) = -\log(1,03 \cdot 10^{-3}) = 2,99$$

b) El grado de disociación del ácido acético.

El grado de disociación es la fracción de moléculas que se ha disociado. Como número de moléculas y concentración son proporcionales, podemos calcularlo como la relación entre la concentración molar de ácido acético disociada ( $x$ ) y la concentración de la disolución  $C$ :

$$\alpha = \frac{x}{C} = \frac{1,03 \cdot 10^{-3}}{0,06} = 0,017$$

c) La concentración que debería tener una disolución de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) para que su pH sea el mismo que la disolución de ácido acético.



La concentración de iones oxonio de esta disolución es la misma que la del ácido acético, pues tienen el mismo pH.

Como el  $\text{HCl}$  es un ácido fuerte, está disociado por completo, por lo que la  $[\text{H}_3\text{O}^+] = C_{\text{HCl}}$

$$C_{\text{HCl}} = 1,03 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

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



cuántos átomos de cada elemento tenemos por unidad molecular, y se trata de un múltiplo de la fórmula empírica.



Para su determinación necesitamos conocer su masa molecular, ya que:

$$M_{\text{compuesto}} = x \cdot (3 \cdot A_C + 6 \cdot A_H + A_O) = x \cdot (3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16) = 58 \cdot x$$

La masa molecular la calculamos, en este caso, a partir de la densidad del gas medida a 400 K y 0,447 atm

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow P \cdot V = \frac{m_{\text{compuesto}}}{M_{\text{compuesto}}} \cdot R \cdot T \Rightarrow$$

$$M_{\text{compuesto}} = \frac{m_{\text{compuesto}}}{V} \cdot \frac{R \cdot T}{P} = \frac{d \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,791 \cdot 0,082 \cdot 400}{0,447} = 58 \text{ g/mol}$$

$$58 \cdot x = 58 \Rightarrow x = 1$$

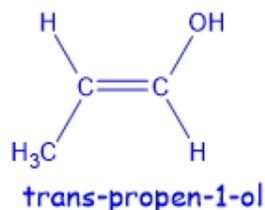
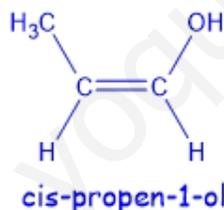


El compuesto presenta una insaturación (puede ser por cierre de ciclo o por la presencia de un doble enlace).

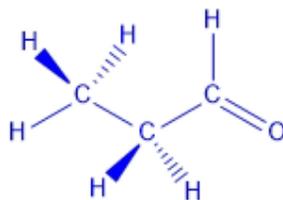
$$N_{\text{ins}} = \frac{2 \cdot N_C + 2 - N_H}{2} = \frac{2 \cdot 3 + 2 - 6}{2} = 1$$

Para un compuesto con sólo tres carbonos es muy difícil que la insaturación sea debida al cierre de ciclo, por lo que el compuesto debe presentar un doble enlace, lo que, además, está de acuerdo con el hecho de que presente isomería cis-trans, lo que también conlleva que ninguno de los carbonos del doble enlace puede tener los mismos sustituyentes (no puede haber un  $CH_2=C(X)H$ ).

La única posibilidad que nos queda es que se trate del propen-1-ol.



Señalar que este compuesto sufre tautomería cetoenólica, equilibrio que se encuentra desplazado hacia la forma ceto, y que en nuestro caso nos permita decir que predominará el propanal frente al compuesto indicado arriba.



Puntuación máxima por apartado: 0,75 puntos