

**CUESTIÓN 1.- Considera el elemento con  $Z = 35$ , y un anión mononegativo de dicho elemento.**

- Indica el nombre y símbolo atómico del elemento.**
- Indica el número de protones, neutrones y electrones del anión mononegativo, sabiendo que el isótopo más abundante de este elemento tiene una masa de 80 u.**
- Escribe la configuración electrónica del anión.**
- ¿Qué elemento de la Tabla Periódica es isoelectrónico con dicho anión?**
- Razona cómo será el radio del anión, comparado con el del elemento (mayor, menor o igual).**
- Explica si los siguientes conjuntos de números cuánticos pueden corresponder a un electrón de un átomo de dicho elemento, en su estado fundamental:**  
i)  $(4, 3, 2, +\frac{1}{2})$ ; ii)  $(3, 2, 0, +\frac{1}{2})$ ; iii)  $(3, 0, 1, +\frac{1}{2})$ .

Solución:

- El elemento es el bromo (Br).
- El número atómico representa el número de protones en el núcleo, y por ser el elemento eléctricamente neutro, en la corteza tiene 35 electrones, y como la masa atómica  $A$  es 80, el número de neutrones es  $80 - 35 = 45$ .
- La configuración electrónica del  $\text{Br}^-$  es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ .
- Es el gas noble siguiente al bromo en su período, el Kriptón, Kr.
- El radio del anión es siempre mayor que el del átomo neutro, ya que al ganar un electrón, este se encuentra más externo se encuentra sometido a un mayor apantallamiento que el del átomo neutro, y al ser la carga nuclear la misma, la fuerza atractiva sobre el electrón más externo es más intensa en el átomo neutro, por lo que experimenta una mayor contracción de su volumen, y por consiguiente un menor radio que el anión.
  - No, porque sería un electrón 4f, y el subnivel 4f no está ocupado en este elemento en su estado fundamental.
  - Sí, porque se trata de un electrón 3d
  - No, porque si  $l = 0$  (orbital s),  $m_l$  sólo puede valer 0

**CUESTIÓN 2.- Considera el gas metano y el gas butano y, basándote en las características de su enlace:**

- Indica qué tipo de compuestos son (metálicos, iónicos, covalentes atómicos o covalentes moleculares).**
- Razona cuál de ellos tendrá un mayor punto de ebullición.**
- Explica si serán conductores de la electricidad.**
- Explica cómo será su solubilidad en agua, comparada con la del amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).**

Solución:

- Estos compuestos orgánicos son covalentes moleculares.
- Al tratarse de compuestos covalentes moleculares, sus puntos de ebullición dependen de las fuerzas intermoleculares, y debido a la escasa diferencia de electronegatividad de los átomos de C e H, todos los hidrocarburos se consideran moléculas apolares, unidas por fuerzas de dispersión de London, que con el tamaño de las moléculas y es por lo que, el punto de ebullición del butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) es el de mayor valor.
  - Al ser compuestos covalentes no son conductores de la electricidad por encontrarse los electrones localizados en los enlaces y por ello, carentes de movilidad para conducir la electricidad.
  - Por tratarse de moléculas apolares, el metano y el butano son mucho menos solubles en agua que el  $\text{NH}_3$ , compuesto covalente molecular cuyas moléculas polares forman puentes de H con las moléculas de agua.

**CUESTIÓN 3.- Considera el siguiente mecanismo de reacción, que consta de dos etapas elementales:**

- $2 \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{NO}_3$  etapa lenta
  - $\text{NO}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{CO}_2$  etapa rápida
- Escribe la ecuación global para la reacción.**
  - Escribe la ecuación de velocidad para la segunda etapa, e indica su orden de reacción.**
  - Según el mecanismo propuesto, escribe la ecuación de velocidad para la reacción global.**

d) Razona cómo variará la velocidad de la reacción global si se duplica la concentración de CO.

e) Indica si alguna de las especies involucradas en la reacción es un intermedio.

f) Explica, basándote en la cinética propuesta para las dos etapas, si la cantidad de NO<sub>3</sub> presente durante el transcurso de la reacción será relativamente grande o pequeña.

g) ¿Cómo afectará a la velocidad de reacción y a la constante de velocidad un aumento de T?

Solución:

a) La ecuación global para la reacción es: NO<sub>2</sub> + CO → NO + CO<sub>2</sub>

b) La ecuación de la velocidad para la reacción de la segunda etapa es:  $v = k[\text{NO}_3][\text{CO}]$ , que es de segundo orden.

c) Para la ecuación global la ecuación de la velocidad es la que corresponde a la etapa lenta,  $v = k[\text{NO}_2]^2$ .

d) Al no aparecer la concentración de CO la velocidad de reacción no variará al duplicar el valor de su concentración.

e) Por formarse en la primera etapa y consumirse en la segunda, y además no aparecer en la reacción global ni en la ecuación de velocidad, pone de manifiesto que el NO<sub>3</sub> es un intermedio.

f) Al formarse lentamente en la primera etapa y consumirse rápidamente en la segunda etapa, la cantidad del NO<sub>3</sub> presente durante la reacción es pequeña, pues acabando de formarse se consume.

g) Un análisis sobre la ecuación de Arrhenius,  $k = A \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}}$ , pone de manifiesto que la temperatura modifican el valor de k y, por tanto, también el de la velocidad de reacción. En efecto, si aumenta la temperatura, la potencia  $e^{\frac{-E_a}{RT}}$  incrementa su valor y, en consecuencia, aumenta el valor de la constante de velocidad y, por tanto, el de la velocidad de reacción

**CUESTIÓN 4.- A 298 K la solubilidad (s) del Zn(OH)<sub>2</sub> en agua es 2,68·10<sup>-6</sup> mol · L<sup>-1</sup>.**

a) Calcula el producto de solubilidad (K<sub>ps</sub>) del Zn(OH)<sub>2</sub> en agua, a 298 K.

b) Calcula el pH de una disolución saturada de Zn(OH)<sub>2</sub> en agua, a 298 K.

c) Explica si variará el pH (y cómo) si se adiciona 1 g de Zn(OH)<sub>2</sub> sólido a la disolución anterior.

d) Si a 1 L de agua a 298 K se adicionan 2 mL de una disolución de ZnCl<sub>2</sub> (aq) 1·10<sup>-3</sup> M, y 2 mL de una disolución de KOH (aq) 1·10<sup>-3</sup> M, justifica numéricamente si precipitará Zn(OH)<sub>2</sub>.

Solución:

a) El equilibrio de ionización del hidróxido es: Zn(OH)<sub>2</sub>(s) ⇌ Zn<sup>2+</sup>(aq) + 2 OH<sup>-</sup>(aq)

La solubilidad del hidróxido de cinc es a su vez la concentración de los iones OH<sup>-</sup> y Zn<sup>2+</sup>, siendo el producto de solubilidad del hidróxido:  $K_{ps} = [\text{OH}^-]^2 \cdot [\text{Zn}^{2+}] = (2 \cdot S)^2 \cdot S = 4S^3 = 4 \cdot (2,68 \cdot 10^{-6})^3 = 1,925 \cdot 10^{-17} \text{ moles}^3 \cdot \text{L}^{-3}$ .

b)  $[\text{OH}^-] = 2 \cdot S = 2 \cdot 2,68 \cdot 10^{-6} = 5,36 \cdot 10^{-6}$ , luego  $\text{pOH} = -\log[5,36 \cdot 10^{-6}] = 5,27$ . Como pH de las disoluciones básica se determina restando a 14 el pOH, su valor es  $\text{pH} = 14 - 5,27 = 8,73$ .

c) La adición de un sólido, sea cual sea la cantidad, a la disolución saturada del mismo no afecta al equilibrio de solubilidad y, por tanto, no modifica el valor del pH de la disolución.

d) Los moles de ZnCl<sub>2</sub> y de KOH que se mezclan son:

Moles de ZnCl<sub>2</sub>:  $n(\text{ZnCl}_2) = M \cdot V = 1 \cdot 10^{-3} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,002 \text{ L} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$ :

Moles de KOH:  $n(\text{KOH}) = M' \cdot V' = 1 \cdot 10^{-3} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,002 \text{ L} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$ :

Los moles de Zn<sup>2+</sup> y de OH<sup>-</sup> adicionados son:  $2 \cdot 10^{-6} \text{ moles}$ , que por se encontrarse disueltos en

un volumen total de disolución de 1,004 L, presentan la concentración:  $\frac{\text{moles}}{\text{volumen}} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ moles}}{1,004 \text{ L}} = 1,99 \cdot$

$10^{-6} \text{ M}$ , que al ser menor que las concentraciones de los iones Zn<sup>2+</sup> y OH<sup>-</sup> del hidróxido de cinc,  $2,68 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ , indica que no se producirá precipitación del hidróxido de cinc.

**Resultado:** a)  $K_{ps} = 1,925 \cdot 10^{-17}$ ; b)  $\text{pH} = 8,73$ ; c) No varía el pH; d) No precipita Zn(OH)<sub>2</sub>.

**CUESTIÓN 5.- a) 5 mL de una disolución de NaOH se mezclan con 10 mL de una disolución de HCl 0,2 M. La disolución así obtenida tiene pH = 2. Calcula la concentración de la disolución inicial de NaOH.**

**b) Se valoran 10 mL de la disolución de NaOH del apartado anterior con el HCl 0,2 M del apartado anterior.**  
**Si se llena la bureta con 20 mL del HCl 0,2 M, razona si serán suficientes para llegar al punto de equivalencia. (NOTA: este apartado puede contestarse sin conocer el resultado del anterior).**

Solución:

a) Se mezclan un ácido fuerte con una base fuerte produciéndose una reacción de neutralización:  
 $\text{NaOH (aq)} + \text{HCl (aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (l)} + \text{NaCl (aq)}$

La estequiometría de la reacción indica que un mol de ácido reacciona con un mol de base, por lo que conociendo los moles de ácido se conocen también los moles de base utilizados. Los moles de HCl empleados en la reacción son:  $n(\text{HCl}) = M \cdot V = 0,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 0,01 \text{ L} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$ .

Al ser 2 el pH de la disolución, ello pone de manifiesto que el HCl se encuentra en exceso, y por tratarse de un ácido muy fuerte se encuentra totalmente ionizado, siendo la  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  igual  $10^{-2} \text{ M}$ , que al encontrarse disueltos en un volumen total de 0,015 L, contiene los moles:

$$n[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\text{moles}}{\text{volumen}} = \frac{10^{-2} \text{ moles}}{0,015 \text{ L}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ moles. Luego, si se han adicionado } 2 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

y hay un exceso de  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ moles}$  de HCl, ello indica que los moles consumidos de ácido 0,00185 moles, son los que se han neutralizado de base, 0,00185 moles, que por encontrarse disueltos en un volumen de 0,005 L, proporciona a la base la concentración:

$$[\text{NaOH}] = \frac{\text{moles}}{\text{volumen}} = \frac{1,85 \cdot 10^{-3} \text{ moles}}{0,005 \text{ L}} = 0,37 \text{ M.}$$

b) Se valoran el doble de concentración de base con el doble de concentración de ácido, y si en el apartado a) sobraba ácido, al valorar el doble de concentración de estas sustancias es claro que será suficiente para llegar al punto de equivalencia.

Como en el punto de equivalencia han de coincidir los moles de ácido y base, se tiene:

$V_{\text{NaOH}} \cdot M_{\text{NaOH}} = V_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{HCl}}$  de donde,  $10 \text{ mL} \cdot 0,37 \text{ M} = V_{\text{HCl}} \cdot 0,2 \text{ M}$ , siendo el volumen de ácido,  $V_{\text{HCl}} = 18,5 \text{ mL}$ , sobrando en la bureta 1,5 mL. Luego, es suficiente.

**Resultado: a)  $[\text{NaOH}] = 0,37 \text{ M}$ ; b) Es suficiente.**

**CUESTIÓN 6.- a) Calcula el pH de una disolución de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (aq) ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ), de concentración  $C = 0,2 \text{ M}$ .**

**b) Explica cómo variará el pH (aumentará, disminuirá o permanecerá igual), si a 100 mL de la disolución anterior se le adicionan 100 mL de una disolución 0,2 M de  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .**

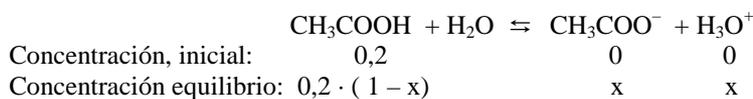
**c) ¿Cuál será la concentración de iones  $\text{Na}^+$  en la disolución resultante del apartado b)?**

Solución:

a) El  $\text{CH}_3\text{COOH}$  es un ácido débil cuya ecuación de ionización es:



Si de la concentración inicial del ácido se ioniza  $x \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}$ , la concentración de cada una de las especies al inicio y en el equilibrio es:

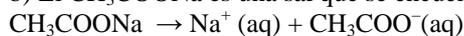


Llevando estas concentraciones en el equilibrio a la constante de acidez, despreciando  $x$  en el denominador por ser inferior a  $C$ , se obtiene el valor de  $x$ :

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x^2}{(0,2 - x)} \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{0,2} \Rightarrow x = \sqrt{1,85 \cdot 0,2 \cdot 10^{-5}} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ M,}$$

siendo el  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 1,9 \cdot 10^{-3} = 2,7$ .

b) El  $\text{CH}_3\text{COONa}$  es una sal que se encuentra completamente ionizada:



El catión  $\text{Na}^+$ , ácido conjugado débil de la base fuerte NaOH, no sufre hidrólisis, mientras que el anión  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , base conjugada relativamente fuerte del ácido débil  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , se hidroliza según la ecuación:  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^- (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq})$ , y es la producción de iones hidróxidos los que modifican el valor del pH aumentándolo.

c) Al encontrarse los 0,02 moles de iones  $\text{Na}^+$  disueltos en un volumen total de 200 mL, y no tomar parte en ningún proceso, su concentración es:  $[\text{Na}^+] = \frac{\text{moles}}{\text{volumen}} = \frac{0,02 \cdot \text{moles}}{0,2 \text{ L}} = 0,1 \text{ M}$ .

**Resultado: a) pH = 2,7; b) el pH aumenta; c)  $[\text{Na}^+] = 0,1 \text{ M}$ .**

**CUESTIÓN 7.- Dada la siguiente reacción de oxidación-reducción (sin ajustar):**



- a) Indica cuál es el agente oxidante y el reductor, y cómo varía su estado de oxidación.  
 b) Ajusta las semirreacciones de oxidación y reducción, indicando los electrones intercambiados.  
 c) Escribe la reacción global completamente ajustada.

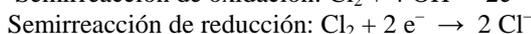
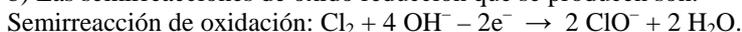
Solución:

a) Es una reacción de dismutación, en la que el  $\text{Cl}_2$  actúa a la vez como agente oxidante y agente reductor:

Como agente oxidante reduciéndose a  $\text{Cl}^-$ , pasando de número de oxidación 0 a -1

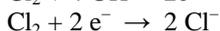
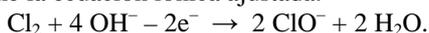
Como agente reductor oxidándose a  $\text{ClO}^-$  pasando de número de oxidación 0 a +1.

b) Las semirreacciones de oxidación y reducción que se producen son:



Se han intercambiado 2 electrones.

c) Por ser el mismo número los electrones intervinientes en ambas semirreacciones, al sumarlas se obtiene la ecuación iónica ajustada:



$$\hline 2 \text{Cl}_2 + 4 \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{ClO}^- + 2 \text{Cl}^- + 2 \text{H}_2\text{O}$$
 Llevando estos coeficientes a la ecuación molecular, esta queda también ajustada:  $2 \text{Cl}_2 + 4 \text{KOH} \rightarrow 2 \text{KClO} + 2 \text{KCl} + 2 \text{H}_2\text{O}$ .

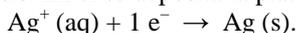
**CUESTIÓN 8.- Se realiza la electrolisis de una disolución acuosa de  $\text{AgNO}_3$  empleando dos electrodos de grafito. En uno de ellos se deposita  $\text{Ag(s)}$  y en el otro se desprende un gas. Teniendo en cuenta que el agua puede sufrir los siguientes procesos redox:  $\text{H}_2\text{O} + 1 \text{e}^- \rightarrow 1/2 \text{H}_2 + \text{OH}^-$  y  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 1/2 \text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$ , y que ni el grafito ni el nitrato participan en la reacción, contesta a las siguientes cuestiones:**

- a) ¿En qué electrodo (cátodo o ánodo) se depositará la  $\text{Ag}$ ? Escribe esta semirreacción ajustada.  
 b) Explica qué gas se desprende en el otro electrodo y escribe la semirreacción correspondiente, así como la reacción global de la celda electrolítica.  
 c) ¿Cuántos moles de  $\text{Ag}$  se habrán depositado al cabo de 3 h de electrolisis, si la corriente aplicada es de 2 A?

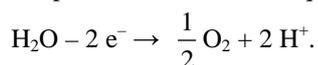
**DATO:  $F = 96.500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ .**

Solución:

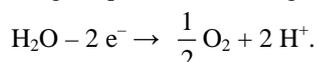
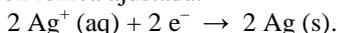
a) La reducción se realiza en el electrodo positivo, el cátodo, al que llega los electrones de la electrolisis. En él se deposita la plata,  $\text{Ag(s)}$ . La semirreacción que se produce es:



b) La semirreacción que se produce en el otro electrodo, el ánodo, es una oxidación, pues del ánodo se desprenden los electrones que circulan en la electrolisis. La semirreacción que tiene lugar es:



Multiplicando por 2 la semirreacción de reducción y sumando ambas semirreacciones de obtiene la reacción iónica ajustada:



$$\hline 2 \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{Ag} + 2 \text{H}^+$$
 y llevando estos coeficientes a la ecuación molecular,

también queda esta ajustada:  $2 \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{HNO}_3 + 2 \text{Ag}$ .

c) De las leyes de Faraday se determina la masa de plata depositada en el cátodo:

$$m = \frac{M \cdot I \cdot t}{z \cdot F} = \frac{108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 2 \text{ A} \cdot 10.800 \text{ s}}{1 \cdot 96.500 \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{mol}^{-1}} = 24,17 \text{ g, a los que corresponden los moles:}$$

$$n = \frac{24,17 \text{ g}}{108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,22 \text{ moles}$$

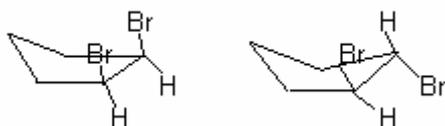
**Resultado:** a) En el cátodo; b) En el ánodo se desprende  $\text{O}_2$ ; c) 0,22 moles de Ag.

**CUESTIÓN 9.** a) Escribe las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes pares de compuestos e indica el tipo y subtipo de isomería que presentan entre sí:

i) antraceno y fenantreno

ii) pentan-3-ona y pent-2-en-3-ol:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$ ;  $\text{CH}_3\text{-CH=C(OH)-CH}_2\text{-CH}_3$

b) Indica el tipo y subtipo de isomería que presenta el siguiente par de compuestos:



Presentan isomería cis-trans

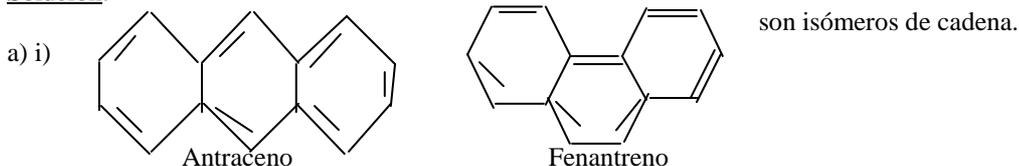
c) Indica el tipo de reacción orgánica:

$\text{HCOO-CH}_3 + [1] \text{LiAlH}_4, \text{éter}/2) \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{CH}_3\text{OH} + \dots$  Reducción

d) Nombra las dos sustancias orgánicas que intervienen en la reacción anterior.

formiato de metilo (metanoato de metilo), metanol

Solución:



ii)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_2\text{-CH}_3$  pentan-3-ona  $\text{CH}_3\text{-CH=COH-CH}_2\text{-CH}_3$  pent-2-en-3-ol.  
Son isómeros de función.

b) Isomería cis-trans.

c) Es una reacción de reducción en la que la función ácido se reduce a función alcohol.

d) El reactivo es metanoato de metilo y el producto es metanol.

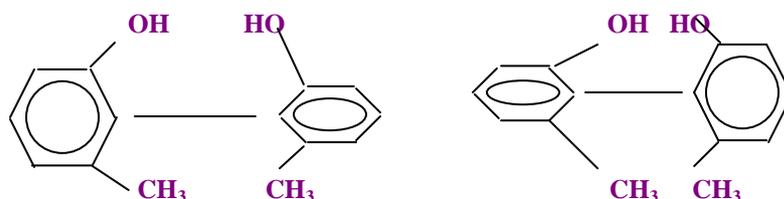
**CUESTIÓN 10.** a) Formule o nombre:

i)  $\text{CH}_2=\text{CH-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$  ii) N-propilformamida

b) Escribe las fórmulas semidesarrolladas del anisol y el fenilmetanol e indica el tipo y subtipo de isomería que presentan entre sí estos dos compuestos.

anisol:  $\text{Ph-O-CH}_3$  fenilmetanol:  $\text{Ph-CH}_2\text{OH}$  Isomería estructural de función

c) Indica el tipo y subtipo de isomería que presenta el siguiente par de compuestos:



d) Complete las siguientes reacciones orgánicas, según el tipo de reacción indicado:

i) Oxidación:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3 + [\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}^+] \rightarrow$

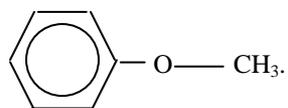
ii) Sustitución (electrófila aromática) (dos productos):

e) Nombra los reactivos orgánicos de partida en las dos reacciones anteriores.

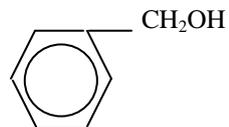
Solución:

a) i) hex-1-en-3-ino o (1-hexen-3-ino); ii)  $\text{HCO-NH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ .

b) Anisol o metoxibenceno;



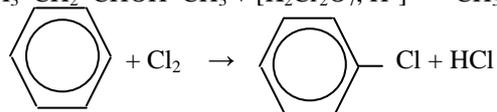
Fenilmetanol.



Presentan estos compuestos isomería de función.

c) Los compuestos presentan isomería óptica.

d)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CHOH-CH}_3 + [\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}^+] \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CO-CH}_3$ .



e) El nombre de los reactivos es: i) butan-2-ol o 2-butanol; ii) benceno.