

Resolución razonada de las opciones A y B. El enunciado de origen rotula esta convocatoria como junio de 2017.

Opción A · Enlace, fermentación y equilibrio

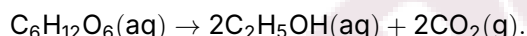
Cuestión 1 · Estructuras de Lewis, geometría y polaridad

- Br_2CO : $\text{O}=\text{CBr}_2$, con el C central unido por doble enlace a O y enlaces sencillos a los dos Br; trigonal plana. La distribución de enlaces no es simétrica y la molécula es polar.
- HSiCl_3 : Si central con cuatro enlaces sencillos (uno a H y tres a Cl); tetraédrica. Los dipolos no se cancelan porque los sustituyentes no son todos iguales: polar.
- CO_2 : $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, lineal. Los dipolos de enlace se cancelan: apolar.
- NO_2 : tiene un número impar de electrones de valencia y es un radical. Sus estructuras resonantes sitúan un electrón desapareado en N; la molécula es angular y polar.

Br_2CO : trigonal plana, polar; HSiCl_3 : tetraédrica, polar; CO_2 : lineal, apolar; NO_2 : angular, polar

Problema 2 · Fermentación de la glucosa

Ajustamos la reacción: una molécula de glucosa produce dos de etanol y dos de dióxido de carbono:



La masa molar de la glucosa es 180 g mol^{-1} . Los 71 g corresponden a $71/180 = 0,3944 \text{ mol}$, que producirían teóricamente $0,7889 \text{ mol}$ de etanol, es decir, $0,7889(46) = 36,29 \text{ g}$. El etanol obtenido tiene una masa

$$m_{\text{real}} = 30,4 \text{ mL}(0,789 \text{ g mL}^{-1}) = 23,99 \text{ g}.$$

El rendimiento es $100(m_{\text{real}}/m_{\text{teórica}})$:

$$\eta = 100 \frac{23,99}{36,29} = 66,1\%.$$

Cada mol de etanol se forma junto con un mol de CO_2 , por lo que $n(\text{CO}_2) = 23,99/46 = 0,5214 \text{ mol}$. A 20°C y $1,3 \text{ atm}$:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(0,5214)(0,082)(293)}{1,3} = 9,64 \text{ L}.$$

El rendimiento impreso (66,67

$$\eta \simeq 66,1\%; \quad V(\text{CO}_2) \simeq 9,64 \text{ L}$$

Cuestión 2 · Ácidos, bases y sales

- a) Falsa. $K_a = 10^{-6}$ es pequeño; indica una disociación parcial y, por tanto, un ácido débil.
- b) Verdadera. NH_4^+ es el ácido conjugado de NH_3 , una base débil; su hidrólisis produce H_3O^+ , así que NH_4Cl da disolución ácida.
- c) Falsa. HSO_4^- cede un protón al agua para formar SO_4^{2-} y H_3O^+ ; actúa como ácido.
- d) Falsa. Añadir NH_4Cl aporta el ion común NH_4^+ al equilibrio $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$. Se desplaza a la izquierda, baja $[\text{OH}^-]$ y disminuye el pH.

a) F; b) V; c) F; d) F

Problema 4 · Disociación del óxido de mercurio(II)

En $2\text{HgO}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{Hg}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$, el sólido no aparece en K_p . Si el avance genera una presión x de O_2 , la de Hg será $2x$:

$$K_p = p_{\text{Hg}}^2 p_{\text{O}_2} = (2x)^2 x = 4x^3 = 0,186, \quad x = \sqrt[3]{0,186/4} = 0,3596 \text{ atm.}$$

La presión total es $P_t = 3x = 1,079 \text{ atm}$. Como $\Delta n_{\text{gas}} = 3$, $K_p = K_c(RT)^3$ a $T = 673 \text{ K}$:

$$K_c = \frac{0,186}{[(0,082)(673)]^3} = 1,11 \cdot 10^{-6}.$$

Para hallar cuánto sólido se descompone, usamos $n(\text{Hg}) = p_{\text{Hg}}V/(RT)$. La masa molar de HgO es $216,6 \text{ g mol}^{-1}$:

$$n(\text{Hg}) = \frac{(0,7192)(2)}{(0,082)(673)} = 0,02606 \text{ mol}, \quad m(\text{HgO consumido}) = 0,02606(216,6) = 5,65 \text{ g}.$$

Quedan $10 - 5,65 = 4,35 \text{ g}$ de HgO sin disociar. La presión total concuerda con la referencia; la masa residual publicada (7,15 g) no es compatible con esa presión de equilibrio.

$$P_t \simeq 1,079 \text{ atm}; \quad K_c = 1,11 \cdot 10^{-6}; \quad m(\text{HgO})_{\text{restante}} \simeq 4,35 \text{ g}$$

Cuestión 5 · Ley de velocidad

La ley es $v = k[NO_2]^2$. En la ecuación ajustada $CO + NO_2 \rightarrow CO_2 + NO$ los coeficientes de CO y NO_2 son ambos uno.

- a) **Verdadera.** Ambos reactivos desaparecen en proporción 1:1, así que sus velocidades de desaparición son iguales.
- b) **Falsa.** La constante de velocidad depende de la temperatura, como describe la ecuación de Arrhenius.
- c) **Falsa.** El orden total es 2, pues solo aparece $[NO_2]^2$ en la ley.
- d) **Verdadera.** $[v] = \text{mol L}^{-1}\text{s}^{-1}$ y $[NO_2]^2 = \text{mol}^2 \text{L}^{-2}$, luego $[k] = \text{L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$.

a) V; b) F; c) F; d) V; $[k] = \text{L mol}^{-1}\text{s}^{-1}$

Opción B · Tabla periódica y redox

Cuestión 1 · Propiedades periódicas y números cuánticos

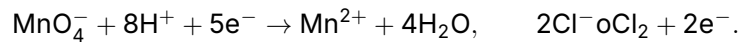
A, B, C y D son B, F, Na y K, respectivamente.

- Grupos y periodos: B, grupo 13 y periodo 2; F, grupo 17 y periodo 2; Na, grupo 1 y periodo 3; K, grupo 1 y periodo 4.
- La electronegatividad aumenta hacia arriba y a la derecha: $K < Na < B < F$.
- La primera energía de ionización crece en general hacia arriba y a la derecha; para estos elementos, $K < Na < B < F$.
- El electrón más externo de K está en un orbital 4s: $n = 4$, $l = 0$, $m_l = 0$ y $m_s = +\frac{1}{2}$ o $-\frac{1}{2}$.

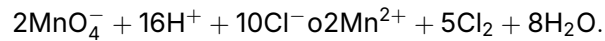
$\chi: K < Na < B < F$; $E_{i,1}: K < Na < B < F$; $(n, l, m_l, m_s) = (4, 0, 0, \pm\frac{1}{2})$

Problema 2 · Obtención de cloro con permanganato

En medio ácido, permanganato se reduce a Mn^{2+} y cloruro se oxida a Cl_2 :



Al igualar 10 electrones:



La ecuación molecular es



Los moles disponibles son $n(\text{KMnO}_4) = 0,050(0,250) = 0,0125$ y $n(\text{KCl}) = 0,200(0,20) = 0,0400$. Harían falta 0,0625 mol de KCl para consumir todo el permanganato; KCl limita. Por estequiometría, 10 mol de KCl producen 5 mol de Cl_2 :

$$n(\text{Cl}_2) = 0,0400 \frac{5}{10} = 0,0200 \text{ mol}, \quad V = \frac{nRT}{P} = \frac{(0,0200)(0,082)(293)}{723/760} = 0,506 \text{ L}.$$



Cuestión 3 · Equilibrio de solubilidad de Ca(OH)_2

Para $\text{Ca(OH)}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{OH}^{-}(\text{ac})$, añadir un producto desplaza el equilibrio a la izquierda y favorece el sólido; consumir un producto lo desplaza a la derecha.

- **a)** KOH aporta OH^{-} (ion común), así que precipita más Ca(OH)_2 .
- **b)** La disolución es exotérmica ($\Delta H = -17,6 \text{ kJ}$). Al calentar, se favorece el sentido endotérmico inverso y se forma más sólido.
- **c)** HCl consume OH^{-} mediante neutralización; el equilibrio se desplaza a la derecha y se disuelve Ca(OH)_2 sólido.
- **d)** Añadir sólido puro no altera las concentraciones de equilibrio ni desplaza el equilibrio. El sólido añadido simplemente se suma al que ya queda sin disolver.

a) más sólido; b) más sólido; c) menos sólido; d) sin desplazamiento

Problema 4 · Ácido láctico

En la disolución B, los 20 mL de HCl aportan $n = (0,020)(0,015) = 3,00 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$. El volumen total es 0,100 L, así que

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_B = \frac{3,00 \cdot 10^{-4}}{0,100} = 0,00300 \text{ M}.$$

Como A tiene el mismo pH, $x = [\text{H}_3\text{O}^+]_A = 0,00300 \text{ M}$. En A la concentración inicial de ácido es

$$C_0 = \frac{0,61/90,1}{0,100} = 0,06770 \text{ M}.$$

Para el equilibrio $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$, $K_a = x^2/(C_0 - x)$:

$$K_a = \frac{(0,00300)^2}{0,06770 - 0,00300} = 1,39 \cdot 10^{-4}.$$

En una disolución 0,1 M:

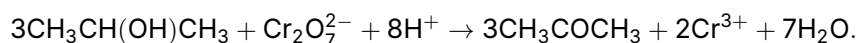
$$x = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a(0,1)}}{2} = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ M}, \quad \text{pH} = 2,44.$$

Este pH se obtiene resolviendo el equilibrio; el valor impreso de 2,14 no corresponde al K_a calculado con los datos.

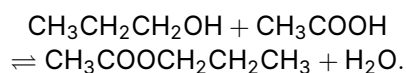
$$K_a = 1,39 \cdot 10^{-4}; \quad \text{pH}(C = 0,1 \text{ M}) \simeq 2,44$$

Cuestión 4 · Reacciones orgánicas

1. Hidratación de but-2-eno: $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_3$. Se forma butan-2-ol.
2. Oxidación de propan-2-ol a propanona por dicromato en ácido:

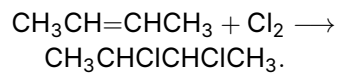


3. Esterificación de 1-propanol con ácido etanoico:



Se forma etanoato de propilo.

4. Adición de cloro al but-2-eno:



Se obtiene 2,3-diclorobutano.

5. Sustitución: $\text{CH}_3\text{CHBrCH}_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{CHOHCH}_3 + \text{Br}^-$. Se forma propan-2-ol.