

CATALUÑA · PAU 2022 · ORDINARIA

Química

7 ejercicios

Instrucciones del examen

Responda a CUATRO de las siete cuestiones siguientes. En caso de que responda a más cuestiones, solo se valorarán las cuatro primeras. Cada cuestión vale 2,5 puntos.

Ejercicio 1

2,5 puntos

La mayoría de las reacciones químicas son el resultado de varias etapas. Para determinar la ecuación de velocidad de la reacción química siguiente: $2 \text{NO(g)} + 2 \text{H}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O(l)} + \text{N}_2\text{(g)}$ $\Delta H^\circ < 0$ se ha observado experimentalmente que el mecanismo de la reacción química es: Etapa 1 (lenta): $2 \text{NO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ Etapa 2 (rápida): $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ a) ¿Cuál de las dos etapas determina la velocidad de la reacción química? Escriba la ecuación de velocidad y justifique la respuesta. Indique los órdenes parciales de la ecuación de velocidad respecto a cada reactivo y el orden total de la reacción. Justifique las unidades de la constante de velocidad. [1,25 puntos] b) Represente en un gráfico la energía de la reacción en función de la coordenada de reacción e indique en él la energía de activación de las dos etapas, la variación de entalpía, los complejos activados y el intermedio de la reacción. Justifique, a partir del modelo cinético del estado de transición, cuál de las dos etapas tendrá una energía de activación más elevada. [1,25 puntos]

a) 1,25 puntos

¿Cuál de las dos etapas determina la velocidad de la reacción química? Escriba la ecuación de velocidad y justifique la respuesta. Indique los órdenes parciales de la ecuación de velocidad respecto a cada reactivo y el orden total de la reacción. Justifique las unidades de la constante de velocidad.

b) 1,25 puntos

Represente en un gráfico la energía de la reacción en función de la coordenada de reacción e indique en él la energía de activación de las dos etapas, la variación de entalpía, los complejos activados y el intermedio de la reacción. Justifique, a partir del modelo cinético del estado de transición, cuál de las dos etapas tendrá una energía de activación más elevada.

Ejercicio 2

2,5 puntos

El ácido benzoico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{—COOH}$) es un ácido carboxílico monoprótico que se utiliza como conservante de los alimentos, ya que inhibe el crecimiento microbiano, siempre que el medio resultante de conservación del alimento tenga un pH menor de 5. a) Calcule el pH de una disolución acuosa de ácido benzoico de concentración $8,1 \text{ g L}^{-1}$ y justifique si es adecuada como líquido conservante. [1,25 puntos] b) Una industria ha adquirido una disolución acuosa de ácido benzoico. Para conocer la concentración exacta de esta disolución se valoran 25,0 mL de la disolución de ácido benzoico con una disolución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH). Escriba la reacción de valoración y explique cómo realizaría en el laboratorio esta valoración, indicando qué material y qué otras sustancias utilizaría. [1,25 puntos] DATOS: Constante de acidez del ácido benzoico a 25 °C: $K_a(\text{C}_6\text{H}_5\text{—COOH}) = 6,3 \times 10^{-5}$. Masas atómicas relativas: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.

a) 1,25 puntos

Calcule el pH de una disolución acuosa de ácido benzoico de concentración $8,1 \text{ g L}^{-1}$ y justifique si es adecuada como líquido conservante.

b) 1,25 puntos

Una industria ha adquirido una disolución acuosa de ácido benzoico. Para conocer la concentración exacta de esta disolución se valoran 25,0 mL de la disolución de ácido benzoico con una disolución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH). Escriba la reacción de valoración y explique cómo realizaría en el laboratorio esta valoración, indicando qué material y qué otras sustancias utilizaría.

Ejercicio 3

2,5 puntos

El benceno (C_6H_6) es un hidrocarburo peligroso, ya que emite vapores tóxicos que pueden producir cáncer. Se pueden producir trazas de benceno en la combustión incompleta de materiales ricos en carbono, como en las erupciones volcánicas y en los incendios forestales, y es un componente del humo de los cigarrillos. La reacción de combustión del benceno es la siguiente: $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) + (15/2) \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6 \text{CO}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ a) Calcule el calor a presión constante que se liberará en la combustión de 20 kg de benceno líquido en condiciones estándar. [1,25 puntos] b) El benceno es un hidrocarburo que se puede vaporizar en condiciones estándar a 25 °C. Explique qué es la entalpía de vaporización de una sustancia y calcule la entalpía molar de vaporización del benceno líquido en condiciones estándar y a 25 °C. ¿Cuál será la energía en forma de calor, a presión constante, necesaria para vaporizar 1 kg de benceno? [1,25 puntos] DATOS: Masas atómicas relativas: H = 1,0; C = 12,0. Entalpías estándar de formación a 298 K: $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\text{CO}_2(\text{g}) = -394 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\text{C}_6\text{H}_6(\text{l}) = 49 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\text{C}_6\text{H}_6(\text{g}) = 83 \text{ kJ mol}^{-1}$.

a) 1,25 puntos

Calcule el calor a presión constante que se liberará en la combustión de 20 kg de benceno líquido en condiciones estándar.

b) 1,25 puntos

El benceno es un hidrocarburo que se puede vaporizar en condiciones estándar a 25 °C. Explique qué es la entalpía de vaporización de una sustancia y calcule la entalpía molar de vaporización del benceno líquido en condiciones estándar y a 25 °C. ¿Cuál será la energía en forma de calor, a presión constante, necesaria para vaporizar 1 kg de benceno?

Ejercicio 4

2,5 puntos

El elemento potasio se encuentra en la naturaleza como catión potasio, que es indispensable para los seres vivos porque participa en funciones biológicas importantes. a) Explique qué es la energía de ionización y justifique su signo. Si la energía de ionización del potasio es de 418 kJ mol^{-1} , calcule la energía mínima que debe tener un fotón para poder ionizar un átomo de potasio. Calcule la frecuencia asociada a este fotón. Según los datos de la tabla siguiente, ¿cuáles son las zonas del espectro de la luz en las que se podría ionizar el átomo de potasio? Razone la respuesta. [1,25 puntos] b) ¿El radio del átomo de potasio será mayor o menor que el radio del catión potasio? ¿La segunda energía de ionización del potasio será mayor o menor que la primera energía de ionización del potasio? Justifique las respuestas basándose en las configuraciones electrónicas y el modelo atómico de cargas eléctricas. [1,25 puntos] DATOS: Número atómico del potasio: $Z(\text{K}) = 19$. Número de Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Velocidad de la luz en el vacío: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. Constante de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$. Espectro electromagnético de la luz: $\lambda \text{ (m)}$: 10^2 , 10^0 , 10^{-3} , 10^{-6} , 10^{-7} – 10^{-8} , 10^{-9} , 10^{-12} Zona espectral: ondas de radio, microondas, infrarroja, visible, ultravioleta, rayos X, rayos γ

a) 1,25 puntos

Explique qué es la energía de ionización y justifique su signo. Si la energía de ionización del potasio es de 418 kJ mol^{-1} , calcule la energía mínima que debe tener un fotón para poder ionizar un átomo de potasio. Calcule la frecuencia asociada a este fotón. Según los datos de la tabla, ¿cuáles son las zonas del espectro de la luz en las que se podría ionizar el átomo de potasio? Razone la respuesta.

b) 1,25 puntos

¿El radio del átomo de potasio será mayor o menor que el radio del catión potasio? ¿La segunda energía de ionización del potasio será mayor o menor que la primera energía de ionización del potasio? Justifique las respuestas basándose en las configuraciones electrónicas y el modelo atómico de cargas eléctricas.

Ejercicio 5

2,5 puntos

La formamida, también conocida como metanamida, se utiliza en la fabricación de papel como suavizante para descomponer las fibras del papel. A altas temperaturas, la formamida (HCONH_2) se descompone en amoníaco y monóxido de carbono de acuerdo con el equilibrio siguiente: $\text{HCONH}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ $\Delta H^\circ > 0$ a) En un recipiente de 10,0 L de volumen, donde previamente se ha hecho el vacío, colocamos 9,0 g de formamida y la calentamos hasta alcanzar una temperatura de 500 K. Una vez alcanzado el equilibrio, la presión en el interior del reactor llega a 1,56 atm. Determine el valor de la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) y la constante de equilibrio en presiones (K_p) a 500 K. [1,25 puntos] b) Razone cómo se verían afectados el rendimiento de la reacción y la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) si: — aumentamos el volumen del recipiente; — aumentamos el número de moles de CO; — aumentamos la temperatura; — añadimos un catalizador. [1,25 puntos] DATOS: Masas atómicas relativas: C = 12,0; H = 1,0; O = 16,0; N = 14,0. Constante universal de los gases ideales: $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

a) 1,25 puntos

En un recipiente de 10,0 L de volumen, donde previamente se ha hecho el vacío, colocamos 9,0 g de formamida y la calentamos hasta alcanzar una temperatura de 500 K. Una vez alcanzado el equilibrio, la presión en el interior del reactor llega a 1,56 atm. Determine el valor de la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) y la constante de equilibrio en presiones (K_p) a 500 K.

b) 1,25 puntos

Razone cómo se verían afectados el rendimiento de la reacción y la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) si: aumentamos el volumen del recipiente; aumentamos el número de moles de CO; aumentamos la temperatura; añadimos un catalizador.

Ejercicio 6

2,5 puntos

El hidróxido de calcio es un compuesto con un amplísimo abanico de aplicaciones en diferentes sectores como la construcción, la alimentación, la cosmética y la odontología, pero que es muy poco soluble en agua. a) Una disolución saturada de hidróxido de calcio a 25 °C contiene 0,149 g por cada 200 mL de disolución. Defina el término solubilidad molar y determine la solubilidad del hidróxido de calcio a 25 °C y las concentraciones de los iones calcio e hidroxilo (OH^-) presentes en el equilibrio. [1,25 puntos] b) Disponemos de la disolución saturada de hidróxido de calcio en equilibrio con su sólido. Razone si la masa del hidróxido de calcio sólido aumentará o disminuirá en las cuatro situaciones siguientes: — si añadimos agua; — si añadimos una disolución de hidróxido de sodio; — si añadimos una disolución de ácido clorhídrico; — si añadimos una disolución de cloruro de calcio. [1,25 puntos] DATOS: Masas atómicas relativas: Ca = 40,1; H = 1,0; O = 16,0.

a) 1,25 puntos

Una disolución saturada de hidróxido de calcio a 25 °C contiene 0,149 g por cada 200 mL de disolución. Defina el término solubilidad molar y determine la solubilidad del hidróxido de calcio a 25 °C y las concentraciones de los iones calcio e hidroxilo (OH^-) presentes en el equilibrio.

b) 1,25 puntos

Disponemos de la disolución saturada de hidróxido de calcio en equilibrio con su sólido. Razone si la masa del hidróxido de calcio sólido aumentará o disminuirá en las cuatro situaciones siguientes: si añadimos agua; si añadimos una disolución de hidróxido de sodio; si añadimos una disolución de ácido clorhídrico; si añadimos una disolución de cloruro de calcio.

Ejercicio 7

2,5 puntos

El pentaóxido de dinitrógeno es un compuesto altamente reactivo que puede dar lugar a diferentes reacciones de descomposición en fase gaseosa, como por ejemplo: $2 \text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4 \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ΔH° (a 298 K) > 0 a) Razone, cualitativamente, si la variación de entropía estándar (ΔS°) de la reacción anterior, a 298 K, es positiva o negativa. Calcule su valor a partir de los datos de la tabla termodinámica siguiente. $S^\circ(\text{O}_2(\text{g})) = 205,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ(\text{NO}_2(\text{g})) = 240,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$; $S^\circ(\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})) = 355,7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Diga si la reacción de descomposición del N_2O_5 en NO_2 y O_2 es espontánea a temperaturas altas o bajas, y justifique, cualitativamente, la respuesta. Suponga que los valores de entalpía y de entropía estándar no varían con la temperatura. [1,25 puntos] b) Al estudiar la cinética de descomposición del N_2O_5 en NO_2 y O_2 , a la temperatura de 298 K, hemos obtenido los datos experimentales siguientes: $[\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})]$ (mol L^{-1}): $5,00 \times 10^{-2}$ y $3,00 \times 10^{-2}$ Velocidad de reacción ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$): $8,5 \times 10^{-5}$ y $5,1 \times 10^{-5}$ Determine el orden de reacción y calcule el valor de la constante de velocidad. Razone, a partir de un modelo cinético, qué efecto tiene sobre la velocidad de reacción la adición de un catalizador. [1,25 puntos]

a) 1,25 puntos

Razone, cualitativamente, si la variación de entropía estándar (ΔS°) de la reacción anterior, a 298 K, es positiva o negativa. Calcule su valor a partir de los datos de la tabla termodinámica. Diga si la reacción es espontánea a temperaturas altas o bajas, y justifique, cualitativamente, la respuesta.

b) 1,25 puntos

Al estudiar la cinética de descomposición del N_2O_5 en NO_2 y O_2 , a la temperatura de 298 K, con los datos experimentales: $[\text{N}_2\text{O}_5] = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \rightarrow v = 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$; $[\text{N}_2\text{O}_5] = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \rightarrow v = 5,1 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Determine el orden de reacción y calcule el valor de la constante de velocidad. Razone qué efecto tiene sobre la velocidad de reacción la adición de un catalizador.