

CATALUÑA · PAU 2021 · 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

En la elaboración del vinagre se produce ácido etanoico (llamado habitualmente ácido acético) como producto de la fermentación del vino por acción de acetobacterias que combinan el etanol del vino y el oxígeno del aire. El RD 661/2012, de 13 de abril, establece la norma para la elaboración y la comercialización del vinagre y fija las concentraciones mínimas de ácido acético: — Vinagre de vino: mínimo, 60 g/L. — Otros vinagres: mínimo, 50 g/L. a) Escriba la reacción del ácido acético con agua. Diga si un vinagre de vino puede tener un pH de 3,0, y justifique, cuantitativamente, la respuesta. [1,25 puntos] b) Al valorar 5,0 mL de un vinagre de manzana con una disolución de hidróxido de sodio 0,100 M necesitamos 43,3 mL de esta base para llegar al punto final. Escriba la reacción de valoración e indique razonadamente si este vinagre cumple la normativa legal. [1,25 puntos] DATOS: Masas atómicas relativas: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0. Constante de acidez del ácido acético a 25 °C: $K_a = 1,78 \times 10^{-5}$. NOTA: Suponga que la acidez de los vinagres se debe solo al ácido acético.

a) 1,25 puntos

Escriba la reacción del ácido acético con agua. Diga si un vinagre de vino puede tener un pH de 3,0, y justifique, cuantitativamente, la respuesta.

b) 1,25 puntos

Al valorar 5,0 mL de un vinagre de manzana con una disolución de hidróxido de sodio 0,100 M necesitamos 43,3 mL de esta base para llegar al punto final. Escriba la reacción de valoración e indique razonadamente si este vinagre cumple la normativa legal.

El airbag (o cojín de seguridad) está considerado, en combinación con el cinturón de seguridad, como uno de los mejores sistemas para reducir las lesiones ocasionadas por un accidente de tráfico. Cuando un vehículo recibe un fuerte impacto, la azida de sodio (NaN_3) que llevan los airbags se descompone rápidamente y forma nitrógeno gaseoso, que llena el cojín y amortigua el golpe de los ocupantes. a) La azida de sodio se prepara comercialmente a partir de la reacción entre el monóxido de dinitrógeno y el amiduro de sodio según la ecuación química siguiente: $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2 \text{NaNH}_2(\text{s}) \rightarrow \text{NaN}_3(\text{s}) + \text{NaOH}(\text{s}) + \text{NH}_3(\text{g})$ Cuando reaccionan a presión constante 4,0 mol de NaNH_2 con un exceso de N_2O , en condiciones estándar y a 298 K, se absorben 111,6 kJ de energía en forma de calor. Calcule la entalpía estándar de formación de la azida de sodio a esta temperatura. [1,25 puntos] b) En la bibliografía podemos encontrar los datos siguientes con relación a los cambios de fase del nitrógeno (N_2): Punto de fusión: 1,00 atm / 63,30 K Punto de ebullición: 1,00 atm / 77,40 K Punto triple: 0,123 atm / 63,15 K Defina el término punto triple de una sustancia. Haga un dibujo aproximado del diagrama de fases del nitrógeno, marque en él los tres puntos que figuran en la tabla e indique las zonas en las que el nitrógeno se encuentra en fase sólida, líquida y gaseosa. Razone si podemos sublimar el nitrógeno a presión atmosférica. [1,25 puntos] DATOS: Entalpías estándar de formación a 298 K: $\Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{O}, \text{g}) = 82,0 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{NH}_3, \text{g}) = -46,1 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{NaNH}_2, \text{s}) = -123,7 \text{ kJ mol}^{-1}$; $\Delta H_f^\circ(\text{NaOH}, \text{s}) = -425,2 \text{ kJ mol}^{-1}$.

a) 1,25 puntos

La azida de sodio se prepara comercialmente a partir de la reacción entre el monóxido de dinitrógeno y el amiduro de sodio: $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + 2 \text{NaNH}_2(\text{s}) \rightarrow \text{NaN}_3(\text{s}) + \text{NaOH}(\text{s}) + \text{NH}_3(\text{g})$. Cuando reaccionan a presión constante 4,0 mol de NaNH_2 con un exceso de N_2O , en condiciones estándar y a 298 K, se absorben 111,6 kJ de energía en forma de calor. Calcule la entalpía estándar de formación de la azida de sodio a esta temperatura.

b) 1,25 puntos

Defina el término punto triple de una sustancia. Haga un dibujo aproximado del diagrama de fases del nitrógeno, marque en él los tres puntos que figuran en la tabla e indique las zonas en las que el nitrógeno se encuentra en fase sólida, líquida y gaseosa. Razone si podemos sublimar el nitrógeno a presión atmosférica.

Ejercicio 3

2,5 puntos

La reacción en cadena de la polimerasa (conocida como PCR) es una técnica de biología molecular que consiste en sintetizar muchas veces un fragmento de ADN utilizando una polimerasa (enzima) que puede trabajar a temperaturas elevadas. Cuando hacemos una reacción de PCR, mezclamos en un tubo de ensayo diferentes ingredientes, como por ejemplo la polimerasa y el ADN del organismo que queremos estudiar, y, además, fijamos un pH y una concentración de iones Mg^{2+} para que la enzima trabaje adecuadamente. a) Supongamos que en el tubo donde efectuamos una PCR trabajamos con una disolución de $MgCl_2$ $5,0 \times 10^{-3}$ M y un pH fijo de 8,3. Diga, a partir de los cálculos necesarios, si en estas condiciones precipita el hidróxido de magnesio y justifique la respuesta. [1,25 puntos] b) Para determinar la pureza de una muestra que contiene $MgCl_2(s)$, podemos efectuar una valoración de precipitación del ion cloruro con una disolución de nitrato de plata: $Cl^-(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl(s) + NO_3^-(aq)$. Pesamos 0,6255 g de muestra y la disolvemos en agua hasta obtener 100,0 mL de disolución. Al valorar 10 mL de esta disolución, hemos necesitado 8,3 mL de nitrato de plata 0,1550 M para llegar al punto final de la valoración. ¿Cuál es la pureza de la muestra, expresada como porcentaje en masa de $MgCl_2$? [1,25 puntos] DATOS: Masas atómicas relativas: Mg = 24,3; Cl = 35,5. Producto de solubilidad del hidróxido de magnesio: $K_{ps} = 1,10 \times 10^{-12}$. Constante de ionización del agua: $K_w = 1,00 \times 10^{-14}$.

a) 1,25 puntos

Supongamos que en el tubo donde efectuamos una PCR trabajamos con una disolución de $MgCl_2$ $5,0 \times 10^{-3}$ M y un pH fijo de 8,3. Diga, a partir de los cálculos necesarios, si en estas condiciones precipita el hidróxido de magnesio y justifique la respuesta.

b) 1,25 puntos

Para determinar la pureza de una muestra que contiene $MgCl_2(s)$, podemos efectuar una valoración de precipitación del ion cloruro con una disolución de nitrato de plata: $Cl^-(aq) + AgNO_3(aq) \rightarrow AgCl(s) + NO_3^-(aq)$. Pesamos 0,6255 g de muestra y la disolvemos en agua hasta obtener 100,0 mL de disolución. Al valorar 10 mL de esta disolución, hemos necesitado 8,3 mL de nitrato de plata 0,1550 M para llegar al punto final de la valoración. ¿Cuál es la pureza de la muestra, expresada como porcentaje en masa de $MgCl_2$?

Ejercicio 4

2,5 puntos

El hidrógeno es un elemento abundante que generalmente no se encuentra como gas puro (H_2), sino unido al oxígeno (H_2O) o al carbono (CH_4). En un artículo publicado por la revista Nature Chemistry, expertos en nanotecnología de Stanford y Aarhus explican cómo se puede liberar el hidrógeno del agua a escala industrial mediante el uso de la electrólisis, sustituyendo el electrodo tradicional de platino (cátodo) por un electrodo de carbono grafito modificado químicamente. a) Escriba las semirreacciones que tienen lugar en el ánodo y en el cátodo en la electrólisis de agua ligeramente acidulada. Dibuje un esquema del montaje experimental. [1,25 puntos] b) Efectuamos la electrólisis del agua durante veinte horas empleando una intensidad de corriente de 3,0 A. ¿Qué presión ejercerá el hidrógeno obtenido, si lo consideramos un gas ideal, al introducirlo en un recipiente de 0,10 L donde la temperatura es de 200 K? Razone, mediante el modelo cinético-molecular de los gases, por qué la presión real del hidrógeno se desvía un poco de este valor. [1,25 puntos] DATOS: Constante de los gases ideales: $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Constante de Faraday: $F = 9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

a) 1,25 puntos

Escriba las semirreacciones que tienen lugar en el ánodo y en el cátodo en la electrólisis de agua ligeramente acidulada. Dibuje un esquema del montaje experimental.

b) 1,25 puntos

Efectuamos la electrólisis del agua durante veinte horas empleando una intensidad de corriente de 3,0 A. ¿Qué presión ejercerá el hidrógeno obtenido, si lo consideramos un gas ideal, al introducirlo en un recipiente de 0,10 L donde la temperatura es de 200 K? Razone, mediante el modelo cinético-molecular de los gases, por qué la presión real del hidrógeno se desvía un poco de este valor.

Ejercicio 5

2,5 puntos

Las propiedades periódicas de los elementos químicos son propiedades fisicoquímicas que se repiten con una cierta regularidad en los grupos y períodos de la tabla periódica de los elementos. La razón de esta regularidad tiene que ver con la configuración electrónica del elemento. La tabla siguiente recoge algunas propiedades de cuatro elementos químicos: S: primera energía de ionización = $999,5 \text{ kJ mol}^{-1}$ Cl: primera energía de ionización = 1251 kJ mol^{-1} K⁺: radio iónico = $1,34 \text{ Å}$ F⁻: radio iónico = $1,34 \text{ Å}$ a) ¿Por qué la primera energía de ionización del cloro es mayor que la del azufre? ¿El cociente de radios atómicos del potasio y el flúor (r_K/r_F) es superior a 1? Justifique las respuestas basándose en las configuraciones electrónicas y en el modelo atómico de cargas eléctricas. [1,25 puntos] b) Justifique por qué podemos ionizar el cloro atómico si le hacemos llegar radiación ultravioleta (UV). La radiación visible no es capaz de ionizar el cloro, pero sí de excitarlo. ¿Qué sucede en este proceso de excitación? [1,25 puntos] DATOS: Números atómicos: $Z(F) = 9$; $Z(S) = 16$; $Z(Cl) = 17$; $Z(K) = 19$. Número de Avogadro: $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$. Velocidad de la luz en el vacío: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$. Constante de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$. Radiación ultravioleta (UV): longitud de onda entre 15 nm y 400 nm. $1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$.

a) 1,25 puntos

¿Por qué la primera energía de ionización del cloro es mayor que la del azufre? ¿El cociente de radios atómicos del potasio y el flúor (r_K/r_F) es superior a 1? Justifique las respuestas basándose en las configuraciones electrónicas y en el modelo atómico de cargas eléctricas.

b) 1,25 puntos

Justifique por qué podemos ionizar el cloro atómico si le hacemos llegar radiación ultravioleta (UV). La radiación visible no es capaz de ionizar el cloro, pero sí de excitarlo. ¿Qué sucede en este proceso de excitación?

Ejercicio 6

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: $[\text{N}_2\text{O}_5] = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \rightarrow v = 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$; $[\text{N}_2\text{O}_5] = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \rightarrow v = 5,1 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

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.

El cloro es uno de los elementos más utilizados en nuestra sociedad y forma parte de muchos productos que usamos en la vida cotidiana. Se utiliza directamente como agente desinfectante y blanqueante, y también como materia prima en la producción de polímeros como el PVC. En el proceso Deacon, el cloro se obtiene industrialmente por oxidación del ácido clorhídrico según la reacción química siguiente: $4 \text{HCl(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O(g)} + 2 \text{Cl}_2\text{(g)}$ $\Delta H^\circ < 0$ Introducimos 32,85 g de HCl y 38,40 g de O_2 en un reactor cerrado de 10 L en el que previamente hemos hecho el vacío. Calentamos la mezcla de reacción a 390 °C, y cuando se alcanza el equilibrio observamos que hemos obtenido 28,40 g de Cl_2 . a) Calcule la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) de la reacción, a 390 °C. [1,25 puntos] b) Razone cómo se verían afectados el rendimiento de la reacción y la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) si: — disminuimos el volumen del recipiente; — aumentamos la masa inicial de O_2 ; — aumentamos la temperatura; — añadimos un catalizador. [1,25 puntos] DATOS: Masas atómicas relativas: H = 1,0; O = 16,0; Cl = 35,5.

a) 1,25 puntos

Calcule la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) de la reacción, a 390 °C.

b) 1,25 puntos

Razone cómo se verían afectados el rendimiento de la reacción y la constante de equilibrio en concentraciones (K_c) si: disminuimos el volumen del recipiente; aumentamos la masa inicial de O_2 ; aumentamos la temperatura; añadimos un catalizador.