

## XXVII OLIMPIADA DE QUÍMICA ASTURIAS - 2013

**DATOS:**  $N_A = 6,02 \times 10^{23}$  partículas  $\cdot$  mol $^{-1}$ ;  $R = 0,082$  atm  $\cdot$  L  $\cdot$  mol $^{-1}$   $\cdot$  K $^{-1}$  = 8,314 J  $\cdot$  L  $\cdot$  mol $^{-1}$   $\cdot$  K $^{-1}$

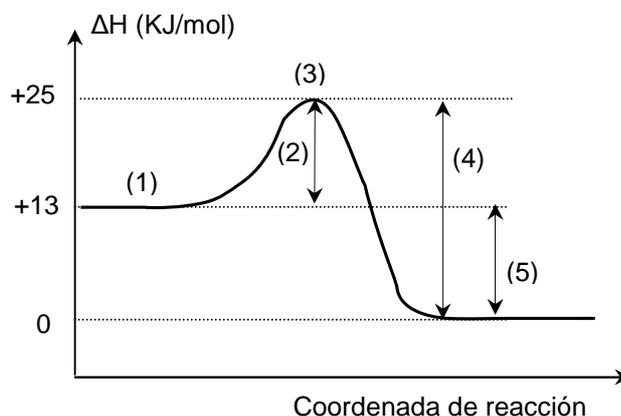
- Entre las siguientes sustancias: (A) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH; (B) CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>; (C) CH<sub>3</sub>COOH; (D) (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N; (E) CH<sub>3</sub>CHO, las que presentan enlaces de hidrógeno son:
  - A y C
  - A, C y D
  - A, C y E
  - B y D
- ¿Qué signos deben tener la entalpía y la entropía de una reacción para que sea espontánea sólo a bajas temperaturas?
  - $\Delta H$  positiva,  $\Delta S$  negativa
  - $\Delta H$  negativa,  $\Delta S$  positiva
  - Las dos positivas
  - Las dos negativas
- De los siguientes átomos e iones N<sup>3-</sup>; Mg<sup>2+</sup>; Cl<sup>-</sup>; K; Ne; Ar señale los isoelectrónicos:
  - N<sup>3-</sup>; Mg<sup>2+</sup>; Ne
  - Cl<sup>-</sup>; N<sup>3-</sup>
  - Cl<sup>-</sup>; Ar; K
  - Ne; Ar
- Se prepara una disolución de permanganato de potasio diluyendo 1 mL de disolución 0,1M a un volumen final de 1L. De la disolución anterior se toman 10 mL y se afora con agua a 100 mL. ¿Qué concentración tendrá la nueva disolución?
  - 0,01M
  - 10<sup>-4</sup> M
  - 10<sup>-5</sup> M
  - 10<sup>-6</sup> M
- En sendos tubos de ensayo A y B se introducen, respectivamente, una disolución amarilla de cromato de potasio y una disolución naranja de dicromato de potasio. Al añadir a cada tubo unas gotas de disolución de hidróxido de sodio y teniendo en cuenta el equilibrio:  $2 \text{CrO}_4^{2-}(\text{ac}) + 2 \text{H}^+(\text{ac}) \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$ :
  - El tubo A se vuelve naranja y el B amarillo
  - En el tubo A no se observa ninguna variación y el B se vuelve amarillo
  - En el tubo B no se observa ninguna variación y el A se vuelve naranja
  - No hay ninguna variación en ninguno de los tubos
- En un átomo el número de electrones con la notación (2, 1, 2, +1/2) será:
  - Seis electrones
  - Dos electrones
  - Un electrón
  - Ningún electrón
- El ácido benzoico contenido en algunas frutas es un conservante natural cuya constante de acidez es de  $6,5 \times 10^{-5}$  y cuya solubilidad en agua es solo de 3,42 g/L. El pH de una disolución saturada de este ácido es:

Datos: Masas atómicas: H: 1,0 u; C: 12,0; O: 16,00

  - 1,50
  - 2,87
  - 5,50
  - 6,55

8. Si reaccionan 2,00 g de magnesio en una atmósfera de nitrógeno, se obtienen 2,77 g de un compuesto, cuya fórmula empírica es:  
 Datos: Masas atómicas:  $N = 14,0 u$ ;  $Mg = 24,3 u$
- MgN
  - Mg<sub>1,5</sub>N
  - Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>
  - N<sub>3</sub>Mg<sub>3</sub>
9. Al quemar un gramo de formaldehído (metanal) y un gramo de ácido fórmico (ácido metanoico) se liberan, respectivamente, 18,8 kJ y 6,0 kJ. Se puede afirmar que la energía puesta en juego cuando dos gramos de formaldehído se oxidan a ácido fórmico según:  $HCHO(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow HCOOH(g)$   
 Datos: Masa atómicas:  $H = 1,0 u$ ;  $C = 12,0 u$ ;  $O = 16,0 u$
- Se desprenden 19,2 kJ.
  - Se desprenden 12,8 kJ.
  - Se absorben 12,8 kJ.
  - Se desprenden 144 kJ.
10. En unas determinadas condiciones, un elemento X tiene la estructura electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 4p^1$ . Indique qué afirmación es correcta.
- X es un elemento del grupo 15
  - X se encuentra en estado fundamental
  - Los números cuánticos del electrón más externo son: (4, 1, 0, +1/2)
  - Esta configuración no es posible

11. De las siguientes afirmaciones sobre el gráfico señale la que **NO** es correcta?
- (1) representa la energía de los reactivos
  - (2) representa la energía de activación de la reacción directa y (4) la energía de activación de la reacción inversa
  - (3) representa la energía del complejo activado
  - (5) representa la energía absorbida por la reacción y es 12 KJ/mol



12. ¿Qué compuesto (cuya masa se da entre paréntesis, en cursiva) contiene el mayor porcentaje de nitrógeno en masa?  
 Datos: Masa atómica:  $N = 14,0 u$
- NH<sub>2</sub>OH (*M = 33,0*)
  - NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> (*M = 64,1*)
  - N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*M = 76,0*)
  - NH<sub>4</sub>NH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub> (*M = 78,1*)
13. Para el sistema  $H_2O(g) + C(s) \rightleftharpoons CO(g) + H_2(g)$  en el que la constante de equilibrio  $K_c$  vale 0,03 a 900 K y 0,2 a 1200 K, se puede afirmar que:
- La reacción directa es exotérmica
  - La reacción directa es endotérmica
  - Al estar en equilibrio, la reacción no es ni endotérmica ni exotérmica
  - Con los datos disponibles no se puede saber si la reacción directa es endotérmica o exotérmica

14. El indicador más apropiado para determinar el punto de equivalencia en la valoración de amoniaco ( $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ ) con ácido clorhídrico es:
- Rojo de metilo
  - Rojo de fenol
  - Azul de timol
  - Cualquiera de los anteriores

Indicador	medio ácido	Intervalo	medio básico
Rojo de metilo	Rojo	4,2 – 6,2	Amarillo
Rojo de fenol	Amarillo	6,6 – 8,0	Rojo
Azul de timol	Amarillo	8,0 – 9,6	Azul

15. El  $\alpha$ -tocoferol o vitamina E es una vitamina liposoluble que actúa como antioxidante a nivel de la síntesis del grupo hemo, parte esencial de la hemoglobina de los glóbulos rojos. La falta de esta vitamina puede provocar anemia. La vitamina E tiene 11,62 % en masa de hidrógeno. Si un mol de vitamina E contiene  $3,010 \times 10^{25}$  átomos de hidrógeno. ¿Cuál es la masa molar de la vitamina E?  
 Datos: Masas atómicas:  $H = 1,0 \text{ u}$ ;  $C = 12,0 \text{ u}$ ;  $O = 16,0$
- 43,1 u
  - 124 u
  - 430 u
  - 568 u
16. Sea el equilibrio  $\frac{1}{2} \text{N}_2 (\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{g})$ , esta reacción es exotérmica y libera  $46,2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  y constituye un buen ejemplo de estudio del equilibrio químico. Si le añadimos un catalizador positivo:
- La energía de activación de la reacción disminuye
  - El proceso se hace más espontáneo
  - La entalpía del proceso aumenta
  - La entalpía del proceso disminuye
17. Consideremos el sistema en equilibrio:  $\text{NH}_4\text{HS} (\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{H}_2\text{S} (\text{g})$  con  $\Delta H > 0$ , de los siguientes cambios, ¿cuáles favorecen la formación de más  $\text{H}_2\text{S} (\text{g})$ ?:
- Añadiendo una pequeña cantidad de  $\text{NH}_4\text{HS} (\text{s})$  a volumen constante
  - Incrementando la presión a temperatura constante
  - Incrementando la temperatura a presión constante
- Solo el 1
  - Solo el 3
  - 1 y 2
  - 1 y 3
18. La bomba calorimétrica se usa para determinar el poder calorífico de un combustible cuando se quema a volumen constante. Se queman 1,560 g de benceno (líquido) en una bomba calorimétrica y el calor desprendido a  $25^\circ\text{C}$  es de 65,32 kJ. Calcule, a dicha temperatura, el calor de combustión del benceno a presión constante (medido en  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) si el agua originada en la combustión queda en estado líquido.  
 Datos:  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ u}$ ;  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ u}$ .
- + 3266
  - 3262
  - 3266
  - 3270
19. ¿Qué reacción tiene la mayor variación positiva de entropía en condiciones estándar?
- $\text{H}_2\text{O} (\text{g}) + \text{CO} (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + \text{CO}_2 (\text{g})$
  - $\text{CaCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{CaO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$
  - $\text{NH}_3 (\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3 (\text{ac})$
  - $\text{C}_8\text{H}_{18} (\text{g}) \rightarrow \text{C}_8\text{H}_{18} (\text{s})$
20. ¿Cuántos miligramos de hidróxido de magnesio se pueden disolver en 200 mL de una disolución de sosa de pH 11?  
 Datos: Masas atómicas:  $H = 1,0 \text{ u}$ ;  $O = 16,0 \text{ u}$ ;  $Mg = 24,3 \text{ u}$ ;  $K_s(\text{hidróxido de magnesio}) = 7,1 \times 10^{-12}$
- $5,7 \times 10^{-8}$
  - $5,7 \times 10^{-5}$
  - $8,3 \times 10^{-5}$
  - $8,3 \times 10^{-2}$
21. Señale para cuál de las siguientes sales la solubilidad no aumenta al disminuir el pH:
- AgCl
  - $\text{CaCO}_3$
  - $\text{Ni}(\text{OH})_2$
  - $\text{Zn}(\text{HCO}_3)_2$
22. Si dejamos caer unas gotas de una disolución de ácido clorhídrico sobre 10 mL de una disolución que contenga ácido acético y acetato de sodio, el pH de dicha disolución,
- Aumentará
  - Descenderá
  - Prácticamente no se modificará
  - Ninguna de las anteriores

23. Se prepara una disolución mezclando ácido nítrico al 80 % en masa con otro al 30 % en masa ¿Cuántos gramos de cada disolución es necesario tomar para preparar 200 g de disolución de ácido al 40 %?

Ácido 80 %    Ácido 30 %

- a. 40                    160
- b. 50                    150
- c. 160                   40
- d. Ninguno de los anteriores

24. La configuración electrónica de un ión monopositivo viene dada por  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Marque la afirmación correcta:

- a. El elemento es un gas noble
- b. El elemento es un no metal
- c. El elemento pertenece al periodo 2
- d. El elemento tiene de número atómico 11

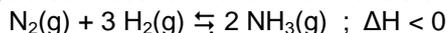
25. El cloruro de magnesio se disuelve en agua para formar

- a. Moléculas de  $MgCl_2$  hidratadas
- b. Iones  $Mg^{2+}$  hidratado e iones  $Cl^-$  hidratados
- c. Iones  $Mg^{2+}$  hidratado e iones  $Cl_2^{2-}$  hidratados
- d. Átomos de Mg hidratados y moléculas de  $Cl_2$  hidratadas

26. Un elemento A tiene dos electrones en su último nivel, y otro elemento B presenta en su nivel de valencia la configuración  $3s^2 3p^5$ . Si estos dos elementos se combinan entre sí, la posible fórmula del compuesto que originan será:

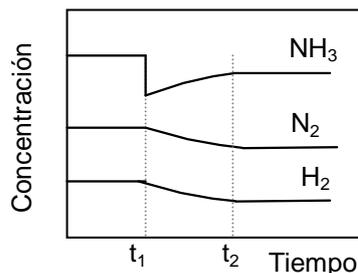
- a. AB
- b.  $A_2B$
- c.  $AB_2$
- d.  $A_7B_2$

27. En la figura se muestra la evolución del sistema



Se puede afirmar que en el instante  $t_1$ :

- a. Se introduce un catalizador
- b. Se extrae amoníaco del medio de reacción
- c. Se disminuye la temperatura
- d. Se aumenta la presión



28. El pH de una disolución de  $NH_4NO_3$  es:

- a. Menor que 7
- b. Igual a 7
- c. Mayor que 7
- d. Depende de la solubilidad de esta sal en el agua

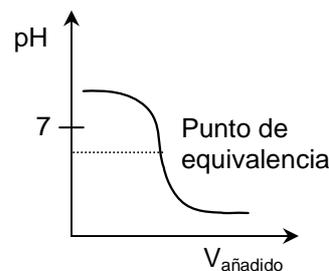
29. Para que una reacción química pueda llamarse "equilibrio químico", ha de cumplir que:

- a. Aparezca una doble flecha separando los reactivos de los productos
- b. El valor de  $\Delta G < 0$
- c. Aparezca como dato la constante de equilibrio
- d. El valor de  $\Delta G = 0$

30. La curva de valoración puede corresponder a una valoración usando:

Valorado                    Agente valorante

- a.  $CH_3COOH$  (ac)                     $KOH$  (ac)
- b.  $HNO_3$  (ac)                         $NaOH$  (ac)
- c.  $NH_3$  (ac)                          $HCl$  (ac)
- d.  $NaOH$  (ac)                         $HNO_3$  (ac)



## XXVII OLIMPIADA DE QUÍMICA ASTURIAS - 2013

### PROBLEMA 1

La siguiente reacción tiene lugar a 1400 °C durante el proceso de extracción del hierro de sus minerales en el alto horno:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{s}) + 3 \text{CO} (\text{g}) \rightarrow 2 \text{Fe} (\text{s}) + 3 \text{CO}_2 (\text{g})$

- Calcule la  $\Delta H^\circ$  del proceso **0,6 puntos**
- Calcule la energía interna del proceso. **0,4 puntos**
- Si disponemos de una tonelada de un mineral con una riqueza del 80 % en masa de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , y un rendimiento para el proceso de un 75 %, halle la masa de CO necesaria para el proceso y la masa de hierro que se obtiene. **1,0 puntos**

DATOS: Masa atómica ( $\text{Fe}$ ) = 55,9 u;

REACCIÓN	ENTALPÍA (kJ)
$\text{FeO} (\text{s}) + \text{CO} (\text{g}) \rightarrow \text{Fe} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$	+ 9,0
$\text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{s}) + \text{CO} (\text{g}) \rightarrow 3 \text{FeO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$	- 41,0
$3 \text{Fe}_2\text{O}_3 (\text{s}) + \text{CO} (\text{g}) \rightarrow 2 \text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$	- 46,4

### PROBLEMA 2

El agua potable contiene diversas sales (cloruro de sodio, cloruro de magnesio, etc.) cuyo contenido depende de su manantial de procedencia y del tratamiento recibido. Algunas aportan un cierto sabor al agua; por este motivo, el límite máximo admisible de iones cloruro en el agua potable es de 250 ppm (250 mg/L). Una de las técnicas empleadas para analizar el contenido de iones cloruro en una muestra de agua es el método de Mohr, que se basa en la formación de un compuesto insoluble con el ion plata (cloruro de plata).

Como indicador se añaden unas gotas de disolución de cromato de potasio y luego se mide el volumen de una disolución de nitrato de plata, de concentración conocida, que debe añadirse antes de que aparezca un precipitado rojo de cromato de plata.

Para determinar la cantidad de cloruro que hay en un agua potable se valora una muestra de 25,0 mL de la misma con nitrato de plata 0,01 M, utilizando cromato de potasio como indicador. El color rojo ladrillo aparece cuando se han adicionado 15,0 mL de la sal de plata.

- Nombre y represente los materiales necesarios para realizar esta valoración, dibuje un esquema del procedimiento experimental e indique dónde se coloca cada sustancia usada. **0,5 puntos**
- Determine la solubilidad en agua de cada compuesto y razone si el cromato de potasio es un indicador adecuado. **1,0 puntos**
- Calcule el contenido de cloruros en el agua analizada y justifique si es apta para el consumo. **0,5 puntos**

Datos:  $K_s(\text{cromato de plata}) = 1,9 \times 10^{-12}$ ;  $K_s(\text{cloruro de plata}) = 1,6 \times 10^{-10}$ ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ u}$ .

### PROBLEMA 3

El ácido fórmico (ácido metanoico) es un líquido claro, de olor picante y penetrante, presente en el líquido de la picadura de las hormigas. Soluble en agua, alcohol y éter; es más ligero que el aire y se evapora más rápido que el agua. Sus vapores son letales para los ácaros por lo que se utiliza como acaricida, utilizando para ello dispositivos que permiten regular la evaporación del ácido.

- a. Calcule la constante de acidez del ácido fórmico sabiendo que una disolución de ácido fórmico de 10 g/L tiene un pH 2,2. **0,8 puntos**

Una botella de ácido fórmico comercial, del 85,0 % en masa y densidad 1,195 g/mL, se dejó destapada accidentalmente durante varios días, por lo que para determinar la concentración correcta de la disolución se procede a su valoración con hidróxido de sodio. Para ello se toman 5,0 mL del ácido fórmico comercial, se echan en un erlenmeyer y se diluyen con 20 mL de agua destilada. En el punto final de la valoración se han consumido 84,7 mL de la disolución de hidróxido de sodio 1,0 M.

- b. ¿Cuál es la concentración molar actual de la disolución de la botella? **0,5 puntos**
- c. ¿Qué porcentaje del ácido inicial se ha evaporado? **0,4 puntos**

A la hora de realizar la valoración se ha dudado en la elección del indicador entre el azul de timol que vira de amarillo a azul en el intervalo de pH de 8,0 a 9,6 o el rojo de metilo que vira del rojo al amarillo en el intervalo de pH de 4,2 a 6,2.

- d. ¿Qué indicador es el adecuado para detectar correctamente el punto final de la valoración? **0,3 puntos**

*DATOS: Masas atómicas: H: 1,0 u; C: 12,0 u; O: 16,0 u.*