

# XXV OLIMPIADA DE QUÍMICA ASTURIAS – 2011

## CUESTIONES

- En 30 g de un óxido  $MO_2$  hay 4,0 g de oxígeno. Si la masa atómica del oxígeno es 16,00 u, la masa atómica del metal expresada en u es:
  - 32
  - 122
  - 208
  - 240
- El producto de solubilidad del hidróxido de calcio es  $5,5 \times 10^{-6}$ . Una disolución saturada de este compuesto tendrá un pOH de:
  - 1,65
  - 6,28
  - 7,00
  - 12,35
- Cuando una sustancia pura en fase líquida congela de manera espontánea, se cumple que:
  - $\Delta H$ ,  $\Delta S$  y  $\Delta G$  son positivos
  - $\Delta H$ ,  $\Delta S$  y  $\Delta G$  son negativos
  - $\Delta H$  y  $\Delta G$  son negativos, pero  $\Delta S$  es positivo
  - $\Delta H$  y  $\Delta S$  son negativos pero  $\Delta G$  es positivo
- Una disolución reguladora o tampón es aquella que:
  - Regula el pH
  - Es capaz de neutralizar los iones  $H_3O^+$  o los  $OH^-$  añadidos con lo que el pH varía poco o nada
  - Es capaz, mediante desplazamiento de un equilibrio, de eliminar los iones  $H_3O^+$  o los  $OH^-$  añadidos con lo que el pH varía poco.
  - Es capaz de eliminar, mediante una reacción de hidrólisis, los  $H_3O^+$  o los  $OH^-$  añadidos con lo que el pH varía poco o nada
- Al representar la presión del sistema en función del producto de reacción presente en el equilibrio, se obtiene la gráfica que se presenta. La variación observada es la correspondiente al sistema:
  - $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$
  - $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 NO(g)$
  - $3 H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$
  - $2 HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$
- Indica cuál de las siguientes sales está formada por iones isoelectrónicos:
  - KI
  - $AlCl_3$
  - $CaBr_2$
  - $MgF_2$
- ¿Qué volumen debemos tomar de una disolución acuosa de ácido sulfúrico 0,25 M, si queremos preparar 200 mL de disolución diluida de dicho ácido de concentración 0,05 M?
  - 4 mL
  - 40 mL
  - 0,004 L
  - 0,4 L



8. Muchos de los modernos pegamentos de acción rápida y gran fortaleza se basan en la reacción de polimerización del cianoacrilato. En esta reacción el vapor de agua de la atmósfera actúa como catalizador. En estas condiciones podemos afirmar que:
- Cuando se produzca la reacción no se va a consumir agua.
  - La energía de activación del proceso cambia con la humedad del ambiente.
  - El proceso de envasado del pegamento debe realizarse en una atmósfera en ausencia de humedad.
  - Todas las respuestas son correctas.
9. Sabiendo que las energías medias de los enlaces C–H, C–C, C=C y H–H, son 414, 347; 623 y 435 kJ/mol, respectivamente, el valor de  $\Delta H^\circ$  de la reacción: 1,3-butadieno + 2 H<sub>2</sub> → butano, será (medido en kJ):
- 594
  - 297
  - 234
  - + 594
10. En la valoración de un ácido débil con una base fuerte, el pH en el punto de equivalencia es:
- Igual que el pKa del ácido débil.
  - Igual a 7,0
  - Menor que 7
  - Mayor que 7
11. La siguiente reacción se utiliza en algunos dispositivos para la obtención de O<sub>2</sub>:
- $$4 \text{KO}_2(\text{s}) + 2 \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{K}_2\text{CO}_3(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \quad K_p = 28,5 \text{ a } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$
- Se añade una cierta cantidad de CO<sub>2</sub> (g) y KO<sub>2</sub> (s) a un matraz en el que se ha hecho previamente el vacío y se deja que se establezca el equilibrio. Si la presión parcial del CO<sub>2</sub> en el equilibrio es 0,050 atm, la presión parcial del O<sub>2</sub> es:
- 0,74 atm
  - 0,41 atm
  - 0,37 atm
  - 0,12 atm
12. La temperatura de ebullición de los compuestos: H<sub>2</sub>O, NaCl, NH<sub>3</sub> y Cl<sub>2</sub> si los ordenamos de mayor a menor es:
- NaCl, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> y Cl<sub>2</sub>
  - NaCl, H<sub>2</sub>O, Cl<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>
  - Cl<sub>2</sub>, NaCl, H<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub>
  - Cl<sub>2</sub>, NaCl, NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O
13. El pH de una disolución  $2,30 \times 10^{-8}$  M del ácido fuerte HCl es:
- 2,3
  - 6,4
  - 6,9
  - 7,6
14. La cantidad de BeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O y agua que necesitamos para preparar 200g de una disolución al 14% de BeCl<sub>2</sub> es: *Masas atómicas (u): H: 1,01; Be: 9,01; O: 16,00; Cl: 35,45.*
- 28 g de BeCl<sub>2</sub> y 172 g de H<sub>2</sub>O
  - 28 g de BeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O y 146,8 g de H<sub>2</sub>O
  - 53,2 g de BeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O y 146,8 g de H<sub>2</sub>O
  - 53,2 g de BeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O de y 200 g H<sub>2</sub>O
15. ¿Cuál será la concentración del ion cloruro que se obtiene al colocar 2 g de cloruro de plomo (II) en 100 mL de agua pura si el producto de solubilidad es  $K_{ps} = 10^{-9,8}$ ? *Masas atómicas (u): Cl: 35,45; Pb: 207,19*
- $1,4 \times 10^{-4}$  M
  - $2,2 \times 10^{-4}$  M
  - $3,4 \times 10^{-4}$  M
  - $6,8 \times 10^{-4}$  M

16. En un litro de disolución tenemos una mezcla homogénea de las siguientes sustancias ¿Cuál de ellas NO es una disolución reguladora?:
- 1 mol de  $\text{NH}_3$  y 0,5 moles de  $\text{KOH}$
  - 1 mol de  $\text{NH}_3$  y 0,5 moles de  $\text{HCl}$
  - 1 mol de  $\text{NH}_3$  y 0,5 moles de  $\text{NH}_4\text{Cl}$
  - 1 mol de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y 0,5 moles de  $\text{KOH}$
17. Considera la siguiente reacción química en equilibrio:  $2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   
Este equilibrio puede desplazarse hacia la derecha por:
- eliminación de  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  de la mezcla
  - adición de más  $\text{O}_2(\text{g})$  a la mezcla
  - adición de  $\text{Ne}(\text{g})$  a la mezcla
  - aumento del volumen de la mezcla
18. Para la serie de compuestos: bromuro de magnesio, bromuro de aluminio, bromuro de silicio y bromuro de fósforo el carácter iónico de los enlaces entre el bromo y el otro elemento disminuye según la secuencia:
- $\text{MgBr}_2 > \text{AlBr}_3 > \text{SiBr}_4 > \text{PBr}_3$
  - $\text{AlBr}_3 > \text{SiBr}_4 > \text{PBr}_3 > \text{MgBr}_2$
  - $\text{MgBr}_2 > \text{SiBr}_4 > \text{PBr}_3 > \text{AlBr}_3$
  - $\text{AlBr}_3 > \text{MgBr}_2 > \text{SiBr}_4 > \text{PBr}_3$
19. En las mismas condiciones de presión y temperatura, 600 mL de cloro gas se mezclan con 200 mL de vapor de yodo y reaccionan completamente y originándose 400 mL de nuevo gas sin variar ni la presión ni la temperatura. ¿Cuál es la fórmula molecular de dicho gas?
- $\text{ICl}$
  - $\text{I}_3\text{Cl}$
  - $\text{I}_5\text{Cl}_2$
  - $\text{ICl}_3$
20. Cuando se añade a un sistema químico en equilibrio un catalizador positivo:
- Aumenta únicamente la velocidad de la reacción directa.
  - Aumentan por igual las velocidades de las reacciones directa e inversa.
  - Disminuye el calor de reacción,  $\Delta H$ .
  - Se hace más negativo el valor de  $\Delta G$  y, por tanto, la reacción es más espontánea.
21. La sustancia gaseosa A se descompone en otras dos sustancias gaseosas B y C según el equilibrio:  $\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g})$ .  $K_c = 0,25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Se mezclan B y C en un matraz de 10 L de capacidad y se deja que reaccionen hasta que se alcance el equilibrio, en esas condiciones la mezcla gaseosa contiene igual número de moles de A, B y C. ¿Cuántos moles hay en el matraz?
- 0,75
  - 2,00
  - 2,50
  - 7,50
22. ¿Cuál de las siguientes reacciones representa la entalpía estándar de formación del propano medido a  $25^\circ\text{C}$  y 1 atm?
- $3 \text{C}(\text{s}) + 4 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$
  - $3 \text{C}(\text{g}) + 4 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$
  - $3 \text{C}(\text{s}) + 8 \text{H}(\text{g}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$
  - $\text{C}_3\text{H}_6(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$
23. Teniendo en cuenta que el elemento Ne precede al Na en la tabla periódica:
- El número de electrones de ion  $\text{Na}^+$  es igual al del Ne
  - El número atómico de los iones  $\text{Na}^+$  es igual al del Ne.
  - Los iones  $\text{Na}^+$  y los átomos de Ne son isótopos.
  - Un ion  $\text{Na}^+$  tiene un electrón menos que el átomo de Ne.

24. Para la siguiente reacción:  $\frac{1}{2} \text{N}_2(\text{g}) + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{NO}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ ,  $\Delta H = 374 \text{ kJ}$ . ¿Qué condiciones favorecen la conversión máxima de reactivos a productos?
- Alta temperatura y baja presión
  - Baja temperatura y baja presión
  - Alta temperatura y alta presión
  - Baja temperatura y alta presión.
25. En 0,75 L de una disolución de KOH de  $\text{pH} = 10$ , la masa en gramos de magnesio que se puede disolver es:  $K_{\text{ps}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 3,4 \times 10^{-11}$ . Masa atómica del magnesio: 24,32 u
- $10^{-4}$
  - $3,4 \times 10^{-3}$
  - 0,062
  - 0,62
26. Dadas las siguientes configuraciones electrónicas de átomos neutros:  
 X:  $1s^2 2s^2 2p^6$       Y:  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^1$
- La configuración de Y corresponde a un átomo de sodio.
  - Para pasar de X a Y se consume energía.
  - La configuración de Y representa a un átomo del tercer periodo.
  - La energía para arrancar un electrón es igual en X que en Y.
27. Al elevar la temperatura a la que se realiza una reacción química:
- Aumenta la velocidad de la reacción, tanto si la reacción es exotérmica como endotérmica.
  - Aumenta la velocidad de la reacción si ésta es endotérmica, pero disminuye si es exotérmica.
  - Disminuye la energía de activación.
  - Aumenta la velocidad media de las partículas y, con ella, la energía de activación.
28. Considera los dos equilibrios siguientes en los que interviene  $\text{SO}_2$  (g) y sus constantes de equilibrio correspondientes.  
 [1]  $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{g}); K_1$       [2]  $2 \text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}); K_2$   
 ¿Cuál de las siguientes expresiones relaciona correctamente  $K_1$  con  $K_2$ ?
- $1/K_2 = K_1$
  - $K_2 = 1/K_1$
  - $K_2 = 1 / K_1^2$
  - $K_2 = K_1$
29. Cuando calentamos una disolución acuosa de un gas muy soluble en el agua, se observa el desprendimiento de burbujas de gas, por lo que el proceso de disolución de un gas en agua es::
- Endotérmico
  - Exotérmico
  - La energía libre es positiva
  - La energía libre es negativa
30. Si se mezclan 200 mL de una disolución de nitrato de plomo (II) 0,2 M con otros 200 mL, de una disolución de sulfato de sodio 0,3 M, se forman como productos sulfato de plomo (II) insoluble y otro producto soluble, el nitrato de sodio. La concentración de sulfato de sodio que sobra es:
- 0,02 M
  - 0,05 M
  - 0,2 M
  - Nada, están en las proporciones estequiométricas adecuadas

# XXV OLIMPIADA DE QUÍMICA ASTURIAS – 2011

## PROBLEMA 1

Se calienta el cloruro de nitrosilo (NOCl) puro, en un recipiente de 1L, a 240 °C, descomponiéndose parcialmente en monóxido de nitrógeno y cloro gaseoso:



La presión ejercida por el cloruro de nitrosilo, a esta temperatura, antes de producirse su descomposición era de 0,88 atm y la presión total de la mezcla en el equilibrio es de 1,00 atm. Calcular:

- Las presiones parciales del monóxido de nitrógeno y del cloro en el equilibrio. **(1 punto)**
- El valor de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  a esta temperatura. **(1 punto)**

## PROBLEMA 2

Queremos preparar una disolución de ácido clorhídrico 0,10 M a partir de una disolución de un ácido clorhídrico comercial contenido en un frasco en cuya etiqueta se lee que la densidad es aproximadamente 1,19 g/mL y de una riqueza aproximada del 37 % en masa.

- Hallar la cantidad necesaria del ácido comercial para preparar 500 mL de la disolución 0,1 M. **(0,4 puntos)**

Al ser los datos recogido en la etiqueta del frasco de ácido clorhídrico aproximados, queremos asegurarnos de que la concentración es correcta para lo que tomamos 0,150 g de carbonato de sodio anhidro, lo disolvemos en agua y lo valoramos con la disolución ácida. En el punto final de la valoración se han consumido 25,9 mL de la disolución de ácido clorhídrico 0,1 M.

- Describir con detalle el procedimiento experimental para realizar la valoración. **(0,6 puntos)**
- ¿Qué error se ha cometido al preparar la disolución ácida 0,1 M? **(0,7 puntos)**

A la hora de realizar la valoración se ha dudado en la elección del indicador entre la fenolftaleína que vira de incoloro a rojo en el intervalo de pH de 8 a 10 o el verde de bromocresol que vira del amarillo a azul en el intervalo de pH de 4 a 6.

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

Datos: Masas atómicas ( $u$ ): H: 1,01; C: 12,01; O: 16,00; Na: 22,99; Cl: 35,45

## PROBLEMA 3

El amoníaco es una sustancia muy importante en la sociedad actual al ser imprescindible en la obtención de tintes, plásticos, fertilizantes, ácido nítrico, productos de limpieza, como gas criogénico, explosivos y fibras sintéticas entre otros productos. Su síntesis fue realizada por F. Haber en 1908, mientras que K. Bosh desarrolló la planta industrial necesaria para ello en 1913.

El proceso que tiene lugar es un equilibrio en fase gaseosa:  $\frac{1}{2} \text{N}_2 (\text{g}) + \frac{3}{2} \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{g})$

Algunos datos termodinámicos de las especies implicadas se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

Sustancia	$\Delta H^0_{\text{formación}}$ (kJ·mol <sup>-1</sup> )	$S^0$ (J·mol <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )
H <sub>2</sub> (g)	0	+ 131
N <sub>2</sub> (g)	0	+ 192
NH <sub>3</sub> (g)	- 46	+ 193

F. Haber obtuvo el premio Nóbel de Química del año 1918 por su descubrimiento y, en el discurso de recepción del premio, dio los siguientes datos referentes al equilibrio citado más arriba:

**Tabla 2**

t(°C)	Kp	Kc	Fracción molar de NH <sub>3</sub> en el equilibrio			
			1 atm	30 atm	100 atm	200 atm
200	0,66	26	0,15	0,68	0,81	0,86
400	0,014	0,76	$4,4 \times 10^{-3}$	0,11	0,25	0,36
600	$1,5 \times 10^{-3}$	0,11	$4,9 \times 10^{-4}$	0,014	0,045	0,083
800	$3,6 \times 10^{-4}$	0,032	$1,2 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-3}$	0,012	0,022
1000	$1,4 \times 10^{-4}$	0,014	$4,4 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-3}$	$4,4 \times 10^{-3}$	$8,7 \times 10^{-3}$

El proceso tiene lugar introduciendo nitrógeno e hidrógeno (obtenidos previamente) en proporción estequiométrica en el reactor en unas condiciones de 450 °C y entre 200 y 700 atm de presión, usando un catalizador. En las condiciones indicadas la conversión en un solo paso (ver tabla 2) es muy baja por lo que los gases que salen del reactor se enfrían condensando y eliminando el amoniaco formado y reintroduciendo el nitrógeno e hidrógeno no combinados de nuevo en el reactor.

Las condiciones de presión y temperatura vienen fijadas por criterios no sólo termodinámicos sino también cinéticos; el catalizador es hierro preparado especialmente de modo que tenga una gran superficie.

- A partir de los datos termodinámicos de la tabla 1 y suponiendo, en primera aproximación, que las magnitudes termodinámicas no varían con la temperatura, determinar el intervalo de temperaturas en el que el proceso directo de formación del amoniaco será espontáneo. **(0,3 puntos)**
- Representar y etiquetar el diagrama energético del proceso tanto si ocurriese en fase gaseosa y ausencia del catalizador como en presencia del mismo comentando las diferencias entre ambos casos. **(0,3 puntos)**
- Justificar, con detalle, la variación observada de los valores de la fracción molar de amoniaco en el equilibrio (tabla 2), en función de la temperatura y presión. **(0,5 puntos)**
- Justificar la influencia que tiene el catalizador y la eliminación del amoniaco formado sobre el rendimiento en la producción de amoniaco **(0,3 puntos)**
- En una experiencia de laboratorio se introdujeron un mol de nitrógeno y tres moles de hidrógeno en un recipiente de 0,58 L de capacidad a una temperatura de 300 °C y 200 atm de presión. Analizada la muestra en el equilibrio, se encontró que la fracción molar de amoniaco es 0,628. ¿Cuál es el valor de la constante de equilibrio en esas condiciones? **(0,6 puntos)**