

## OPCIÓN A

**PROBLEMA 1.- El cinc reacciona con el ácido sulfúrico para dar sulfato de cinc e hidrógeno según la reacción ajustada:  $Zn(s) + H_2SO_4(ac) \rightarrow ZnSO_4(ac) + H_2(g)$ . Calcula:**

- La cantidad de sulfato de cinc obtenida a partir de 10 g de Zn y 100 mL de ácido sulfúrico 2 M.**
- El volumen de hidrógeno desprendido, a 25 °C y 1 atm, cuando reaccionan 20 g de cinc con ácido sulfúrico en exceso.**

Solución:

a) La estequiometría de la ecuación indica que 1 mol de átomos de Zn produce 1 mol  $ZnSO_4$ .

Los moles de Zn que reaccionan son:  $10 \text{ g Zn} \cdot \frac{1 \text{ mol Zn}}{65,4 \text{ g Zn}} = 0,153 \text{ moles}$ .

Los moles de  $H_2SO_4$  son:  $n = M \cdot V = 2 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,1 \text{ L} = 0,2 \text{ moles}$ .

El reactivo limitante es el Zn, luego, se forman 0,153 moles de sulfato de cinc, a los que corresponden una masa:  $0,153 \text{ moles} \cdot \frac{61,4 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 226,8 \text{ g}$ .

b) Los moles de cinc que reaccionan son:  $20 \text{ g Zn} \cdot \frac{1 \text{ mol Zn}}{65,4 \text{ g Zn}} = 0,306 \text{ moles}$ .

Al producir un mol de cinc un mol de hidrógeno, los 0,306 moles de cinc producen 0,306 moles de hidrógeno, que llevados a la ecuación de estado de los gases ideales, despejando el volumen y sustituyendo los valores en las condiciones expuestas y operando se obtiene:

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,306 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 7,48 \text{ L}$$

**Resultado: a) 226,8 g; b) 7,48 L.**

**CUESTIÓN 2.- a) Explica razonadamente la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:**

- A igual molaridad, mientras más débil es un ácido menor es el pH de sus disoluciones.**
- A un ácido fuerte le corresponde una base conjugada débil.**
- No existen disoluciones diluidas de un ácido fuerte.**

b) **La fenolftaleína es un indicador ácido-base que cambia de incoloro a rosa en el intervalo de pH 8 (incoloro) a pH 9,5 (rosa). Razona qué color presentará el indicador en las siguientes disoluciones:**

- Una disolución de HCl  $10^{-3}$  M.**
- Una disolución de NaOH  $10^{-3}$  M.**

Solución:

a) 1) Falsa. El valor del pH depende de la concentración de los iones oxonios ( $H_3O^+$ ), y esta se debe a la fuerza de los ácidos, es decir, mientras más fuerte es un ácido, mayor es la extensión de la ionización, mayor la concentración de iones oxonios y, en consecuencia, menor el valor del pH. Luego, mientras más débil es un ácido, mayor es el valor de su pH.

2) Verdadera. Si un ácido es fuerte, su anión correspondiente es una base conjugada débil.

En efecto, de la relación entre la constante ácida del ácido y básica de su base conjugada, se comprueba lo expuesto:  $K_a \cdot K_b = K_w (10^{-14})$ . Luego, si el ácido es fuerte el valor de su  $K_a$  es elevado y, por consiguiente, el de  $K_b$  es bajo, lo que indica que la base conjugada es débil.

3) Falsa. La dilución de un ácido no depende de su fortaleza, sino de la cantidad de ácido disuelto en un volumen dado de agua destilada. Luego, mientras menor sea la cantidad de ácido (fuerte o débil) disuelto en un volumen dado de agua, más diluida es la disolución.

b) 1) El HCl es muy fuerte y en disolución su concentración es la de los iones oxonios,  $[H_3O^+] = 0,001 \text{ M}$ , correspondiéndole un  $pH = 3$  y un color incoloro de la fenolftaleína.

2) Para la disolución de NaOH, base fuerte totalmente ionizada, su concentración es también la de los iones hidróxidos,  $[OH^-] = 0,001 \text{ M}$ , siendo su  $pOH = 3$  y el  $pH = 11$ , siendo el color de la fenolftaleína rosa.

**PROBLEMA 2.-** A 1000 K se produce el siguiente equilibrio:  $I_2(g) \rightleftharpoons 2 I(g)$ . Sabiendo que cuando la concentración inicial de yodo es 0,02 M, su grado de disociación es 2,14 %, calcula:

- a) El valor de  $K_c$  a esa temperatura.  
 c) El grado de disociación del yodo, cuando su concentración inicial es  $5 \cdot 10^{-4}$  M.

Solución:

a) Las concentraciones al inicio y en el equilibrio son:

	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 I(g)$
Concentración inicial:	0,02		0
Concentración en el equilibrio:	$0,02 \cdot (1 - 0,0214)$		$0,02 \cdot 2 \cdot 0,0214$
	0,0196		0,000856

Llevando estas concentraciones a la constante de equilibrio y operando se obtiene el valor:

$$K_c = \frac{[I]^2}{[I_2]} = \frac{0,000856}{0,0196} = 3,74 \cdot 10^{-5}$$

b) Las concentraciones al inicio y en el equilibrio, para la concentración propuesta, son:

	$I_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 I(g)$
Concentración inicial:	0,0005		0
Concentración en el equilibrio:	$0,0005 \cdot (1 - \alpha)$		$0,0005 \cdot 2 \cdot \alpha$

Llevando estas concentraciones a la constante de equilibrio  $K_c$  y operando, despreciando  $\alpha$  frente a 1 en el denominador, se obtiene el valor del grado de disociación:

$$3,74 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,0005 \cdot 2 \cdot \alpha)^2}{0,0005 \cdot (1 - \alpha)} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{3,74 \cdot 10^{-5}}{0,002}} = 0,137 = 13,7 \%$$

**Resultado: a)  $3,74 \cdot 10^{-5}$ ; b) 0,137 = 13,7 %.**

### OPCIÓN B

**CUESTIÓN 1.-** Los números atómicos de los elementos A, B y C son, respectivamente, 20, 27 y 34.

- a) Escribe la configuración electrónica de cada elemento.  
 b) Indica razonadamente qué elemento es el más electronegativo y cuál el de mayor radio.  
 c) Indica razonadamente cuál o cuáles de los elementos son metales y cuál o cuáles no metales.

Solución:

a) La configuración electrónica de los elementos es:

A (Z = 20):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ ; B (Z = 27):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$ ;  
 C (Z = 34):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$ .

b) La electronegatividad de un elemento es la facultad de sus átomos para atraer hacia sí los electrones del enlace covalente que lo une a otro átomo de otro elemento. Esta facultad crece al avanzar de izquierda a derecha en un período y subir en un grupo.

El radio atómico es una propiedad periódica que disminuye al avanzar en un período de izquierda a derecha. Ello se debe a que al aumentar la carga nuclear y situarse el electrón diferenciador (electrón demás que tiene un átomo respecto al anterior en el período) en el mismo nivel energético, aumenta la fuerza atractiva núcleo-electrón diferenciador, lo que provoca una contracción de su volumen y, por ello, una disminución del radio atómico. Luego, al pertenecer los tres elementos al mismo período, el 4º, el más electronegativo es el situado más a la derecha en el período el C, y el de mayor radio atómico el situado más a la izquierda en el período, el A.

c) En la tabla periódica se sitúan los metales en la parte izquierda y central, y los no metales, los que llenan los orbitales atómicos np, a la derecha, por lo que los metales son los elementos A y B, y el no metal es el C.

**PROBLEMA 1.-** Una disolución acuosa 0,1 M de un ácido HA, posee una concentración de protones de  $0,03 \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}$ . Calcula:

- a) El valor de la constante  $K_a$  del ácido y el pH de esa disolución.  
 b) La concentración del ácido en la disolución para que el pH sea 2,0.

Solución:

a) El equilibrio de ionización del ácido en disolución es:  $HA(ac) + H_2O \rightleftharpoons A^-(ac) + H_3O^+(ac)$  y al ser la concentración de iones oxonios en el equilibrio  $0,03 \text{ moles} \cdot L^{-1}$  es también la concentración de los iones  $A^-$ , siendo la de ácido  $0,07 \text{ moles} \cdot L^{-1}$ , es decir,

	$HA(ac) + H_2O \rightleftharpoons A^-(ac) + H_3O^+(ac)$		
Concentración inicial:	0,1	0	0
Concentración en el equilibrio:	0,07	0,03	0,03

Llevando estos valores a la constante de equilibrio  $K_c$  y operando sale el valor:

$$K_c = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[HA]} = \frac{0,03^2}{0,07} = 0,0129.$$

b) Si el pH de la disolución ha de ser 2, la concentración de iones oxonios y  $A^-$  ha de ser 0,02, luego, la concentración de las distintas especies al inicio y en el equilibrio, siendo  $C_0$  la inicial del ácido, es:

	$HA(ac) + H_2O \rightleftharpoons A^-(ac) + H_3O^+(ac)$		
Concentración inicial:	$C_0$	0	0
Concentración en el equilibrio:	$C_0 - 0,02$	0,02	0,02

Llevando estas concentraciones a la constante de equilibrio  $K_c$ , despejando la concentración y

operando, se obtiene el valor:  $C_0 = \frac{0,02^2 + 0,0129 \cdot 0,02}{0,0129} = 0,05 \text{ M}.$

**Resultado: a) 0,0129; b) 0,051 M.**

**PROBLEMA 2.-** En un recipiente de 20 L a 25 ° C se encuentran en equilibrio 2,14 moles de tetraóxido de dinitrógeno y 0,50 moles de dióxido de nitrógeno, según el equilibrio:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g).$

- a) Calcula  $K_c$  y  $K_p$  a esa temperatura.  
 b) Calcula la concentración de dióxido de nitrógeno cuando se restablezca el equilibrio si se introducen en el recipiente a temperatura constante otros 2,0 moles de tetraóxido de dinitrógeno.

**DATOS:**  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1}.$

Solución:

a) La concentración en el equilibrio de cada una de las especies es:

$$[N_2O_4] = 2,14/20 = 0,11 \text{ M}; \quad [NO_2] = 0,5/20 = 0,025 \text{ M}.$$

Llevando estas concentraciones a la constante de equilibrio  $K_c$  y operando:

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{0,025^2}{0,11} = 0,0057.$$

De la relación entre las constantes de equilibrio se tiene:  $K_p = K_c \cdot (R \cdot T)^{\Delta n}$ , y como  $\Delta n = 2 - 1 = 1$ , la constante  $K_p$  vale:  $K_p = 0,0057 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 298 \text{ K} = 0,139.$

b) Al introducir en el equilibrio 2,0 moles de  $N_2O_4$ , parte se descompone para producir más  $NO_2$ , luego, llamando "x" a la cantidad que se descompone, los moles al inicio y en el nuevo equilibrio son:

	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g).$	
Moles al inicio:	4,14	0,50
Moles en el equilibrio:	$4,14 - x$	$0,50 + x$

La concentración de cada especie en el equilibrio es:

$$[N_2O_4] = \frac{4,14 - x}{20} \text{ M}; \quad [NO_2] = \frac{0,5 + x}{20} \text{ M}, \text{ que llevadas a la constante de equilibrio, preparando}$$

la ecuación de segundo grado que aparece y resolviéndola, se tiene para x el valor:

$$K_c = 0,0057 = \frac{(0,5+x)^2}{\frac{20^2}{4,14-x}} \Rightarrow x^2 + 0,886 \cdot x - 0,22 = 0, \text{ que produce dos soluciones, una}$$

sin sentido por ser negativa, y la otra real de valor 0,20. Luego, los moles de dióxido de nitrógeno en el equilibrio son  $0,50 + 0,20 = 0,70$  moles, y su concentración:  $[\text{NO}_2] = \frac{0,7}{20} = 0,035 \text{ M}$ .

**Resultado: a)  $K_c = 0,0057$ ;  $K_p = 0,139$ ; b)  $0,035 \text{ M}$ .**