

OPCIÓN A

PROBLEMA 1.- a) Para el proceso $I_2(g) \rightleftharpoons 2 I(g)$, la constante de equilibrio K_c a 1000 K vale $3,76 \cdot 10^{-5}$. Si se inyecta 1 mol de I_2 en un recipiente de 2 L que ya contenía $5 \cdot 10^{-3}$ moles de I, calcula:

- Las concentraciones de I_2 y I en el equilibrio a esa temperatura.
- Explica razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si se añade una cantidad adicional de I_2 .
- Explica razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si disminuye el volumen del sistema hasta 1 L.

Solución:

a) Los moles iniciales y en el equilibrio de cada especie, siendo “x” los moles de I_2 que se disocian, son:



Y sus concentraciones: $[I_2] = \frac{\text{moles}}{\text{litros}} = \frac{1-x}{2}$ M; $[I] = \frac{0,005+2 \cdot x}{2}$ M, que sustituidas en la constante de

$$\text{equilibrio } K_c: K_c = \frac{[I]^2}{[I_2]} \Rightarrow 3,76 \cdot 10^{-5} = \frac{\frac{(0,005+2 \cdot x)^2}{4}}{\frac{1-x}{2}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot x^2 + 0,02 \cdot x}{2 \cdot (1-x)}, \text{ y despreciando } x$$

en el denominador por su pequeñez frente a 1, sale la ecuación de segundo grado: $4 \cdot x^2 + 0,02 \cdot x - 5,02 \cdot 10^{-5} = 0$, que resuelta da para x el valor: $x = 0,00184$.

Las concentraciones de las especies en el equilibrio son:

$$[I_2] = \frac{\text{moles}}{\text{litros}} = \frac{1-0,00184}{2} = 0,499 \text{ M}; \quad [I] = \frac{0,005+2 \cdot 0,00184}{2} = 0,00434 \text{ M}.$$

b) Al adicionar cierta cantidad de I_2 al equilibrio, se incrementa su concentración y ello hace que se incremente su disociación, por lo que, se produce un desplazamiento del equilibrio hacia la derecha para producir más cantidad de átomos de yodo.

c) Al disminuir el volumen del reactor hasta la mitad se incrementa la presión al doble, lo que hace que el sistema, para contrarrestar la alteración externa producida, evolucione en el sentido en el que se produce una disminución en el número de moles, es decir, el equilibrio se desplaza hacia la formación de yodo molecular, hacia la izquierda.

Resultado: a) $[I_2] = 0,499 \text{ M}$; $[I] = 0,00434 \text{ M}$; b) Derecha; c) Izquierda.

PROBLEMA 2.- a) La constante de disociación ácida para el ácido hipocloroso, K_a , tiene un valor de $3 \cdot 10^{-8}$. Si se añaden 32 g de ácido hipocloroso en la cantidad de agua necesaria para obtener 500 mL de disolución, calcula:

- El grado de disociación.
 - El pH de la disolución resultante.
- b) Las disoluciones acuosas de cloruro de potasio, bromuro de amonio y acetato de litio presentan un diferente comportamiento ácido-base. Ordénalas según su valor creciente de pH y justifícalo de manera razonada.

DATOS: $A_r(H) = 1 \text{ u}$; $A_r(O) = 16 \text{ u}$; $A_r(Cl) = 35,5 \text{ u}$.

Solución:

b) La concentración molar de los iones Ca^{2+} es: $0,020 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{40 \text{ g}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.

Despejando la concentración de fluoruro de la expresión del producto de solubilidad de su sal poco soluble, sustituyendo valores y operando sale el valor:

$$[\text{F}^-] = \sqrt{\frac{K_{ps}}{[\text{Ca}^{2+}]}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-10}}{5 \cdot 10^{-4}}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ siendo la masa de NaF que hay que añadir:}$$

$$m(\text{NaF}) = 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot \text{moles} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 42 \text{ gr} \cdot \text{mol}^{-1} = 189 \text{ gr} \cdot \text{L}^{-1}.$$

c) En incrementar la concentración del ion común de la sal poco soluble, la de iones fluoruro, y ello provoca el desplazamiento del equilibrio iónico hacia la formación del compuesto poco soluble, el CaF_2 .

Resultado: a) $S = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ M}$; b) 189 g NaF.

OPCIÓN B

CUESTIÓN 1.- Dados los elementos de números atómicos $Z = 12$, $Z = 17$ y $Z = 18$:

a) Escribe su configuración electrónica e indica en qué período y grupo de la tabla periódica se encuentra cada uno de ellos.

b) Indica los números cuánticos de todos los electrones del nivel $n = 3$ para el elemento $Z = 17$.

c) Indica de manera razonada qué ion es el más estable para cada uno de estos elementos

d) Escribe y justifica de manera razonada los elementos del enunciado en orden creciente de su primer potencial de ionización.

Solución:

a) Las configuraciones electrónicas son:

$$Z = 12 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2; \quad Z = 17 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5; \quad Z = 18 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6.$$

El elemento de $Z = 12$ se encuentra en el período 3º, grupo 2, el de $Z = 17$ pertenece al período 3º, grupo 17; el de $Z = 18$ aparece en el período 3, grupo 18.

b) Los números cuánticos que se piden son:

$$(3, 0, 0, -\frac{1}{2}), (3, 0, 0, +\frac{1}{2}), (3, 1, -1, -\frac{1}{2}), (3, 1, 0, -\frac{1}{2}), (3, 1, 1, -\frac{1}{2}), (3, 1, -1, +\frac{1}{2}),$$

$$(3, 1, 0, +\frac{1}{2}).$$

c) El ión más estable es el que aparece con configuración electrónica estable del gas noble más próximo. Para el elemento de $Z = 12$, magnesio, Mg, es el que se obtiene arrancándole dos electrones, Mg^{2+} , con lo que consigue la configuración electrónica del gas noble neón, Ne, $1s^2 2s^2 2p^6$.

Para el elemento de $Z = 17$, cloro, Cl, el ión más estable es el que se obtiene proporcionándole un electrón, Cl^- , pues así consigue la configuración electrónica del gas noble argón, Ar, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

El elemento de $Z = 18$, gas noble argón, Ar, no forma ión por ser su configuración electrónica muy estable.

d) Esta propiedad periódica aumenta al avanzar en un período de izquierda a derecha, debido a que en ese sentido aumenta la carga nuclear y los electrones se van situando en el mismo nivel energético, aumentando, por tanto, la fuerza atractiva núcleo-electrón, y en consecuencia la energía de ionización.

De lo expuesto se deduce que el orden creciente de la primera energía de ionización es:

$$E. I. (\text{Mg}) < E. I. (\text{Cl}) < E. I. (\text{Ar}).$$

PROBLEMA 1.- Se prepara en el laboratorio una disolución de ácido acético de concentración $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ M}$.

a) Calcula el grado de ionización del ácido en esta disolución.

b) Calcula el pH de la disolución.

c) Calcula el volumen de una disolución de hidróxido sódico 0,1 M necesario para neutralizar 20 mL de la disolución de ácido acético.

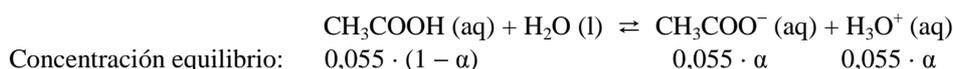
d) Justifica de manera razonada si el pH resultante tras la neutralización del apartado anterior será ácido, básico o neutro.

DATOS: K_a (ácido acético) = $1,86 \cdot 10^{-5}$.

Solución:

a) La ecuación de ionización del ácido es: $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$.

Siendo α al grado de ionización del ácido acético, la concentración de las distintas especies en el equilibrio es:



Sustituyendo estas concentraciones en la constante de acidez del ácido:

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{0,055^2 \cdot \alpha^2}{0,055 \cdot (1 - \alpha)}, \text{ y despreciando } \alpha \text{ en el denominador, sale}$$

$$\text{para } \alpha \text{ el valor: } \alpha = \sqrt{\frac{1,86 \cdot 10^{-5}}{0,055}} = 1,84 \cdot 10^{-2} = 1,84 \%$$

b) La concentración de iones H_3O^+ es $0,055 \text{ M} \cdot 1,84 \cdot 10^{-2} = 1,012 \cdot 10^{-3} \text{ M}$, por lo que, aplicando la definición de pH: $pH = -\log [H_3O^+] = -\log 1,012 \cdot 10^{-3} = 3 - \log 1,012 = 3 - 0,99 = 2,01$.

c) La reacción de neutralización es: $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$, en la que la estequiometría indica que un mol de ácido reacciona con un mol de base, por lo que, los moles de ácido a neutralizar, $n(CH_3COOH) = 0,055 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,020 \text{ L} = 0,0011 \text{ moles}$, que son también los moles que

han de estar contenidos en el volumen de disolución NaOH que se tome: $V = \frac{0,0011 \text{ moles}}{0,1 \text{ moles} \cdot L^{-1}} = 0,011 \text{ L} =$

11,0 mL.

d) La hidrólisis del anión acetato hace que la disolución tenga carácter básico, es decir, que su pH sea superior a 7. En efecto, la ecuación de hidrólisis es:

$CH_3COO^-(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COOH(aq) + OH^-(aq)$, y el incremento de concentración de iones hidróxidos es el responsable del carácter básico de la disolución.

Resultado: a) $\alpha = 1,84 \%$; b) $pH = 2,01$; c) $V = 11,0 \text{ mL}$; d) Básico.

PROBLEMA 2.- Cuando se introduce un fragmento de plata en un recipiente con ácido nítrico se produce una reacción en la que se forma nitrato de plata, monóxido de nitrógeno y agua.

a) Ajusta las ecuaciones iónica y molecular por el método del ion-electrón.

b) ¿Qué volumen de monóxido de nitrógeno gas, medido a 20 °C y 750 mm Hg, se formarán por reacción de 26,95 g de plata con ácido nítrico?

c) ¿Qué volumen de disolución de ácido nítrico 0,1 M se necesitaría para que se produzca la reacción del anterior apartado?

DATOS: $A_r(\text{Ag}) = 107,8 \text{ u}$; $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Solución:

a) La reacción molecular que se produce es: $Ag + HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO + H_2O$.

Las semirreacciones de oxido-reducción que tienen lugar son:

Semirreacción de oxidación: $Ag - e^- \rightarrow Ag^+$;

Semirreacción de reducción: $NO_3^- + 4 H^+ + 3 e^- \rightarrow NO + 2 H_2O$

Se multiplica la semirreacción de oxidación por 3 para igualar los electrones y se suman para eliminarlos, obteniéndose la reacción iónica ajustada:

$$3 Ag - 3 e^- \rightarrow 3 Ag^+;$$

$$NO_3^- + 4 H^+ + 3 e^- \rightarrow NO + 2 H_2O$$

$$3 Ag + NO_3^- + 4 H^+ \rightarrow 3 Ag^+ + NO + 2 H_2O.$$

Y llevando estos coeficientes a la ecuación molecular, queda ésta ajustada:



b) La estequiometría de la reacción indica que 3 moles de Ag producen un mol de NO; luego, conociendo los moles de plata: $n(\text{Ag}) = \frac{26,95 \text{ g}}{108 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,25$ moles, por lo que los moles de NO que se

forman son $\frac{0,25}{3} = 0,083$ moles, que llevados a la ecuación de estado de los gases ideales despejando el volumen, sustituyendo las demás variables por sus valores y operando, se obtiene el valor del volumen:

$$V = \frac{0,083 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{\frac{750}{760} \text{ atm}} = 2,02 \text{ L}.$$

c) Como 3 moles de plata reaccionan con 4 moles de ácido nítrico, los 0,25 moles reaccionarán con $\frac{0,25 \cdot 4}{3} = 0,333$ moles de HNO_3 , los cuales se encuentran contenidos en el volumen de disolución:

$$V = \frac{\text{moles}}{\text{masa molar}} = \frac{0,333 \text{ moles}}{0,1 \text{ moles} \cdot L^{-1}} = 3,33 \text{ L}.$$

Resultado: b) V (NO) = 2,02 L; c) V (HNO₃) = 3,33 L.