

OPCIÓN A

CUESTIÓN 2.- Para los siguientes grupos de números cuánticos:

$$(4, 2, 0, \frac{1}{2}), (3, 3, 2 - \frac{1}{2}), (2, 0, 1, \frac{1}{2}), (2, 0, 0, -\frac{1}{2}).$$

- Indica cuáles son posibles y cuáles no para un electrón en un átomo.**
- Para las combinaciones correctas, indica el orbital en el que se encuentra el electrón.**
- Ordena razonadamente los orbitales del apartado anterior en orden creciente de energía.**

Solución:

Los valores que los distintos números cuánticos pueden tomar son:

$$n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots; \quad l = 0, 1, 2, 3, 4, \dots; \quad m = -l, \dots, 0, \dots, +l; \quad s = \pm \frac{1}{2}.$$

a) En el primer grupo de números cuánticos, los valores coinciden con los que puede tomar un electrón en un átomo, luego es posible.

Nunca puede ocurrir que el valor del número cuántico l coincida con el valor del número cuántico n , y esto es lo que ocurre en el segundo grupo, y ello lo hace imposible.

En el tercer grupo de números cuánticos, ocurre algo parecido a lo anterior, es decir, el número cuántico magnético nunca puede tomar un valor superior al del número cuántico orbital o del momento angular l , esto lo hace imposible.

En el cuarto grupo de números cuánticos, los valores de cada uno de ellos se ajustan a los que puede tomar un electrón en un átomo, lo que pone de manifiesto que es posible.

b) El primer grupo de números cuánticos, posible, al ser el número cuántico $l = 2$, indica que el electrón se sitúa en el orbital 4d.

El segundo grupo de números cuánticos, posible, donde el valor del número cuántico $l = 0$, pone de manifiesto que el electrón se sitúa en el orbital 2s.

c) Para átomos polielectrónicos, la energía de cada electrón depende del tamaño del orbital que ocupa, del número cuántico principal n (crece la distancia de separación del núcleo), y de la forma del orbital, número cuántico l indica la penetrabilidad del orbital o acercamiento máximo al núcleo.

Luego, el orden de penetrabilidad de los orbitales para el mismo número cuántico principal n de los orbitales es: $s > p > d > f$, mientras que de forma general, ese orden es: $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 3d < \dots$, por lo que el orden creciente de energía de los orbitales del apartado anterior es: $2s < 4d$.

CUESTIÓN 3.- Uno de los métodos utilizados industrialmente para la obtención de dihidrógeno consiste en hacer pasar una corriente de vapor de agua sobre carbón al rojo, según la reacción:



Explica cómo afectan los siguientes cambios al rendimiento de producción de H_2 .

- La adición de carbono sólido.**
- El aumento de temperatura.**
- La reducción del volumen del recipiente.**

Solución:

a) La adición de carbono sólido no afecta al rendimiento de producción del H_2 debido a que al ser el proceso un equilibrio heterogéneo, el sólido no forma parte de la expresión de la constante de equilibrio y, por ello, no lo modifica su adición y no afecta al rendimiento de producción del H_2 .

b) Al elevar la temperatura, suministrar calor al sistema, el equilibrio evoluciona en el sentido en el que se produce absorción de calor, es decir, hacia el sentido endotérmico de la reacción. Por tratarse de una reacción endotérmica, un aumento de la temperatura desplaza el equilibrio hacia la derecha, hacia la formación de los productos de reacción, por lo que afecta, positivamente, al rendimiento de producción de hidrógeno.

c) Un aumento de la presión provoca una disminución del volumen del reactor, por lo que, debido a la disminución de capacidad producido, el equilibrio se desplaza en el sentido en el que aparece una disminución del número de moles, es decir, en el sentido en el que se forma menor cantidad de

materia gaseosa, hacia la izquierda, disminuyendo la producción de hidrógeno, y por tanto, influyendo negativamente en el rendimiento de producción de hidrógeno.

PROBLEMA 1.- a) Calcula la concentración de una disolución de ácido benzóico (C_6H_5COOH) de $pH = 2,3$.

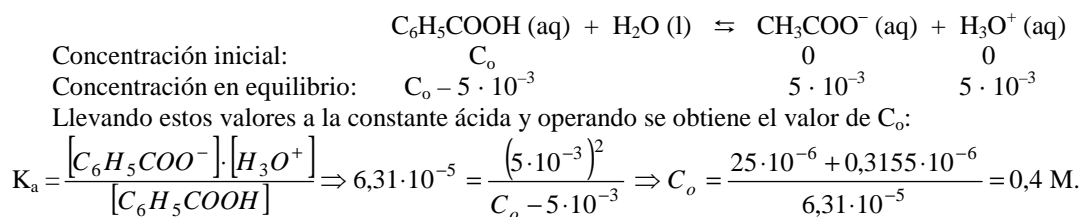
b) Determina la masa necesaria de $Ba(OH)_2$ para neutralizar 25 mL de una disolución de comercial de ácido nítrico (HNO_3) del 58 % de riqueza y densidad $1,356 g \cdot mL^{-1}$.

DATOS: $K_a(C_6H_5COOH) = 6,31 \cdot 10^{-5}$; $A_r(Ba) = 137 u$; $A_r(O) = 16 u$; $A_r(H) = 1 u$; $A_r(N) = 14 u$.

Solución:

a) La concentración de iones oxonios es: $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,3} = 10^{0,7} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} M$.

Llamando C_o a la concentración inicial del ácido, la concentración de las distintas especies en el equilibrio es:



b) 1 L de la disolución de partida de ácido nítrico tiene una concentración molar:

$$1,356 \frac{g \text{ disolución}}{mL \text{ disolución}} \cdot \frac{1000 mL \text{ disolución}}{L \text{ disolución}} \cdot \frac{58 g NH_3}{100 g \text{ disolución}} \cdot \frac{1 mol HNO_3}{63 g HNO_3} = 12,48 M$$

Los moles de ácido HNO_3 que se encuentran disueltos en los 25 mL de disolución son:

$$n(HNO_3) = M \cdot V = 12,48 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,025 L = 0,31 \text{ moles.}$$

La reacción de neutralización es: $Ba(OH)_2 + 2 HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + H_2O$, en la que se aprecia que un mol de base reacciona con dos moles de ácido, luego, los moles de base que se consumen serán la mitad de los de ácido, es decir, 0,155 moles, a los que corresponden la masa:

$$0,155 \text{ moles} \cdot \frac{171 g}{1 mol} = 26,5 g \text{ de } Ba(OH)_2.$$

Resultado: a) $C_o = 0,4 M$; b) 26,5 g.

PROBLEMA 2.- El $PbCO_3$ es una sal poco soluble en agua con K_{ps} de $1,5 \cdot 10^{-15}$. Calcula, basándote en las reacciones correspondientes:

a) La solubilidad de la sal.

b) Si se mezclan 150 mL de una disolución de $Pb(NO_3)_2$ de concentración 0,04 M con 50 mL de una disolución de Na_2CO_3 de concentración 0,01 M, razona si precipitará el $PbCO_3$.

Solución:

a) El equilibrio de ionización de la sal es: $PbCO_3 \rightleftharpoons Pb^{2+} + CO_3^{2-}$.

De la estequiometría del equilibrio de solubilidad se deduce que, si la solubilidad de la sal en disolución es S moles $\cdot L^{-1}$, la solubilidad de los iones Pb^{2+} y CO_3^{2-} es también S .

Del producto de solubilidad: $K_{ps} = [Ba^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}] = S \cdot S = S^2$, sustituyendo las variables conocidas por sus valores, despejando S y operando se tiene su valor:

$$1,5 \cdot 10^{-15} = S^2 \Rightarrow S = \sqrt{1,5 \cdot 10^{-15}} = 3,87 \cdot 10^{-8} \text{ moles} \cdot L^{-1}.$$

b) Las sales que se van a mezclar se encuentran totalmente disueltas en sus disoluciones.

Para conocer las concentraciones de los distintos iones en la disolución que se forma al mezclar ambas disoluciones, se determinan sus moles en las disoluciones iniciales, se dividen por el volumen total de la nueva disolución y se halla el producto iónico, Q , que se compara con el producto de solubilidad dado; si Q es menor o igual que K_{ps} no se producirá precipitación y si es mayor sí.

$$\text{Moles de } Pb(NO_3)_2: n = M \cdot V = 0,04 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,150 L = 0,006 \text{ moles de } Pb^{2+}.$$

$$\text{Moles de } Na_2CO_3: n' = M' \cdot V' = 0,01 \text{ moles} \cdot L^{-1} \cdot 0,050 L = 0,0005 \text{ moles de } CO_3^{2-}.$$

La concentración de los iones CO_3^{2-} y Pb^{2+} en la nueva disolución es:

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{0,0005 \text{ moles}}{0,200 \text{ L}} = 0,0025 \text{ M}; \quad [\text{Pb}^{2+}] = \frac{0,006 \text{ moles}}{0,200 \text{ L}} = 0,03 \text{ M}.$$

Sustituyendo las concentraciones en la expresión del producto iónico del $\text{Pb}(\text{CO}_3)_2$ y operando:
 $Q = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 0,0025 \text{ M} \cdot 0,03 \text{ M} = 7,5 \cdot 10^{-5}$ que es mucho mayor que K_{ps} , lo que pone de manifiesto que se produce precipitación.

Resultado: a) $S = 3,87 \cdot 10^{-8} \text{ moles} \cdot \text{L}^{-1}$; b) Hay precipitación.

OPCIÓN B

CUESTIÓN 3.- Razona si son ciertas o falsas las siguientes afirmaciones:

- a) En disolución acuosa, cuanto más fuerte es una base, más fuerte es su ácido conjugado.**
- b) En una disolución acuosa de una base, el pOH es menor que 7.**
- c) El ión H_2PO_4^- , es una sustancia anfótera en disolución acuosa, según la teoría de Brönsted-Lowry.**

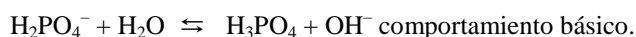
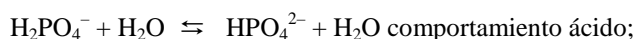
Solución:

a) Falsa. Para cualquier, ácido o base, su base o ácido conjugado tiene un carácter opuesto al de la especie de partida. Es decir, que si un ácido es fuerte, su base conjugada es débil, mientras que si dicho ácido es débil, su base conjugada es fuerte. Lo mismo ocurre con las bases.

Esto se comprueba a partir de las constantes de acidez y basicidad de las sustancias. Ambas constantes se encuentran relacionadas en la expresión: $K_a \cdot K_b = K_w$, en la que K_w es el producto iónico del agua. Luego, si un ácido es muy fuerte, se encuentra totalmente ionizado, el valor de su constante de acidez, K_a , es muy elevado, por lo que el valor de la constante de basicidad (base conjugada del ácido), K_b , es muy bajo y, por ello, es una base débil. Del mismo modo, si el ácido es débil, se encuentra parcialmente ionizado siendo bajo el valor de su constante de acidez, K_a , por lo que el valor de la constante de basicidad de su base conjugada, ha de ser elevado, lo que significa que la misma es fuerte.

b) Verdadera. En una disolución ácida o básica se cumple siempre que la suma de pH más pOH es igual a catorce: $\text{pH} + \text{pOH} = 14$; luego, si una disolución básica tiene un pH superior a siete, es obvio que su pOH ha de ser menor que siete.

c) Verdadera. El anión H_2PO_4^- en disolución acuosa puede actuar como ácido cediendo uno de los protones que le quedan y formar el anión HPO_4^{2-} , o actuar como base aceptando un protón y formar el ácido H_3PO_4 , es decir:



Ello confirma el comportamiento anfótero del anión.

CUESTIÓN 4.- Dados los compuestos: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHOH} - \text{CH}_3$; $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ y $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$.

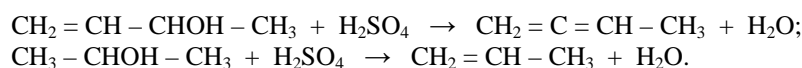
- a) Cuál o cuáles presentan un carbono quiral.**
- b) Cuáles son isómeros entre sí.**
- c) Cuáles darían un alqueno en una reacción de eliminación.**

Solución:

a) De los compuestos orgánicos propuestos, sólo el $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ presenta un carbono quiral, carbono con cuatro sustituyentes distintos, el carbono con el grupo alcohol, el carbono 2.

b) Los compuestos $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ y $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$ son isómeros de función, tienen distinto grupo funcional, uno el grupo alcohol y el otro el grupo cetona. Responden a la misma fórmula molecular, $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.

c) De los compuestos propuestos, los alcoholes son los únicos que por deshidratación, reacción de eliminación, darían un alqueno. Sus reacciones son:



PROBLEMA 1.- En un recipiente de 2 L se introducen 0,043 moles NOCl (g) y 0,01 moles de Cl₂ (g). Se cierra, se calienta a una temperatura de 30 °C y se deja que alcance el equilibrio:

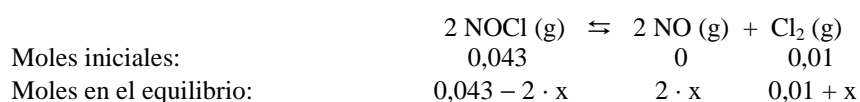
2 NOCl (g) ⇌ 2 NO (g) + Cl₂ (g). Calcula:

a) El valor de K_c sabiendo que en el equilibrio se encuentran 0,031 moles de NOCl.

b) La presión total y las presiones parciales de cada gas en el equilibrio.

Solución:

a) Suponiendo que son “x” los moles que reaccionan, los moles de cada sustancia al inicio y en el equilibrio son:



Al encontrarse en el equilibrio 0,031 moles de NOCl, resulta para “x” el valor: 0,043 - 2 · x = 0,031 de

donde $x = \frac{0,043 - 0,031}{2} = 0,006$ moles, siendo la concentración de cada especie en el equilibrio:

$$[\text{NOCl}] = \frac{0,031 \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,0155 \text{ M}; \quad [\text{NO}] = \frac{2 \cdot 0,006 \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,006 \text{ M}; \quad [\text{Cl}_2] = \frac{0,016 \text{ moles}}{2 \text{ L}} = 0,008 \text{ M}.$$

Llevando estos valores a la constante de equilibrio K_c y operando se tiene su valor:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 \cdot [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2} = \frac{0,006^2 \text{ M}^2 \cdot 0,008 \text{ M}}{0,0155^2 \text{ M}^2} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ M}.$$

b) Aplicando la ley general de los gases ideales a los moles totales y parciales, despejando en cada caso la presión, sustituyendo valores y operando se obtiene el valor de las presiones total y parcial de los gases del sistema.

$$P_t = \frac{n_t \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,059 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{2 \text{ L}} = 0,733 \text{ atm};$$

$$P_{\text{NOCl}} = \frac{n_{\text{NOCl}} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,031 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{2 \text{ L}} = 0,385 \text{ atm};$$

$$P_{\text{NO}} = \frac{n_{\text{NO}} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,012 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{2 \text{ L}} = 0,149 \text{ atm};$$

$$P_{\text{cloro}} = \frac{n_{\text{cloro}} \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0,016 \text{ moles} \cdot 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 303 \text{ K}}{2 \text{ L}} = 0,199 \text{ atm};$$

Resultado: a) K_c = 1,2 · 10⁻³ M; b) P_t = 0,73 atm; P_{NOCl} = 0,385 atm; P_{NO} = 0,15 atm; P_{Cl₂} = 0,2 atm.

PROBLEMA 2.- El bromuro de potasio reacciona con ácido sulfúrico concentrado según la reacción: **KBr + H₂SO₄ → Br₂ + K₂SO₄ + SO₂ + H₂O.**

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

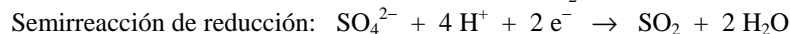
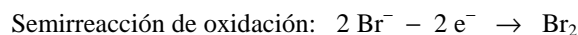
b) ¿Qué volumen de bromo líquido (densidad 2,92 g · mL⁻¹) se obtendrá al tratar 130 g de bromuro de potasio (KBr) con ácido sulfúrico en exceso?

DATOS: A_r(K) = 39 u; A_r(Br) 80 u.

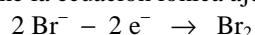
Solución:

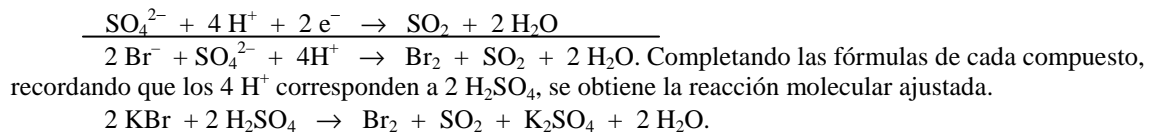
a) La ecuación molecular es: **KBr + H₂SO₄ → Br₂ + SO₂ + K₂SO₄ + H₂O.**

Las semirreacciones de oxidación-reducción son:



Como en ambas semirreacciones se ponen en juego el mismo número de electrones, sumándolas se obtiene la ecuación iónica ajustada.





b) Como por cada 2 moles de bromuro de sodio se obtiene 1 mol de bromo molecular, la masa que se obtiene es: $130 \text{ g KBr} \cdot \frac{1 \text{ mol KBr}}{119 \text{ g KBr}} \cdot \frac{1 \text{ mol Br}_2}{2 \text{ moles KBr}} \cdot \frac{160 \text{ g Br}_2}{1 \text{ mol Br}_2} = 87,4 \text{ g de Br}_2$, cuyo volumen:

$$V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}} = \frac{87,4 \text{ g}}{2,92 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 29,93 \text{ mL}$$

Resultado: b) V = 29,93 mL.