

# PRUEBAS EBAU QUÍMICA

Juan P. Campillo Nicolás

5 de julio de 2022

[www.yoquieroaprobar.es](http://www.yoquieroaprobar.es)

## 1. EL ÁTOMO. ENLACE QUÍMICO.

1. a) Escriba la configuración electrónica en su estado fundamental para los elementos de número atómico 11, 15, 47 y 54 y ubíquelos en el sistema periódico. b) Justifique cuál de los cuatro elementos del apartado anterior tiene el mayor valor de energía de ionización y explique la diferencia con respecto a la afinidad electrónica de los elementos 11 y 15.

**Respuesta:**

- a) las respectivas configuraciones electrónicas son:



- b) El elemento 54 (Xe) es el de mayor energía de ionización, al tratarse de una gas noble. la afinidad electrónica será mayor en el elemento 15 (P) que en el 11 (Na), debido a que dicha propiedad aumenta en un periodo de izquierda a derecha.
2. a) Explique la estructura tridimensional de la molécula de agua mediante la teoría de la hibridación.)  
 b) Justifique por qué los puntos de fusión y ebullición del agua son mucho más elevados que los que posee el sulfuro de dihidrógeno. Datos: números atómicos azufre = 16, oxígeno = 8, hidrógeno = 1.

**Respuesta:**

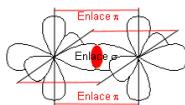
a) La configuración electrónica del átomo de oxígeno es:  $1s^2 2s^2 2p^4$ . Los cuatro orbitales de la capa de valencia se combinan para dar lugar a la formación de **4 orbitales híbridos  $sp^3$** . Dos de ellos se encuentran ocupados por pares de electrones no enlazantes. Debido a ello, la forma tetraédrica de la molécula que correspondería a este tipo de hibridación pasa a convertirse en una **estructura angular**, con un ángulo H - O - H de unos **104°**.

b) Los puntos de fusión y ebullición del agua son mucho más elevados que los del sulfuro de hidrógeno debido a la formación, en la molécula de agua, de **enlaces por puente de hidrógeno**, que no se forman en la molécula de sulfuro de hidrógeno, debido a la menor electronegatividad del azufre con respecto al oxígeno.

3. a) Explique mediante la Teoría del Enlace de Valencia (TEV) la molécula de nitrógeno. b) Comente brevemente las propiedades que tendrá la sustancia nitrógeno basándose en las fuerzas intermoleculares y justifique por qué sus puntos de fusión y ebullición son menores que los de la sustancia cloruro de hidrógeno. Datos: números atómicos H = 1, N = 7, Cl = 17.

**Respuesta:**

a) La configuración electrónica del N es:  $1s^2 2s^2 2p^3$ , con lo que posee tres electrones desapareados. Entre dos átomos de nitrógeno se formará un enlace  $\sigma$  por superposición de un orbital p de cada átomo, y dos enlaces  $\pi$ , por la superposición de los otros dos pares de orbitales p. La representación de los enlaces es la siguiente: b) la molécula es muy estable, debido a la formación de un triple enlace entre



los dos átomos de nitrógeno. Las fuerzas intermoleculares son escasas (fuerzas de London), debidas a la interacción entre dipolos temporales. Debido a ello, sus puntos de fusión y ebullición son muy inferiores a los de la molécula de HCl, donde se dan fuerzas de atracción entre dipolos permanentes.

4. Indique la configuración electrónica en su estado fundamental para los elementos rubidio, hierro y cloro. Señale para cada uno su grupo y periodo. Indique los cuatro números cuánticos del último electrón, electrón diferenciador, del rubidio. Datos: números atómicos Rb 37, Fe 26, Cl 17.

**Respuesta:**

Las respectivas configuraciones electrónicas son:



Los números cuánticos correspondientes al electrón diferenciador del Rb son:  $n = 5$ ,  $l = 0$ ,  $m = 0$  y  $s = +1/2$  (o  $s = -1/2$ )

5. La configuración electrónica en su estado fundamental del elemento X es  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  y la del elemento Y es  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ . a) Ubique los elementos X e Y en el sistema periódico indicando el periodo y grupo en el que se encuentran y señale su nombre y símbolo. b) Defina el concepto de electronegatividad. Justifique cómo varía la electronegatividad en el sistema periódico y compare el valor de la electronegatividad en estos dos elementos X e Y.

**Respuesta:**

- a) Las respectivas ubicaciones en la tabla periódica son las siguientes:

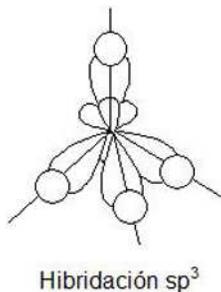


b) La electronegatividad es la tendencia de un elemento a atraer hacia sí los electrones compartidos con otro en un enlace. La electronegatividad aumenta en un periodo de izquierda a derecha, y en un grupo, de abajo hacia arriba. El Kriptón es un gas noble, poseyendo una configuración estable con ocho electrones en su último nivel, por lo que no posee tendencia a formar enlaces con otros átomos y, por tanto, a atraer hacia sí electrones compartidos. Por tanto, el elemento X es el de mayor electronegatividad.

6. a) Explique la hibridación del átomo de carbono en la molécula de metano. Realice un dibujo de la molécula con sus orbitales. b) Razone sobre la polaridad que presentaría la molécula de metano y explique las fuerzas intermoleculares que se darán entre sus moléculas. Datos: números atómicos carbono = 6, hidrógeno = 1.

**Respuesta:**

a) El átomo de carbono, con una configuración electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^2$  presenta una hibridación  $sp^3$  en la molécula de metano. Se forman cuatro orbitales híbridos equivalentes, dando lugar a una molécula tetraédrica, con ángulos de enlace de  $109^\circ$ , aproximadamente. La representación gráfica podría ser la siguiente:



- b) Los cuatro enlaces C - H presentan el mismo momento dipolar, por lo que la suma de todos estos

vectores es nula, siendo por tanto **apolar** la molécula de metano. Al tratarse de una molécula apolar y no poder darse enlaces por puente de hidrógeno, debido a la relativamente baja electronegatividad del carbono, las fuerzas intermoleculares son fuerzas de London, entre dipolos temporales.

7. i) Justifique, basándose en la teoría de la hibridación y en la teoría de repulsión de los pares electrónicos de la capa de valencia (TRPECV), por qué en la molécula de agua el ángulo de enlace H-O-H es igual a  $104,5^\circ$ . ii) Explique la polaridad del enlace H-O y la polaridad de la molécula de agua. iii) Indique razonadamente por qué el agua tiene mayor punto de fusión y ebullición que el sulfuro de hidrógeno. Datos: Oxígeno  $Z = 8$ , hidrógeno  $Z = 1$ , azufre  $Z = 16$ .

**Respuesta:**

i) La estructura de Lewis del  $H_2O$  implica la existencia de dos pares de electrones no enlazantes sobre el átomo de oxígeno. Para que las repulsiones sean mínimas, la forma de la molécula debe ser angular. La teoría de la hibridación supone la formación de cuatro orbitales híbridos  $sp^3$ , dos de ellos enlazados con sendos orbitales  $1s$  del H, y los otros dos ocupados por dos electrones del oxígeno cada uno de ellos. La forma tetraédrica de la molécula quedaría así distorsionada, de forma que el ángulo de enlace H - O, aproximadamente  $109^\circ$  en la molécula tetraédrica, se hace menor que este valor.

ii) Dado que el oxígeno es un elemento más electronegativo que el hidrógeno, el enlace H - O será **polar**. Puesto que la molécula de  $H_2O$  tiene forma angular, dicha molécula será también **polar**.

iii) En el agua, el hidrógeno está unido a un elemento muy electronegativo y de pequeño tamaño, lo que dará lugar a la formación de enlaces por **puente de hidrógeno**, lo que no tiene lugar en el  $H_2S$  al ser mayor el tamaño del S que el del O. La existencia de enlaces por puente de hidrógeno hace que los puntos de fusión y de ebullición del agua aumenten con respecto a los del sulfuro de hidrógeno.

8. Responda brevemente y justificando cada respuesta: i) ¿Por qué el magnesio ( $Z = 12$ ) y el calcio ( $Z = 20$ ) tienen propiedades químicas similares? ii) Defina energía de ionización e indique cuál de los dos elementos anteriores presentará mayor valor. iii) Defina afinidad electrónica e indique cómo será para estos dos elementos. iv) Compare el carácter reductor de ambos elementos.

**Respuesta:**

i) Ambos se encuentran situados en el mismo grupo, poseyendo, por tanto, el mismo número de electrones en su último nivel.

ii) La energía de ionización es la energía que debe suministrarse a un átomo para hacerle perder un electrón. Esta propiedad disminuye al bajar a lo largo de un grupo, por lo que el **calcio** tendrá una menor energía de ionización.

iii) La afinidad electrónica es la energía que desprende un átomo gaseoso en su estado fundamental captar un electrón. Al igual que la energía de ionización, disminuye al bajar en un grupo de la tabla periódica, por lo que el **calcio** tendrá menor afinidad electrónica.

iv) El carácter reductor de un elemento es tanto menor cuanto más bajo se encuentre en un grupo, por lo que es, nuevamente, el **calcio** el elemento de mayor carácter reductor.

9. Para las siguientes sustancias: cloruro de sodio, agua, oxígeno y cobre. i) Indique, basándose en el tipo de enlace y fuerzas intermoleculares presentes en cada una de ellas, su estado de agregación a temperatura ambiente y ordénelas de mayor a menor punto de fusión. ii) Justifique la conductividad eléctrica de cada una de estas sustancias. Datos: números atómicos H 1, O 8, Na 11, Cl 17, Cu 29.

**Respuesta:**

i) El cloruro de sodio es un compuesto iónico, siendo muy intensas las fuerzas de atracción electrostática entre los iones del mismo signo. El agua es un compuesto covalente polar, en el que se forman enlaces por puente de hidrógeno. El oxígeno es un compuesto covalente apolar, donde sólo existen fuerzas de dispersión entre sus moléculas. Por último, el cobre es un compuesto con enlace metálico. Atendiendo

a estas características, el orden decreciente de puntos de fusión sería: **NaCl > Cu > H<sub>2</sub>O > O<sub>2</sub>**.

ii) El NaCl sólo será conductor cuando se encuentre fundido o en disolución. El agua no es buen conductor, debido a la baja concentración de iones OH<sup>-</sup> y H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. El oxígeno es un mal conductor de la electricidad.

10. i) Dados los siguientes grupos de valores de números cuánticos: (3, 2, -2, +1/2); (4, 0, 1, +1/2); (2, 2, -1, -1/2); (2, -1, 0, 0) y (2, 1, 1, +1/2); indique, justificadamente, cuáles son posibles y cuales no para un electrón en un átomo y, de aquellos que sean posibles, señale el subnivel energético en el que se encuentra ese electrón. ii) Relacione los valores de los números cuánticos con el concepto de orbital, e indique los números cuánticos que describen el orbital 4s, los de un orbital tipo 4p y dibújelos.

**Respuesta:**

i) **Son posibles la primera y quinta combinaciones** de números cuánticos. En la segunda, el número cuántico *m* es mayor que el número cuántico *l*. En la tercera, los valores de *n* y *l* son iguales. En la cuarta, *l* es negativo.

ii) El número cuántico *l* determina el tipo de orbital. Los números cuánticos que describen el orbital 4s son *n* = 4; *l* = 0, mientras que para el orbital 4p, los números cuánticos son: *n* = 4; *l* = 1. Una representación de los orbitales s y p puede ser la siguiente:



11. i) Explique los conceptos de órbita y orbital atómico y señale claramente su diferencia. ii) Justifique qué tipo de fuerzas hay que vencer para fundir bromuro de potasio. iii) Explique la solubilidad en agua y la conductividad eléctrica del bromuro de potasio sólido. Datos: Números atómicos (Z): Bromo = 35, Potasio = 19.

**Respuesta:**

i) En el modelo atómico de Bohr, una órbita es la trayectoria circular o elíptica que describe el electrón alrededor del núcleo. No obstante, el Principio de Incertidumbre de Heisenberg establece la imposibilidad de conocer simultáneamente y con precisión la posición y el momento lineal de un electrón, por lo que el concepto de órbita deja de tener validez, siendo sustituido por el de orbital atómico, que puede definirse como una región del espacio donde la probabilidad de encontrar el electrón es máxima. De esta forma, la posición espacial del electrón deja de estar definida en un orbital a diferencia de lo que sucede para una órbita electrónica.

ii) El bromuro de potasio es un compuesto iónico, por lo que su estructura es la de una red cristalina formada por iones positivos y negativos. Las fuerzas en este tipo de enlace son las electrostáticas, debidas a la Ley de Coulomb, cuya intensidad es muy elevada.

iii) Debido a la estabilidad de la estructura cristalina de este compuesto, mencionada en el apartado anterior, no será conductor de la corriente eléctrica en estado sólido. Por el contrario, en disolución o en estado de fusión es conductor de la corriente eléctrica. Respecto a la solubilidad en agua, la presencia de moléculas de ésta, de carácter dipolar, rodeando a cada uno de los iones, con la parte negativa del dipolo orientada hacia el ion K<sup>+</sup> y la positiva hacia el Br<sup>-</sup>, hace que las fuerzas de atracción electrostática entre los iones de distinto signo queden muy debilitadas, lo que favorece la disolución en agua del KBr.

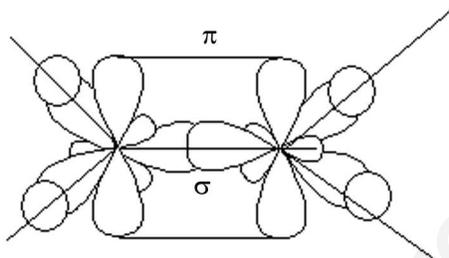
12. i) Utilizando el átomo de carbono, explique la hibridación sp<sup>2</sup>. ii) Utilice la molécula de eteno como ejemplo de esta hibridación y dibújela con sus orbitales correspondientes. Datos: Carbono Z = 6,

Hidrógeno  $Z = 1$ .

**Respuesta:**

i) Un orbital híbrido  $sp^2$  se obtiene como la combinación de un orbital  $s$  y dos orbitales  $p$ . En el átomo de carbono, cuya configuración electrónica es  $1s^2, 2s^2, 2p^2$  esta hibridación da lugar a tres orbitales híbridos  $sp^2$  con un electrón cada uno de ellos, quedando el electrón restante en un orbital de tipo  $p$ . Los orbitales híbridos se disponen en un plano formando ángulo de  $120^\circ$  entre cada dos de ellos, quedando el orbital restante  $p$  en un plano perpendicular al anterior.

ii) Una posible representación gráfica sería la siguiente: En esta representación puede apreciarse el



enlace  $\pi$  entre los dos orbitales  $p$  y el enlace  $\sigma$   $sp^2$ -  $sp^2$  entre los dos átomos de carbono y los  $\sigma$   $sp^2$ -  $s$  entre los dos átomos de carbono y los cuatro de hidrógeno.

13. i) Explique la hibridación del átomo de nitrógeno en la molécula de amoníaco. ii) Dibuje la molécula de amoníaco y justifique sus ángulos de enlace. iii) Justifique la polaridad de esta molécula e indique qué fuerzas intermoleculares se darán entre ellas. Datos: Números atómicos: Nitrógeno = 7. Hidrógeno = 1.

**Respuesta:**

i) A partir de la configuración electrónica del N:  $1s^2 2s^2 2p^3$  y del H:  $1s^1$ , vemos que se forman tres enlaces N-H, quedando un par de electrones sin compartir sobre el átomo de nitrógeno. La forma piramidal de la molécula de amoníaco es compatible con una hibridación de tipo  $sp^3$  en el átomo de nitrógeno.

i) La forma de la molécula de amoníaco es la siguiente:



Los ángulos teóricos de enlace para una hibridación  $sp^3$  deberían ser de  $109^\circ$ , aproximadamente. La repulsión del par de electrones no compartidos produce una pequeña disminución de éste ángulo, quedando aproximadamente en  $107^\circ$ .

14. Tenemos dos elementos X e Y. Sus números atómicos son 19 y 35 respectivamente, i) Escriba la configuración electrónica de ambos elementos. ii) Ubíquelos en el Sistema Periódico indicando periodo, grupo, nombre y símbolo de ambos elementos. iii) Escriba los cuatro números cuánticos del electrón diferenciador del elemento X explicando su decisión, iv) Justifique el tipo de iones que formarán esos elementos y qué enlace cabe esperar que se produzca entre ellos, escribiendo la fórmula del compuesto formado.



b) La energía reticular viene dada por:

$$U_r = \Delta H_f - \Delta H_{\text{sub}} - 1^{\text{a}} \text{ E.i.} - 2^{\text{a}} \text{ E.i.} - 1/2 \text{ E}_d - 1^{\text{a}} \text{ A.e.} - 2^{\text{a}} \text{ A.e.}$$

$$U_r = -605 - 146,1 - 737,7 - 1450,7 - \frac{1}{2} 494 - (-142) - (-879) = -2165,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

17. i) Determine la configuración electrónica fundamental de los elementos aluminio, cloro y potasio. ii) Defina afinidad electrónica e indique, razonadamente, cuál de estos elementos presentará mayor afinidad electrónica. iii) Ordene los elementos aluminio, cloro y potasio de mayor a menor radio atómico justificando su respuesta. Datos: Aluminio, Z 13; Cloro, Z 17; Potasio, Z 19.

**Respuesta:**

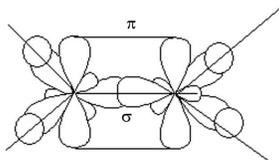
i) Las respectivas configuraciones son: **Al:**  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ; **Cl:**  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ; **K:**  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ .

b) La afinidad electrónica es la energía que se desprende cuando un átomo neutro capta un electrón para dar lugar a un ion negativo. El **cloro** será el elemento con mayor afinidad electrónica, dado que el ion  $\text{Cl}^-$  tiene una configuración estable de gas noble. c) El potasio es el elemento de mayor radio atómico, debido a que su electrón diferenciador se encuentra más alejado del núcleo. El aluminio tiene mayor radio que el cloro, debido a que posee menor número atómico que este último y ejerce una menor fuerza de atracción sobre los electrones más externos. El orden creciente de radios atómicos será: **K > Al > Cl**.

18. i) Describa la hibridación del átomo central de las moléculas citadas a continuación y represente su geometría:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$  y  $\text{C}_2\text{H}_4$ . ii) Justifique si alguna de estas moléculas presenta momento dipolar y señale si en alguna de ellas hay enlaces de tipo  $\pi$ . Datos. Números atómicos: Hidrógeno, Z = 1 ; Carbono, Z = 6; Nitrógeno, Z = 7.

**Respuesta:**

i) El N presenta una hibridación  **$sp^3$** , los C del acetileno presenta una hibridación  **$sp$** , mientras los átomos de carbono del eteno presentan hibridación  **$sp^2$** . El  $\text{NH}_3$  presenta una forma de pirámide trigonal, la molécula de acetileno es lineal, mientras que la de eteno es plana, como podemos ver en la siguiente representación gráfica: //La molécula de  $\text{NH}_3$  **presenta polaridad**, pues la suma de los vectores



momento dipolar no es nula, dada la forma piramidal de la molécula. En la molécula de eteno existe **un enlace  $\pi$**  entre dos orbitales p, uno de cada átomo de C. En la molécula de acetileno existe **dos enlaces  $\pi$**  entre dos pares de electrones, cada uno de ellos de un átomo de carbono.

19. i) Escriba la configuración electrónica en su estado fundamental para los elementos de número atómico 17 y 53. ii) Justifique grupo y periodo del sistema periódico a los que pertenece cada uno de los elementos anteriores e indique su nombre y símbolo. iii) Defina afinidad electrónica y justifique, a partir de su posición en el sistema periódico, cuál de los dos elementos anteriores presentará una mayor afinidad electrónica. iv) Compare la electronegatividad de ambos elementos.

**Respuesta:**

i) Las respectivas configuraciones electrónicas son: (17):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ; (53)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^5$

ii) El primero de ellos se encuentra en el **periodo 3 y el grupo 17**, se trata del cloro (Cl). El segundo se encuentra en el **periodo 5 y grupo 17**. Se trata del **iodo (I)**.

iii) Se define la afinidad electrónica como la energía desprendida por un átomo en estado fundamental y gaseoso, cuando capta un electrón. Debido a que la carga nuclear efectiva se mantiene aproximadamente constante a lo largo de un grupo, mientras que el último nivel ocupado se hace mayor al bajar a lo largo de dicho grupo, el electrón captado será atraído más fuertemente por el átomo se se encuentre más arriba en el grupo, por lo que **el Cl presentará la mayor afinidad electrónica.**

iv) La electronegatividad de un elemento es función directa de su energía de ionización y su afinidad electrónica, que varían de la misma forma a lo largo de la tabla periódica, por lo que **la electronegatividad del cloro será superior a la del yodo.**

20. Para las moléculas de etino, amoníaco, eteno y agua. i) Justifique la hibridación de los átomos de carbono, nitrógeno y oxígeno. ii) Represente las moléculas de agua y amoníaco e indique su momento dipolar. Datos: H, Z= 1; C, Z= 6; N, Z= 7; O, Z= 8.

**Respuesta:**

i) En la molécula de etino (CH≡ CH), el C presenta una hibridación de tipo *sp*, dado que los tres enlaces C-C son equivalentes. En la molécula de NH<sub>3</sub>, existen tres enlaces equivalentes N-H y un par de electrones solitario sobre el átomo de Nitrógeno. Esto daría lugar a una hibridación de tipo *sp*<sup>3</sup> para el átomo de nitrógeno, aunque la forma de la molécula sea piramidal trigonal. En el agua, existen dos pares solitarios sobre el átomo de oxígeno. La hibridación sería, como en el caso anterior, de tipo *sp*<sup>3</sup>, y la forma de la molécula sería plana angular.

ii) La representación de ambas moléculas sería la siguiente: **Ambas moléculas son polares** debido,



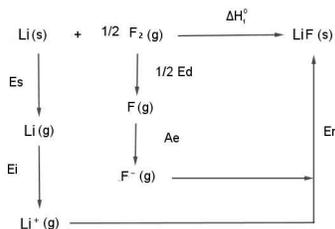
en el caso del NH<sub>3</sub> a la disposición de los tres vectores momento dipolar según las aristas de la pirámide, mientras que en caso del agua, la suma vectorial de los momentos dipolares no es nula debido al ángulo formado entre los dos enlaces.

21. i) Justifique el tipo de enlace que presenta el fluoruro de litio y las propiedades que de él se derivan. ii) Dibuje el ciclo de Born-Haber para el fluoruro de litio. iii) Calcule la energía de red para el fluoruro de litio. Datos: Números atómicos: Li, Z = 3; F, Z = 9; Datos termodinámicos: Fluoruro de litio,  $\Delta H_f^0$  -594,1 kJ/mol; Litio,  $\Delta H_{sublimación}^0$  = 155,2 kJ/mol, Energía de ionización = 520 kJ/mol; Flúor, afinidad electrónica = -328 kJ/mol,  $\Delta H_{disociación}^0$  = 143 kJ/mol.

**Respuesta:**

i) El fluoruro de litio es un compuesto **iónico**, dada la gran diferencia de electronegatividad entre los átomo que lo forman. Los compuestos iónicos son, en general, solubles en agua, no conductores de la electricidad en estado sólido, pero si disueltos en fundidos, y forman redes cristalinas con los iones correspondientes.

ii) El ciclo de Born-Haber es el siguiente:



iii) Según el ciclo de la imagen anterior, podemos escribir:

$$\Delta H_f^0 = \Delta H_{\text{subl.}}^0 + \text{E.i.} + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{dis}}^0 + \text{A.e.} + \Delta H_{\text{red}}^0$$

Despejando y sustituyendo valores, nos queda:

$$\Delta H_{\text{red}}^0 = -594,1 - 155,2 - 520 - \frac{1}{2} 143 + 328 = -1012,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

www.yoquieroaprobar.es

## 2. ESTEQUIOMETRÍA.

[www.yoquieroaprobar.es](http://www.yoquieroaprobar.es)

### 3. CINÉTICA DE REACCIONES.

1. Se ha determinado experimentalmente que para la reacción  $\text{CO (g)} + \text{NO}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{(g)} + \text{NO (g)}$  su ecuación de velocidad es  $v = k [\text{NO}_2]^2$  y el mecanismo propuesto en dos etapas es:



- i) Identifique cuál de las dos etapas será la más lenta explicando razonadamente su decisión. ii) Justifique cómo influye la temperatura en la velocidad de una reacción. iii) Prediga en qué proporción aumentará la velocidad de la reacción global cuando aumentemos al doble la concentración de  $\text{CO (g)}$ .

**Respuesta:**

- i) Puesto que la velocidad de la reacción viene determinada por la etapa lenta, ésta será la **etapa 1**.

- ii) A partir de la ecuación de Van't Hoff:

$$k = A e^{-(E_a/RT)}$$

Veremos que un aumento de temperatura produce **un aumento** en el valor de  $k$  y, por tanto, **en la velocidad** de la reacción.

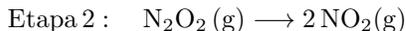
- iii) Puesto que la velocidad de la reacción es:  $v = k[\text{NO}_2]^2$ , una variación en la concentración de  $\text{CO}$  **no afectará a la velocidad**, por no depender ésta de  $[\text{CO}]$ .

2. Para la reacción en fase gaseosa:  $2 \text{HI (g)} \rightarrow \text{I}_2 \text{(g)} + \text{H}_2 \text{(g)}$  la ecuación de la velocidad es  $v = k [\text{HI}]^2$ . Indique, justificando su decisión, si afectan a la velocidad de la reacción las siguientes circunstancias y, en caso afirmativo, de qué manera: i) La presencia de un catalizador. ii) Una disminución del volumen del recipiente. iii) Un aumento de la concentración de  $\text{I}_2$  iv) Un aumento de la temperatura.

**Respuesta:**

- i) El catalizador **aumenta la velocidad de la reacción**, tanto de la reacción directa como de la inversa. ii) Al disminuir el volumen del recipiente, aumenta la concentración y, por tanto, **aumenta la velocidad**. iii) Un aumento en la concentración de  $\text{I}_2$  tiende a desplazar el equilibrio hacia la izquierda, es decir, hacia la formación de  $\text{HI}$ . **la velocidad aumentará**. iv) Al aumentar la temperatura, aumenta el número de choques eficaces, por lo que **aumenta la velocidad**.

3. Para la reacción:  $2 \text{NO (g)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2 \text{(g)}$  se ha determinado experimentalmente que su ecuación de velocidad es:  $v = k [\text{NO}]^2$ . El mecanismo propuesto es el siguiente:



- a) Justifique cuál de las dos etapas es la etapa lenta. Justifique cómo afectará a la velocidad de reacción duplicar la concentración de  $\text{NO}$ . ¿Y duplicar la concentración de  $\text{O}_2$ ? b) Explique brevemente el funcionamiento de un catalizador. ¿Influirá en la velocidad de reacción? ¿Y en la cantidad de producto obtenido?

**Respuesta:**

- a) La etapa lenta, determinante de la velocidad de reacción es la **1**, ya que en la etapa 2 no figura el compuesto  $\text{NO}$ , que aparece en la ecuación de velocidad. Duplicar la concentración de  $\text{NO}$  implica que la velocidad **aumentará al cuádruple**, mientras que duplicar la concentración de oxígeno **no tendrá efecto** en la velocidad de la reacción, al no figurar en la expresión correspondiente. b) La acción de un catalizador es disminuir la energía de activación de la reacción, con lo que **aumentará la velocidad** de ésta. **No influye** en la cantidad de producto obtenido.

4. Para la reacción  $2A + B \rightarrow C$  se determinaron, a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , una serie de velocidades iniciales de reacción que se muestran en la tabla. i) Indique el orden de reacción, escriba la ecuación de velocidad y calcule la constante cinética expresándola en sus unidades correspondientes. ii) Razone, de manera cualitativa, cuál será el efecto de aumentar la temperatura de reacción hasta los  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  manteniendo las mismas concentraciones iniciales.

$[A]_0/\text{M}$	$[B]_0/\text{M}$	$v_0/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
0,025	0,01	$2,6\cdot 10^{-3}$
0,025	0,05	$2,6\cdot 10^{-3}$
0,050	0,01	$5,2\cdot 10^{-3}$

**Respuesta:**

- i) La ecuación de velocidad se puede poner en la forma:

$$v = k[A]^{\alpha}[B]^{\beta}$$

Tomando los valores de los dos primeros experimentos, y dividiendo:

$$\frac{k \cdot 0,025^{\alpha} \cdot 0,01^{\beta}}{k \cdot 0,025^{\alpha} \cdot 0,05^{\beta}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-3}}{2,6 \cdot 10^{-3}} = 1 \quad 0,2^{\beta} = 1 \quad \beta = 0$$

Tomando el primero y el tercer experimento:

$$\frac{k \cdot 0,025^{\alpha} \cdot 0,01^{\beta}}{k \cdot 0,050^{\alpha} \cdot 0,01^{\beta}} = \frac{2,6 \cdot 10^{-3}}{5,2 \cdot 10^{-3}} = 1 \quad 0,5^{\alpha} = 0,5 \quad \alpha = 1$$

Para calcular la constante cinética, utilizamos los datos de uno cualquiera de los experimentos, por ejemplo, el segundo:

$$2,6 \cdot 10^{-3} = k \cdot 0,025 \quad k = 0,104\text{ s}^{-1}$$

La ecuación de velocidad quedará en la forma:

$$v = 0,104[A]$$

- ii) La constante de velocidad viene afectada por la temperatura, según la ecuación de Arrhenius:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

De forma que un aumento de temperatura aumentará el valor de  $k$ , **incrementando a su vez la velocidad de la reacción.**

#### 4. TERMOQUÍMICA.

[www.yoquieroaprobar.es](http://www.yoquieroaprobar.es)

## 5. EQUILIBRIO QUÍMICO.

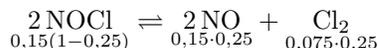
1. En un matraz de 2 L se introducen 9,85 g de cloruro de nitrosilo, NOCl, y se calienta a 350 °C. A dicha temperatura se establece el equilibrio:  $2 \text{NOCl (g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO (g)} + \text{Cl}_2 \text{(g)}$ . El porcentaje de disociación del NOCl es 25 %. a) Calcule las constantes  $K_c$  y  $K_p$  a la temperatura dada. b) Halle el valor de la presión total en el equilibrio. c) Indique cómo variaría el rendimiento de la reacción si se trabajara a una presión mayor. Datos Masas atómicas: N = 14, O = 16, Cl = 35,5.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

**Respuesta:**

- a) El número inicial de moles de NOCl es:

$$n_0 = \frac{9,85}{65,5} = 0,15$$

En el equilibrio podremos escribir:



Las constantes  $K_c$  y  $K_p$  tendrán los valores respectivos:

$$K_c = \frac{(0,15 \cdot 0,25/2)^2 \cdot 0,075 \cdot 0,25/2}{(0,15 \cdot 0,75/2)^2} = 1,04 \cdot 10^{-3}$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 1,04 \cdot 10^{-3} \cdot 0,082 \cdot 623 = 0,053$$

- b) La presión total en el equilibrio será:

$$P = \frac{(0,15 \cdot 0,75 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,075 \cdot 0,25)}{2} \cdot 0,082 \cdot 623 = 4,31 \text{ atm}$$

c) Según el Principio de Le Chatelier, al aumentar la presión, el equilibrio tiende a desplazarse hacia donde el número de moles gaseosos sea menor, es decir, el rendimiento **disminuye**.

2. Sabiendo que el producto de solubilidad del cloruro de plata en agua a 25 °C es  $1,7 \cdot 10^{-10} \text{ M}^2$ , a) Halle la solubilidad molar del cloruro de plata en agua. b) calcule si se formará o no precipitado al añadir 250 mL de una disolución  $10^{-5} \text{ M}$  de cloruro de sodio a 1 L de disolución de nitrato de plata  $0,0002 \text{ M}$ .

**Respuesta:**

- a) El producto de solubilidad es:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = s^2 \quad s = \sqrt{1,7 \cdot 10^{-10}} = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

- b) Las concentraciones de  $\text{Ag}^+$  y  $\text{Cl}^-$  al mezclar ambas disoluciones serán:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{0,0002 \cdot 1}{1 + 0,25} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ M} \quad [\text{Cl}^-] = \frac{0,25 \cdot 10^{-5}}{1 + 0,25} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

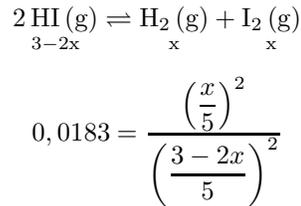
$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,6 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 10^{-10} > K_{ps}$$

Por tanto, **se produce precipitado**.

3. Para la reacción  $2 \text{HI (g)} \rightleftharpoons \text{H}_2 \text{(g)} + \text{I}_2 \text{(g)}$ , la constante de equilibrio  $K$ , vale 0,0183 a Ja temperatura de 700 K. Se introducen 3 moles de HI en un recipiente de 5 L que estaba vacío y se deja alcanzar el equilibrio a 700 K. a) Calcule la masa de b que se formará en el equilibrio. b) Halle el grado de disociación del HI a 700 K, c) Indique, justificándolo, si se desplazará el equilibrio al aumentar el volumen del recipiente manteniendo la misma temperatura. Datos Masas atómicas H = 1, I = 127.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio, podemos escribir lo siguiente:



Resolviendo la ecuación, obtenemos:  $x = 0,32$  moles. La masa de  $\text{I}_2$  será, por tanto:  $m = 0,32 \cdot 2 \cdot 127 = 81,28$  g de  $\text{I}_2$

b) El grado de disociación es:

$$\alpha = \frac{2x}{3} = \frac{0,64}{3} = 0,213$$

c) El equilibrio **no experimenta variación** al existir igual número de moles de sustancias gaseosas en ambos miembros de la reacción.

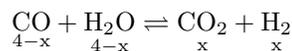
4. El amoníaco a nivel industrial se ha venido produciendo con la reacción:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta H = -92,2$  kJ. Explique cualitativamente como favorecería la producción de amoníaco variando parámetros tales como la concentración de los reactivos o del producto, presión del reactor y temperatura de reacción.

**Respuesta:**

- a) Para aumentar la producción de amoníaco, podemos: a) **Aumentar la concentración de los reactivos**. b) **Retirar amoníaco** según se vaya produciendo. c) **Aumentar la presión**, pues el equilibrio se desplaza hacia donde el número de moles de sustancias gaseosas sea menor. d) Al ser exotérmica la reacción, una **disminución de temperatura** tiende a aumentar la formación de amoníaco (si bien, la velocidad de la reacción se hará significativamente menor).
5. El monóxido de carbono reacciona con agua a alta temperatura según:  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ . Cuando en un matraz de 5 litros se introducen inicialmente 4 moles de CO, 4 moles de agua y se calienta el sistema hasta 1000 K se establece un equilibrio cuya constante vale:  $K_c = 1,44$ . Calcule: a) Concentración de todas las especies presentes en el equilibrio a dicha temperatura. b)  $K_p$  y la presión total de la mezcla en el equilibrio a 1000 K. Datos:  $R = 0,082$  atm L · mol<sup>-1</sup> · K<sup>-1</sup> K

**Respuesta:**

a) Cuando se alcance el equilibrio podremos escribir lo siguiente:



Aplicando la constante  $K_c$ :

$$1,44 = \frac{(x/5)^2}{(4-x)/5)^2} \quad x = 2,18 \text{ moles}$$

Así pues:  $[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = \frac{2,18}{5} = 0,436$  M y  $[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{4-2,18}{5} = 0,364$  M

b) La constante  $K_p$  tiene el valor:

$$K_p = K_c(\text{RT})^{\Delta n} = K_c(\text{RT})^0 = 1,44$$

Para calcular la presión total, aplicamos la ecuación de los gases:

$$P \cdot 5 = (4 - x + 4 - x + x + x) 0,082 \cdot 1000 \quad P = 131,2 \text{ atm}$$

6. El hidróxido de magnesio es poco soluble en agua. A 18 °C solo se disuelven 9 mg de este hidróxido en 1 litro de agua. a) Escriba la ecuación de solubilidad del hidróxido de magnesio en agua. b) Halle las concentraciones de los iones en la disolución saturada a 18 °C. c) Calcule el valor del producto de solubilidad para este hidróxido a la temperatura citada.. Datos: masas atómicas H 1,0; O 16,0; Mg 24,3.

**Respuesta:**

- a) La solubilidad del hidróxido de magnesio, expresada en mol/L es:

$$s = \frac{9 \cdot 10^{-3} / 58,3}{1} = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

La ecuación de solubilidad es la siguiente:



- b) En una disolución saturada a 18° C, las respectivas concentraciones son:

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,54 \cdot 10^{-4} \text{ M} \quad [\text{OH}^-] = 2 \cdot 1,54 \cdot 10^{-4} = 3,08 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

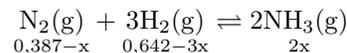
- c) El producto de solubilidad es:

$$K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 4s^3 = 4(1,54 \cdot 10^{-4})^3 = 1,46 \cdot 10^{-11}$$

7. En un matraz se introducen 0,387 moles de nitrógeno y 0,642 moles de hidrógeno, se calienta a 800 K y se establece el equilibrio:  $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$   $\Delta H = -107,2 \text{ kJ}$ , encontrándose que se han formado 0,010 moles de amoníaco y siendo entonces 11 atm la presión del recipiente. i) Calcule el valor de las constantes Kp y Kc, a la citada temperatura. ii) Indique cómo se modificará el rendimiento de la reacción si el equilibrio se establece a 1300 K. No olvide citar en qué principio o ley se basa su decisión.. Datos: R = 0.082 atm·L mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>

**Respuesta:**

- i) En el equilibrio podemos escribir:



Del equilibrio anterior y de los datos del enunciado se deduce que  $2x = 0,010$  moles, con lo que el número total de moles en el equilibrio será:  $n_{eq} = 0,387 + 0,642 - 0,010 = 1,039$  mol. Aplicando la ecuación de los gases:

$$11 \cdot V = 1,039 \cdot 0,082 \cdot 800 \quad V = 6,2 \text{ L}$$

Las constantes Kc y Kp serán, respectivamente:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,01}{6,2}\right)^2}{\left(\frac{0,382}{6,2}\right)\left(\frac{0,627}{6,2}\right)^3} = 0,041$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 0,041(0,082 \cdot 800)^{-2} = 9,53 \cdot 10^{-6}$$

- ii) Al aumentar la temperatura, en aplicación de la ecuación de Van't Hoff:

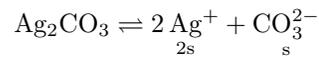
$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H^0}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Un aumento de temperatura producirá un aumento en el valor de K, por lo que **el equilibrio se desplazará hacia la formación de NH<sub>3</sub>.**

8. El carbonato de plata es una sal muy poco soluble en agua, siendo el valor de su producto de solubilidad  $8,46 \cdot 10^{-12}$  i) Escriba la ecuación química del equilibrio de solubilidad de esta sal y deduzca la expresión que relaciona el producto de solubilidad con la solubilidad molar. ii) Calcule el volumen de disolución saturada de esta sal que contendrá un gramo de plata disuelta. Datos: Masas atómicas: plata = 107,9.

**Respuesta:**

i) La ecuación del equilibrio de disociación es:



la constante  $K_{ps}$  será:  $K_{ps} = [\text{Ag}]^{+2}[\text{CO}_3^{2-}] = (2s)^2s = 4s^3$

ii) A partir del dato de la constante del producto de solubilidad:

$$8,46 \cdot 10^{-12} = 4s^3 \quad s = 4,86 \cdot 10^{-5} \text{M}$$

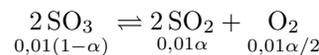
El número de moles correspondientes a 1 g de plata será:  $n = \frac{1}{107,9} = 9,27 \cdot 10^{-3}$ . El volumen de disolución saturada que contenga esta cantidad de plata se deduce de:

$$4,86 \cdot 10^{-5} = \frac{9,27 \cdot 10^{-3}}{V} \quad V = 190,7 \text{ L}$$

9. En un recipiente de 2 L se introducen 1,6 g de  $\text{SO}_3$ . Se calienta a  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  y, cuando se alcanza el equilibrio  $2 \text{SO}_3 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$ , la presión total del sistema es 1,28 atm: . i) Calcule el grado de disociación del  $\text{SO}_3$  ii) Halle el valor de  $K_c$  en esas condiciones. iii) Escriba la fórmula que relaciona  $K_p$  con  $K_c$  y halle  $K_p$  en las condiciones de equilibrio. Datos Masas atómicas S = 32,1; O = 16,0. R =  $0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

**Respuesta:**

i) La concentración inicial de  $\text{SO}_3$  será:  $c = \frac{1,6/80}{2} = 0,01 \text{ M}$ . En el equilibrio podremos escribir:



El concentración en el equilibrio es:  $c_{eq} = 0,01 (1 + \alpha/2)$ . Aplicando la ecuación de los gases, tendremos:

$$1,28 = 0,01 \left(1 + \frac{\alpha}{2}\right) 0,082 \cdot 1073 \quad \alpha = 0,91$$

ii) El valor de  $K_c$  será:

$$K_c = \frac{(0,01 \cdot 0,91)^2 (0,01 \cdot 0,455)}{(0,01 \cdot 0,09)^2} = 0,46$$

iii) La relación entre  $K_p$  y  $K_c$  es:

$$K_p = K_c(\text{RT})^{\Delta n}$$

En nuestro caso, tendremos:

$$K_p = 0,46 \cdot 0,082 \cdot 1073 = 40,47$$

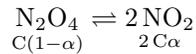
10. Cuando en un recipiente de 250 mL se introducen 0,46 g de tetraóxido de dinitrógeno a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , se disocia un 47,5 % según el equilibrio siguiente:  $\text{N}_2\text{O}_4 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2 (\text{g})$ . i) Escriba la expresión de  $K_c$  en función de las concentraciones y calcule el valor de  $K_c$  ii) Calcule el valor de  $K_p$ . iii) Sabiendo que el  $\text{N}_2\text{O}_4$  es un gas incoloro y que el  $\text{NO}_2$  tiene color rojizo, explique por qué la mezcla de ambos gases en el recipiente adquiere un tono más rojizo cuando se aumenta el volumen del recipiente. Datos: R  $0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  Masas atómicas N: 14,0; O: 16,0.

**Respuesta:**

i) La constante de equilibrio  $K_c$  tendría la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

En el equilibrio de disociación podemos escribir:



Siendo  $C = \frac{0,46/(28+64)}{0,25} = 0,02 \text{ M}$  y  $\alpha = 0,475$ . De esta forma, podemos escribir:

$$K_c = \frac{C^2\alpha^2}{C(1-\alpha)} = \frac{0,02 \cdot 0,475^2}{1 - 0,475} = 8,59 \cdot 10^{-3}$$

ii) A partir de la igualdad:  $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$ , tendremos al sustituir:

$$K_p = 8,59 \cdot 10^{-3}(0,082 \cdot 323) = 0,227$$

iii) La aparición de un color rojizo se debe a un desplazamiento del equilibrio hacia la derecha. Si tenemos en cuenta que la expresión  $K_c = \frac{C^2\alpha^2}{C(1-\alpha)}$  se puede poner de la forma:  $K_c = \frac{n\alpha^2}{V(1-\alpha)}$ , donde  $n$  es el número inicial de moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  y  $V$  el volumen del recipiente, veremos que un aumento de volumen implicaría un aumento en el valor de  $\alpha$ , con lo que se produce un desplazamiento del equilibrio hacia la formación de  $\text{NO}_2$ .

11. Sobre la reacción:  $\text{O}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g})$   $\Delta H > 0$ . Explique cómo evolucionaría el sistema en equilibrio, si aumentamos: i) la temperatura. ii) la presión total. iii) la concentración de monóxido de nitrógeno. y iv) la concentración de nitrógeno.

**Respuesta:**

i) Al ser la reacción endotérmica, un aumento de temperatura desplazará el equilibrio **hacia la derecha**.

ii) **No se produce variación** en el equilibrio al ser igual el número de moles gaseosos en ambos miembros.

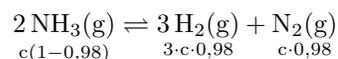
iii) Un aumento en la concentración del producto provocará un desplazamiento del equilibrio **hacia la izquierda**.

iv) Un aumento en la concentración de uno de los reactivos provoca un desplazamiento del equilibrio **hacia la derecha**.

12. A  $400^\circ\text{C}$  se introduce cierta cantidad de amoníaco en un recipiente vacío, En esas condiciones, el amoníaco se encuentra disociado en un 98 % según el equilibrio siguiente:  $2 \text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 3 \text{H}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ , siendo la presión total del recipiente en el equilibrio 2,5 atm, Calcule: i) Las presiones parciales de los tres gases en el equilibrio. ii) Halle  $K_c$  y  $K_p$  para el citado equilibrio. Dato,  $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

**Respuesta:**

i) En el equilibrio podemos escribir:



El número de moles en el equilibrio será:  $n = c(1-0,98) + 3c \cdot 0,98 + c \cdot 0,98 = c(1 + 3 \cdot 0,98) = 3,94 \cdot c$ .  
Aplicando la ecuación de los gases:

$$2,5 = 3,94 \cdot c \cdot 0,082 \cdot 673 \quad c = 0,011 \text{ M}$$

Las presiones parciales serán, respectivamente:

$$p_{\text{NH}_3} = 2,5 \frac{0,011 \cdot 0,02}{3,94 \cdot 0,011} = 0,013 \text{ atm} \quad p_{\text{H}_2} = 2,5 \frac{3 \cdot 0,011 \cdot 0,98}{3,94 \cdot 0,011} = 1,87 \text{ atm}$$

$$p_{\text{N}_2} = 2,5 \frac{0,011 \cdot 0,98}{3,94 \cdot 0,011} = 0,62 \text{ atm}$$

ii) Los valores de  $K_p$  y  $K_c$  serán, respectivamente:

$$K_p = \frac{p_{\text{H}_2}^3 \cdot p_{\text{N}_2}}{p_{\text{NH}_3}^2} = \frac{1,87^3 \cdot 0,62}{0,013^2} = 2,4 \cdot 10^4$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n} = 2,4 \cdot 10^4 (0,082 \cdot 673)^{-2} = 7,88$$

13. En un recipiente de 1,0 L se introducen 0,4 mol de  $\text{PCl}_5$ , 0,3 mol de  $\text{PCl}_3$  (g) y 0,2 mol de  $\text{Cl}_2$  (g) a 250 °C. Sabiendo que  $K_c$  a dicha temperatura es 0,042 para la reacción  $\text{PCl}_5$  (g)  $\rightleftharpoons$   $\text{PCl}_3$  (g) +  $\text{Cl}_2$  (g), a) Indique cómo evolucionará la reacción para alcanzar el equilibrio y halle las concentraciones de las tres sustancias en el equilibrio. b) Calcule el valor de  $K_p$  a dicha temperatura). Datos:  $R = 0,082 \text{ atm L}\cdot\text{mol}^{-1}\text{K}^{-1}$

**Respuesta:**

a) En el equilibrio, podemos escribir:



Tomando los valores del enunciado, el cociente de la reacción será:

$$Q = \frac{0,3 \cdot 0,2}{0,4} = 0,15$$

Como el cociente de la reacción es superior al valor de  $K_c$ , se deduce que la reacción tenderá a evolucionar hacia la izquierda, es decir, **hacia la formación de  $\text{PCl}_5$** . Por tanto, los signos de x en cada una de las especies serán los opuestos a los que aparecen en la ecuación, por lo que la constante de equilibrio vendrá dada por:

$$0,042 = \frac{(0,3-x)(0,2-x)}{0,4+x} \quad x = 0,094 \text{ mol}$$

Con lo que las concentraciones de las tres especies en el equilibrio, al ser 1,0 L el volumen del recipiente, serán:

$$[\text{PCl}_5] = 0,494 \text{ M} \quad [\text{PCl}_3] = 0,206 \text{ M} \quad [\text{Cl}_2] = 0,106 \text{ M}$$

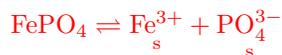
b) El valor de  $K_p$  será:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 0,042 (0,082 \cdot 523) = 1,80$$

14. El fosfato de hierro (III) presenta un producto de solubilidad en agua de  $1,3 \cdot 10^{-22}$ . i) Indique la ecuación química que describe el proceso de disolución de esa sal en agua, formule la expresión del producto de solubilidad y halle la solubilidad molar. ii) ¿Cuál sería el efecto en la solubilidad del fosfato de hierro (III) al añadir cloruro de hierro(III) a la misma disolución?

**Respuesta:**

i) La disolución de esta sal puede ser representada por el siguiente equilibrio:



El producto de solubilidad es:

$$K_{ps} = [Al^{3+}][PO_4^{3-}] = s^2$$

La solubilidad molar es:

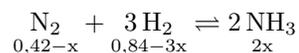
$$s = \sqrt{K_{ps}} = \sqrt{1,3 \cdot 10^{-22}} = 1,14 \cdot 10^{-11} M$$

b) Al añadir ion  $Fe^{3+}$  estamos aumentando la concentración de uno de los iones en disolución (efecto del ion común), con lo que **la solubilidad del fosfato de hierro (III) disminuirá**.

15. 82. En un matraz de 2 litros de volumen se introducen 0,42 moles de nitrógeno y 0,84 moles de hidrógeno. Cuando se calienta a  $527^\circ C$  se alcanza el equilibrio  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   $\Delta H^0 - 92,0$  kJ y se encuentra que se han formado 0,06 moles de amoníaco. i) Calcule  $K_c$  y  $K_p$  a la citada temperatura. ii) Indique justificadamente cómo afecta a la velocidad de la reacción y al equilibrio el hecho de que esta reacción se realice aumentado la temperatura. Datos:  $R = 0,082$  atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

**Respuesta:**

i) En el equilibrio podemos escribir:



El número de moles de amoníaco formado es:  $2x = 0,06$ , con lo que  $x = 0,03$ . Las constantes  $K_c$  y  $K_p$  tendrán los valores respectivos:

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{0,06}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,42-0,03}{2}\right)\left(\frac{0,84-3 \cdot 0,03}{2}\right)^3} = 0,087$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 0,087(0,082 \cdot 800)^{-2} = 2,02 \cdot 10^{-5}$$

b) Al tratarse de una reacción exotérmica, un aumento en la temperatura **tenderá a desplazar el equilibrio hacia la izquierda**, esto es, hacia la descomposición del amoníaco. La **velocidad de la reacción aumentará**, debido al incremento del valor de la constante cinética k.

16. Se introducen 0,04 mol de fosgeno ( $COCl_2$ ) en un recipiente de 2 L en el que se ha hecho el vacío y se calienta hasta  $227^\circ C$ , produciéndose su descomposición según el equilibrio:  $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ . Sabiendo que en estas condiciones el valor de  $K_p$  vale 0,189. i) Escriba la expresión que relaciona  $K_c$  con  $K_p$  y calcule el valor de  $K_c$  en estas condiciones. ii) Calcule las concentraciones de todas las especies en el equilibrio. iii) Explique cómo afectará a la descomposición del fosgeno un aumento del volumen del recipiente. Datos:  $R = 0,082$  atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

**Respuesta:**

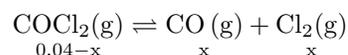
i) La relación entre  $K_p$  y  $K_c$  es:

$$K_p = 0,189 = K_c(RT)^{\Delta n} = K_c(0,082 \cdot 500) \quad K_c = 4,61 \cdot 10^{-3}$$

ii) Aplicando la ecuación de los gases:

$$P \cdot 2 = 0,04 \cdot 0,082 \cdot 500 \quad P = 0,82 \text{ atm}$$

En el equilibrio, podremos escribir:



Siendo el número total de moles:  $n = 0,04-x + x + x = 0,04 + x$ . Las presiones parciales serán, respectivamente:

$$p_{COCl_2} = 0,82 \frac{0,04-x}{0,04+x} \quad p_{CO} = p_{Cl_2} = 0,82 \frac{x}{0,04+x}$$

Mientras que el valor de  $K_c$  será:

$$4,61 \cdot 10^{-3} = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{\frac{0,04-x}{2}} = \quad x = 0,015 \text{ mol}$$

La concentración de cada especie en el equilibrio es:

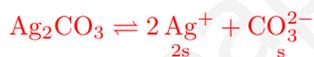
$$[\text{CO}] = [\text{Cl}_2] = \frac{0,015}{2} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad [\text{COCl}_2] = \frac{0,04 - 0,015}{2} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

iii) Un aumento en el volumen significa una disminución de la presión. Según el Principio de Le Chatelier, una disminución de presión tiende a desplazar el equilibrio hacia donde el número de moles gaseosos sea mayor, por lo que el aumento de volumen **favorecerá la descomposición del fosgeno**.

17. i) Escriba el equilibrio de solubilidad del carbonato de plata en agua y la expresión de su producto de solubilidad. ii) Calcule la solubilidad molar del carbonato de plata en agua. iii) Explique de manera cualitativa cómo variará la solubilidad del carbonato de plata si adicionamos nitrato de plata sobre la disolución anterior. Datos: Carbonato de plata,  $K_{ps} = 8,5 \cdot 10^{-12}$ .

**Respuesta:**

i) El equilibrio de solubilidad es el siguiente:



$$K_{ps} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CO}_3^{2-}] = 4s^3$$

ii) La solubilidad molar es:

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{ps}}{4}} = \sqrt[3]{\frac{8,5 \cdot 10^{-12}}{4}} = 1,29 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

iii) Al añadir nitrato de plata, estamos añadiendo ion  $\text{Ag}^+$  con lo que el equilibrio antes indicado se desplazará hacia la izquierda, según el Principio de Le Chatelier. En consecuencia, **disminuye la solubilidad** del carbonato de plata.

18. En un recipiente a 340 K las concentraciones para el equilibrio  $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$  fueron  $[\text{PCl}_3] = 0,15 \text{ M}$ ,  $[\text{Cl}_2] = 0,20 \text{ M}$  y  $[\text{PCl}_5] = 0,55 \text{ M}$ . i) Calcule  $K_c$  y  $K_p$ . ii) Si en el sistema se introducen  $\text{Cl}_2$  y  $\text{PCl}_5$  hasta hacer que  $[\text{Cl}_2] = 0,25 \text{ M}$  y  $[\text{PCl}_5] = 0,60 \text{ M}$ , razone cómo evolucionará el sistema y calcule las concentraciones de cada gas en el equilibrio. Datos:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

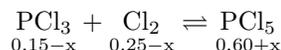
**Respuesta:**

i) Las constantes  $K_c$  y  $K_p$  serán, respectivamente:

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]} = \frac{0,55}{0,15 \cdot 0,20} = 18,33$$

$$K_p = K_c(\text{RT})^{\Delta n} = 18,33 (0,082 \cdot 340)^{-1} = 0,66$$

El nuevo equilibrio se puede plantear así:



Aplicando la constante de equilibrio:

$$18,33 = \frac{0,60+x}{(0,15-x)(0,25-x)}$$

De las dos soluciones de la ecuación de segundo grado, solo es posible la solución  $x = 0,011$ , lo que significa que **el equilibrio se desplaza hacia la derecha**. Las concentraciones de cada gas en el nuevo equilibrio son las siguientes:

$$[\text{PCl}_5] = 0,611 \text{ M} \quad [\text{PCl}_3] = 0,139 \text{ M} \quad [\text{Cl}_2] = 0,239 \text{ M}$$

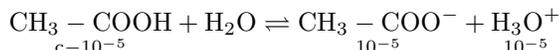
www.yoquieroaprobar.es

## 6. ÁCIDOS Y BASES.

1. Disponemos de disoluciones acuosas de ácido acético y cloruro de amonio. Queremos obtener, a partir de cada una de ellas, una disolución de pH = 5. Calcule la concentración que deberá tener: a) La disolución de CH<sub>3</sub>COOH. b) La disolución de NH<sub>4</sub>Cl. Datos: K<sub>w</sub> = 10<sup>-14</sup> K<sub>a</sub> CH<sub>3</sub>COOH = 1,8 · 10<sup>-5</sup> . K<sub>b</sub> NH<sub>3</sub> = 1,8 · 10<sup>-5</sup>

**Respuesta:**

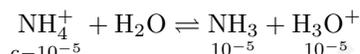
- a) Al ser el pH 5, tendremos que: [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] = [CH<sub>3</sub> - COO<sup>-</sup>] = 10<sup>-5</sup>. Teniendo en cuenta el equilibrio:



Podremos escribir:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(10^{-5})^2}{c - 10^{-5}} \quad \text{Obteniéndose } c = 1,55 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

- b) Para la disolución de NH<sub>4</sub>Cl podremos escribir:



La constante para este equilibrio es:

$$K = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,55 \cdot 10^{-10}$$

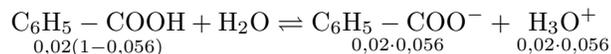
Así pues, podremos poner:

$$5,55 \cdot 10^{-10} = \frac{(10^{-5})^2}{c - 10^{-5}} \quad \text{Obteniéndose } c = 1,18 \text{ M}$$

2. En una disolución acuosa de ácido benzoico C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-COOH de concentración 0,02 M, éste se encuentra ionizado en un 5,6%. a) Calcule la constante de acidez K<sub>a</sub>, y el pH de la disolución.. b) Calcule el volumen de una disolución de KOH 0,1 M que se consumirá para alcanzar el punto de equivalencia en su reacción con 20 mL del ácido benzoico 0,02 M.

**Respuesta:**

- a) El equilibrio de ionización del ácido benzoico es el siguiente:



La constante K<sub>a</sub> será:

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5 - \text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5 - \text{COOH}]} = \frac{(0,02 \cdot 0,056)^2}{0,02(1 - 0,056)} = 6,64 \cdot 10^{-5}$$

El pH será: pH = - log (0,02 · 0,056) = 2,95

- b) Puesto que en la neutralización un mol de ácido reacciona con un mol de base, el volumen de disolución de KOH se obtendrá a partir de:

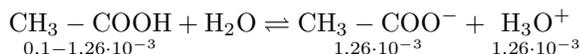
$$V \cdot 0,1 = 20 \cdot 0,02 \quad V = 4 \text{ mL}$$

3. Se dispone de dos frascos sin identificar. Uno contiene una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno 0,10 M y el otro una disolución 0,10 M de ácido acético. Se mide su acidez y se obtiene como resultando que el frasco A tiene un pH 2,9 y el frasco B un pH 1,0 a) Justifique qué frasco contiene cada uno de los dos ácidos. b) Halle la constante de acidez ( $K_a$ ) del ácido acético.

**Respuesta:**

a) Al ser el ácido clorhídrico un ácido fuerte, se encuentra completamente ionizado, por lo que su pH será:  $\text{pH} = -\log c = -\log 0,1 = 1$ . Por tanto el frasco **B es el que contiene HCl**, mientras que el **A contiene ácido acético**.

La concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  para el ácido acético es:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,9} = 1,26 \cdot 10^{-3}$  M. El equilibrio de ionización del ácido acético puede ser representado por:



Con lo que la constante  $K_a$  para el ácido acético será:

$$K_a = \frac{(1,26 \cdot 10^{-3})^2}{0,1 - 1,26 \cdot 10^{-3}} = 1,61 \cdot 10^{-5}$$

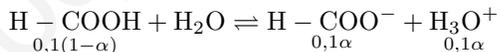
4. a) Halle el pH y el grado de disociación de una disolución acuosa de ácido metanoico que contiene 0,46 g del ácido en 100 mL de disolución. Escriba los equilibrios que se darán en la citada disolución. Datos:  $K_w = 10^{-14}$ ,  $K_a\text{HCOOH} = 1,85 \cdot 10^{-4}$  Masas atómicas H = 1; C = 12; O = 16.

**Respuesta:**

a) La concentración inicial de ácido metanoico será:

$$c = \frac{0,46/46}{0,1} = 0,1 \text{ M}$$

El equilibrio de ionización será:



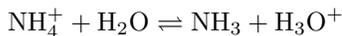
$$1,85 \cdot 10^{-4} = \frac{0,1\alpha^2}{1-\alpha} \quad \text{De donde : } \alpha = 0,042 \text{ y } \text{pH} = -\log(0,1 \cdot 0,042) = 2,38$$

5. Razone cualitativamente, escribiendo las ecuaciones químicas correspondientes, el carácter ácido, básico o neutro de las cuatro disoluciones acuosas siguientes; i) Disolución de NaCl 0,1 M. ii) Disolución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,1 M. iii) Disolución de NaF 0,1 M. iv) Disolución de  $\text{NH}_4\text{F}$  0,1 M. datos:  $K_w = 10^{-14}$ ;  $K_a(\text{HF}) = 6,8 \cdot 10^{-4}$ ;  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$

**Respuesta:**

i) El NaCl es una sal de ácido fuerte y base fuerte, por lo que sus respectivos base y ácido conjugados son muy débiles, y no experimentan hidrólisis. El pH de la disolución será **neutro**.

ii) El  $\text{NH}_4\text{Cl}$  es una sal de ácido fuerte y base débil. El ácido conjugado de esta última,  $\text{NH}_4^+$  experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



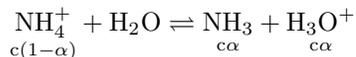
Con lo que el pH de esta disolución es **ácido**.



$$1,8 \cdot 10^{-5} \cdot K_w = 10^{-14}$$

**Respuesta:**

i) El ion amonio experimentará la siguiente reacción de hidrólisis:



Con una constante:

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

Así pues, sabiendo que  $\text{pH} = -\log c\alpha = 4,5$ , tendremos:  $c\alpha = 10^{-4,5} = 3,16 \cdot 10^{-5}$ .

$$5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{(3,16 \cdot 10^{-5})^2}{c(1-\alpha)}$$

Despreciando  $c\alpha$  frente a  $c$ , tendremos:  $c = 1,80$  M. A partir de esta concentración, podremos escribir:

$$1,80 = \frac{\frac{m_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{53,5}}{0,25} \quad m_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 24,1 \text{ g}$$

iii) El grado de hidrólisis será:

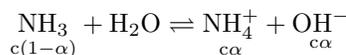
$$\alpha = \frac{3,16 \cdot 10^{-5}}{1,8} = 1,76 \cdot 10^{-5}$$

8. i) Calcule el pH de una disolución acuosa que contiene 0,425 g de amoníaco en 100 mL de disolución.  
 ii) Explique brevemente qué es una disolución reguladora o tampón, y justifique cuál de las siguientes parejas podría formar una disolución de dicho tipo: HCl y NaCl, HCl y  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_3$  y NaOH. Datos: Masas atómicas N = 14,0; H = 1,0.  $K_b$  amoníaco =  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .  $K_w = 10^{-14}$

**Respuesta:**

$$\frac{0,425}{17}$$

i) La concentración inicial de amoníaco es:  $c = \frac{17}{0,1} = 0,25$  M. A partir del equilibrio de ionización:



Aplicando la constante  $K_b$ :

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{0,25\alpha^2}{1-\alpha} \quad \alpha = 8,45 \cdot 10^{-3}$$

La concentración de  $\text{OH}^-$  será:  $[\text{OH}^-] = 0,25 \cdot 8,45 \cdot 10^{-3} = 2,11 \cdot 10^{-3}$  y  $\text{pH} = 14 + \log 2,11 \cdot 10^{-3} = 11,3$

ii) Una disolución reguladora es aquella que contiene concentraciones similares de un ácido débil y su base conjugada (o una base débil y su ácido conjugado). Sólo el par  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4\text{Cl}$  podrá formar una disolución reguladora.

9. Para valorar 50 mL de una disolución acuosa de NaOH se han utilizado 47 mL de otra disolución acuosa de  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  0,5 M i) Calcule la concentración molar de la base al inicio de la valoración. ii) Determine el pH en el punto final de la valoración. iii) Razone qué indicador podrá utilizar para esta valoración. Datos:  $K_a$   $\text{CH}_3\text{-COOH} = 1,85 \cdot 10^{-5}$ .  $K_w = 10^{-14}$  Intervalos de viraje: azul de bromofenol pH

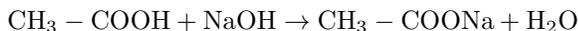
= 3,0 - 4,6; azul de bromotimol pH 6,0 - 7,6; fenolftaleína pH 8,3 - 10,0.

**Respuesta:**

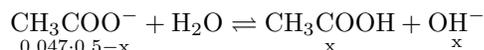
i) Puesto que la reacción se produce mol a mol, podremos escribir:

$$n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}} \quad 47 \cdot 0,5 = 50 \cdot M \quad M = 0,47$$

ii) la reacción de neutralización es:



El ion  $\text{CH}_3 - \text{COO}^-$  experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



Cuya constante es:

$$K_h = \frac{10^{-14}}{1,85 \cdot 10^{-5}} = 5,40 \cdot 10^{-10}$$

$$5,40 \cdot 10^{-10} = \frac{x^2}{0,047 \cdot 0,5 - x} \quad x = 3,56 \cdot 10^{-6} = [\text{OH}^-]$$

El pH tendrá el valor:  $\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] = 8,55$ .

iii) dados los indicadores de viraje, el indicador que debe utilizarse es la **fenolftaleína**.

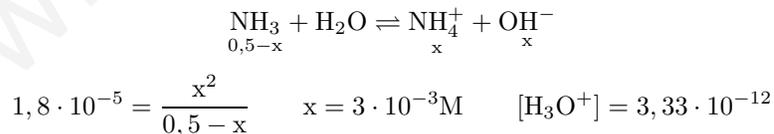
10. i) Halle el pH de una disolución acuosa que contiene 1,70 g de amoníaco en 200 mL de disolución.  
 ii) Se hacen reaccionar 10 mL de la disolución anterior con 12,5 mL de una disolución de HCl de concentración 0,4 M. Razone si la disolución final será ácida, básica o neutra. Datos:  $K_b \text{ NH}_3 = 1,8 \cdot 10^{-5}$  Masas atómicas H = 1,0; N = 14,0.

**Respuesta:**

i) La concentración de amoníaco es:

$$c = \frac{1,70}{0,2} = 0,5 \text{ M}$$

A partir del equilibrio:

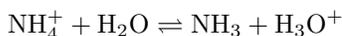


Con lo que:  $\text{pH} = -\log 3,33 \cdot 10^{-12} = 11,48$ .

ii) El número de moles de ácido y de base serán, respectivamente:

$$n_{\text{ácido}} = 0,015 \cdot 0,4 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad n_{\text{base}} = 0,01 \cdot 0,5 = 5 \cdot 10^{-3}$$

El número de moles de ácido y de base es el mismo pero, al formarse  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , una sal de ácido fuerte y base débil, el ion  $\text{NH}_4^+$  **experimentará** el siguiente proceso de hidrólisis:

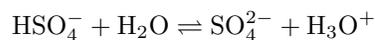
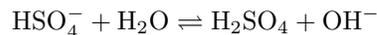


Con lo que la disolución final será **ácida**.

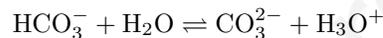
11. i) Defina ácido y base según la teoría de Bronsted-Lowry. Dadas las siguientes especies químicas:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{HSO}_4^-$  indique si pueden actuar como ácidos o como bases, escribiendo sus correspondientes reacciones químicas. Explique el significado de sustancia anfótera y escriba dos ejemplos buscándolos en las reacciones químicas del apartado anterior.

**Respuesta:**

i) Según la teoría de Brønsted-Lowry un ácido es aquella sustancia capaz de ceder protones, mientras que una base es la sustancia capaz de aceptar protones. El  $\text{CO}_3^{2-}$  puede actuar solamente como **base**, según el equilibrio:  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ . El  $\text{NH}_4^+$  actúa como un ácido según:  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$ . Por último, el  $\text{HSO}_4^-$  es una sustancia **anfótera**, pues puede actuar como base y como ácido, según los equilibrios respectivos:



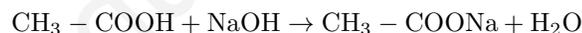
El  $\text{HCO}_3^-$  se comporta también como una sustancia anfótera según las reacciones:



12. Se valoran 28 mL de una disolución acuosa de ácido acético con 12 mL de una disolución acuosa de hidróxido de sodio 0,84 M. i) Escriba la reacción de neutralización, calcule la concentración molar de la disolución del ácido acético. ii) Calcule la concentración de la sal formada en el punto de equivalencia. iii) Halle el pH de la mezcla en el punto de equivalencia. Datos:  $K_a$  ácido acético  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .  $K_w = 10^{-14}$

**Respuesta:**

i) La reacción de neutralización es la siguiente:



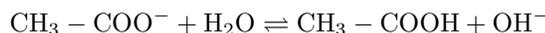
El número de moles empleados de NaOH es:  $n = 0,012 \cdot 0,84 = 0,01$  mol. Puesto que un mol de ácido acético se neutraliza con un mol de hidróxido sódico, el número de moles de ácido en 28 mL de disolución será de 0,01, por lo que la concentración molar de  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$  será:

$$[\text{CH}_3 - \text{COOH}] = \frac{0,01}{0,028} = 0,36 \text{ M}$$

ii) La concentración de la sal formada en el punto de equivalencia será:

$$c = \frac{0,01}{0,028 + 0,012} = 0,25 \text{ M}$$

iii) Al tratarse de una sal de ácido débil y base fuerte, el ion acetato experimentará el siguiente proceso de hidrólisis:



La constante de este equilibrio será:

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3 - \text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3 - \text{COO}^-]}$$

Multiplicando numerador y denominador por  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ :

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3 - \text{COOH}][\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3 - \text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

Utilizando esta constante de equilibrio, tendremos:

$$5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{CH}_3 - \text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3 - \text{COO}^-]} = \frac{x^2}{0,25 - x}$$

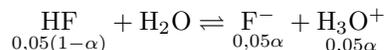
Resolviendo esta ecuación, tendremos  $x = [\text{OH}^-] = 1,18 \cdot 10^{-5}$ , con lo que el pH será:

$$\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] = 9,07$$

13. i) Calcula la constante de acidez ( $K_a$ ) del ácido débil, HF, sabiendo que una disolución acuosa 0,05 M de este ácido se ioniza al 11 %. ii) Halle el pH de la disolución . iii) Escriba la reacción entre la base conjugada del ácido HF y el agua y halle el valor de la constante de ese equilibrio. Dato:  $K_w = 10^{-14}$

**Respuesta:**

i) El equilibrio de ionización es el siguiente:



La constante de acidez será:

$$K_a = \frac{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HF}]} = \frac{(0,05 \cdot 0,11)^2}{0,05(1 - 0,11)} = 6,80 \cdot 10^{-4}$$

ii) El pH tendrá el valor:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,05 \cdot 0,11 = 2,26$$

iii) La reacción entre  $\text{F}^-$  y el agua será:



La constante de este equilibrio es:

$$K_h = \frac{[\text{HF}][\text{OH}^-]}{[\text{F}^-]} = \frac{[\text{HF}][\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{6,80 \cdot 10^{-4}} = 1,47 \cdot 10^{-11}$$

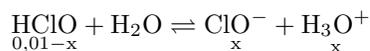
14. Tenemos una disolución acuosa de ácido hipocloroso de concentración 0,01 M, i) Calcule su pH. ii) Si valorarnos 50 mL de esa disolución de ácido hipocloroso con una disolución de hidróxido de sodio de concentración 0,05 M, calcule el volumen de base que hay que añadir para alcanzar el punto de equivalencia y escriba la reacción. iii) Razone cualitativamente si, alcanzado el punto de equivalencia, el pH de la disolución será ácido, neutro o básico. Dato:  $K_a$  ácido hipocloroso  $2,9 \cdot 10^{-8}$

**Respuesta:**

i) A partir de la constante  $K_a$ :

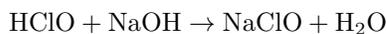
$$2,9 \cdot 10^{-8} = \frac{[\text{ClO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{\text{HClO}}$$

Y de la de ionización en el equilibrio:



$$2,9 \cdot 10^{-8} = \frac{x^2}{0,01 - x} \quad x = 1,70 \cdot 10^{-5} \quad \text{pH} = -\log 1,70 \cdot 10^{-5} = 4,77$$

ii) Puesto que al tratarse de un ácido monoprótico, un mol de ácido reacciona con un mol de base:

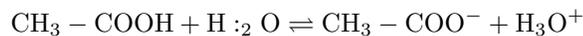
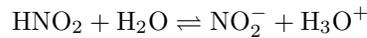




17. Tenemos dos disoluciones acuosas de la misma concentración, una es de ácido nitroso y la otra de ácido acético. i) Escriba los equilibrios de ambos ácidos y justifique cuál de los dos es más fuerte. ii) Halle el valor de la constante de basicidad  $K_b$  de las bases conjugadas de ambos ácidos. iii) Indique cualitativamente si una disolución de nitrito de amonio tendrá pH ácido, básico o neutro. Datos:  $K_a$  ácido nitroso  $4,5 \cdot 10^{-4}$ ;  $K_a$  (ácido acético)  $1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_b$  (amoníaco)  $= 1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ .

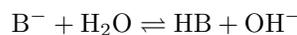
**Respuesta:**

- i) Los respectivos equilibrios son:



Es más fuerte el ácido cuya constante de ionización sea mayor, en este caso, **el ácido nitroso**.

- b) Las bases conjugadas, de forma genérica, experimentan el siguiente equilibrio:



La constante de basicidad será:

$$K_b = \frac{[\text{HB}][\text{OH}^-]}{[\text{B}^-]} = \frac{[\text{HB}][\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{B}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_w}{K_a}$$

Por lo que  $K_b$  para los iones  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{CH}_3 - \text{COO}^-$  serán, respectivamente:

$$K_b(\text{NO}_2^-) = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{4,5 \cdot 10^{-4}} = 2,22 \cdot 10^{-11}$$

$$K_b(\text{CH}_3 - \text{COO}^-) = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

- iii) La constante  $K_a$  para la hidrólisis del ion  $\text{NH}_4^+$  será, por el mismo procedimiento anterior:

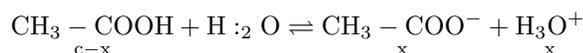
$$K_a(\text{NH}_4^+) = \frac{1,0 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

La base conjugada del ácido nitroso ( $\text{NO}_2^-$ ) es más débil que el ácido conjugado del amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ ), por lo cabe esperar que la disolución de nitrito amónico tenga un pH **ligeramente ácido**.

18. i) Una disolución acuosa de ácido acético tiene un pH 2,87. Halle la concentración inicial de la disolución. ii) Calcule el volumen de una disolución acuosa de hidróxido de sodio 0,25 M que se necesitará para llegar al punto de equivalencia en la valoración de 25 mL de la citada disolución de ácido acético. iii) Escriba la ecuación de neutralización del punto anterior y razone cualitativamente si el pH de la disolución en el punto de equivalencia será básico, neutro o ácido. Datos:  $K_a$  (ácido acético)  $1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ .

**Respuesta:**

- i) A partir del equilibrio:



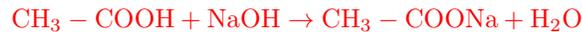
$\text{pH} = -\log x = 2,87$ , por lo que  $x = 10^{-2,87} = 1,35 \cdot 10^{-3}$ . La concentración inicial se deduce de:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{c-x} = \frac{(1,35 \cdot 10^{-3})^2}{c - 1,35 \cdot 10^{-3}} \quad c = 0,10 \text{ M}$$

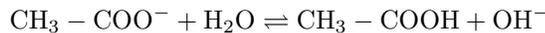
- ii) Puesto que la reacción se produce mol a mol, tendremos:

$$n_{\text{ácido}} = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,10 = n_{\text{base}} = V \cdot 0,25 \quad V = 0,01 \text{ L}$$

iii) La reacción de neutralización es:



Al proceder de un ácido débil y una base fuerte, el ion  $\text{CH}_3 - \text{COO}^-$  experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:

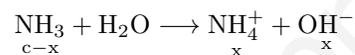


Con lo que el pH de la disolución será **básico**.

19. Una disolución acuosa de amoníaco tiene un pH de 10,6. i) Calcule la concentración molar inicial de amoníaco en la disolución. ii) Para neutralizar 100 mL de la disolución anterior se consumen 30 mL de una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno de concentración desconocida. Indique la reacción de neutralización que tiene lugar y calcule la concentración de cloruro de hidrógeno en dicha disolución. iii) Justifique de manera cualitativa, escribiendo las ecuaciones químicas necesarias, si el pH de la disolución resultante de la neutralización será básico, ácido o neutro. Datos:  $K_b$  amoníaco =  $1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ .

**Respuesta:**

i) A partir del equilibrio:

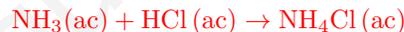


Y sabiendo que  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10,6} = 2,51 \cdot 10^{-11} \text{M}$ , tendremos que  $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{2,51 \cdot 10^{-11}} = 3,98 \cdot 10^{-4} \text{M}$ .

Aplicando la constante de basicidad:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(3,98 \cdot 10^{-4})^2}{c - 3,98 \cdot 10^{-4}} \quad c = 9,20 \cdot 10^{-3} \text{M}$$

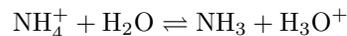
ii) La reacción de neutralización es la siguiente:



sabiendo que la reacción se produce mol a mol, tendremos:

$$n_{\text{NH}_3} = 0,1 \cdot 9,20 \cdot 10^{-3} = n_{\text{HCl}} = 0,030 \cdot \text{M} \quad \text{M} = 3,07 \cdot 10^{-2}$$

El cloruro de amonio es una sal de ácido fuerte y base débil. El ácido conjugado del amoníaco reacciona con el agua, según:

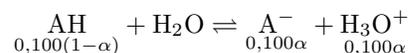


Por lo que el pH de la disolución será **ácido**.

20. En una disolución acuosa de un ácido monoprótico 0,100 M se midió un grado de disociación de 0,0134. i) Exprese todos los equilibrios que tienen lugar en la disolución. ii) Calcule las concentraciones del ácido monoprótico, de su base conjugada y la constante de acidez del ácido. ii) Calcule el pH de la disolución.

**Respuesta:**

i) En el equilibrio, podemos escribir:



ii) Las respectivas concentraciones en el equilibrio son:

$$[\text{AH}] = 0,100(1 - 0,0134) = 9,87 \cdot 10^{-2} \text{M} \quad [\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,100 \cdot 0,0134 = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{M}$$

La constante de acidez será:

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[AH]} = \frac{(1,34 \cdot 10^{-3})^2}{9,87 \cdot 10^{-2}} = 1,82 \cdot 10^{-5}$$

ii) El pH de la disolución será:

$$pH = -\log [H_3O^+] = -\log 1,34 \cdot 10^{-3} = 2,87$$

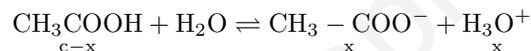
21. Una disolución acuosa de ácido acético tiene el mismo pH que una disolución acuosa de ácido nítrico de concentración  $5 \cdot 10^{-4}$  M. i) Determine el pH de ambas disoluciones. ii) Calcule la concentración inicial de la disolución de ácido acético y la masa en gramos de ácido acético que es necesaria para preparar 500 mL de dicha disolución. iii) Halle el grado de ionización del ácido acético en la disolución. Datos: Masas atómicas: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.  $K_a$  ácido acético =  $1,85 \cdot 10^{-5}$ .

**Respuesta:**

i) El ácido nítrico es un ácido fuerte, por lo que se encuentra totalmente disociado. El pH de la disolución será:

$$pH = -\log 5 \cdot 10^{-4} = 3,30$$

ii) El equilibrio de disociación del ácido acético es:



Siendo  $x = 5 \cdot 10^{-4}$  M. Aplicando la constante de acidez:

$$1,85 \cdot 10^{-5} = \frac{[CH_3 - COO^-][H_3O^+]}{[CH_3 - COOH]} = \frac{(5 \cdot 10^{-4})^2}{c - 5 \cdot 10^{-4}}$$

Suponiendo que  $c - 5 \cdot 10^{-4} \simeq c$ , tendremos que  $c = 1,35 \cdot 10^{-2}$  M.

Para preparar 500 mL de disolución  $1,35 \cdot 10^{-2}$  M, tendremos:

$$1,35 \cdot 10^{-2} = \frac{\frac{x \text{ g } CH_3 - COOH}{60 \text{ g } CH_3 - COOH \text{ mol}^{-1}}}{0,5 \text{ L}} \quad x = 0,405 \text{ g ácido acético}$$

iii) El grado de ionización es:

$$\alpha = \frac{x}{c} 100 = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{1,35 \cdot 10^{-2}} 100 = 3,70 \%$$

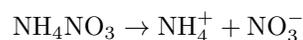
22. Se preparan 2 L de una disolución acuosa empleando 20,0 g de nitrato amónico. i) Teniendo en cuenta que el nitrato amónico es un electrolito fuerte, indique todos los equilibrios que tienen lugar en la disolución. ii) Calcule el pH de la disolución. iii) ¿Será el pH de la disolución anterior más ácido o más básico que el de una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno 0,01 M? Datos: Masas atómicas: H= 1,0; N= 14,0; O= 16,0;  $K_b$  Amoniac =  $1,8 \cdot 10^{-5}$ ;  $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ .

**Respuesta:**

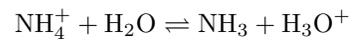
i) La concentración inicial de nitrato amónico es:

$$M = \frac{\frac{20,0 \text{ g}}{53,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{2 \text{ L}} = 0,187$$

El nitrato amónico se disocia de la siguiente forma:



Al tratarse de un electrolito fuerte, se disocia completamente. Esta sal procede de un ácido fuerte y de una base débil, por lo que el ácido conjugado de la base experimentará hidrólisis:



La constante de hidrólisis es:

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b} = \frac{10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,56 \cdot 10^{-10}$$

$$5,56 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{0,187 - x} \simeq \frac{x^2}{0,187} \quad x = 1,02 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{pH} = -\log x = 4,99$$

iii) El pH de una disolución de HCl 0,01 M será:  $\text{pH} = -\log 0,01 = 2$ , por lo que el pH de la disolución de cloruro amónico es **más básica** que la disolución de cloruro de hidrógeno.

## 7. OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN.

1. Un método para proteger de la corrosión a los depósitos y a las conducciones de hierro de las instalaciones comunitarias de agua caliente consiste en utilizar los denominados electrodos de sacrificio. Indique razonadamente qué metales de los siguientes podríamos utilizar para ese fin: níquel, magnesio o estaño. Datos:  $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,26 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,36 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

Se podrán emplear como electrodos de sacrificio aquellos que en la pila formada actúen como ánodos, de forma que el  $\text{Fe}^{2+}$  se reduzca a Fe. Para los electrodos indicados, sólo el **electrodo ( $\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$ )** cumplirá esta condición, pues el potencial de la pila formada por este electrodo y por el electrodo ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$ ) tendrá un potencial:  $\varepsilon^0 = -0,44 - (-2,36) = +1,92 \text{ V}$

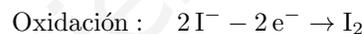
2. A 100 g de yoduro de sodio se añade ácido nítrico  $\text{HNO}_3$  hasta que se completa la reacción. Se obtienen  $\text{I}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NaNO}_3$  y agua como productos de la reacción. a) Ajuste las semiecuaciones de oxidación y reducción por el método del ion-electrón y ajuste tanto la reacción iónica como la molecular. b) Indique qué sustancia actúa como reductor y cuál como oxidante. c) Halle el volumen de ácido nítrico 2 M que necesitaremos para completar la reacción. Datos Masas atómicas: Na = 23; I = 127.

**Respuesta:**

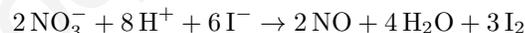
- a) La reacción que tiene lugar es la siguiente:



Siendo las semirreacciones de oxidación y de reducción las siguientes:



multiplicando la primera semirreacción por 3, la segunda por 2, y sumando ambos resultados, se obtiene:



En forma molecular, nos queda:



- b) El  $\text{I}^-$  actúa como reductor, mientras el  $\text{NO}_3^-$  actúa como oxidante.

c) 100 g de NaI corresponden a un número de moles:  $n = 100/150 = 0,67$  moles. Teniendo en cuenta que 3 moles de NaI reaccionan con cuatro moles de  $\text{HNO}_3$ , podremos establecer la siguiente reacción:

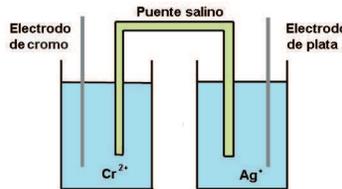
$$\frac{3 \text{ moles NaI}}{4 \text{ moles HNO}_3} = \frac{0,67 \text{ moles NaI}}{x \text{ moles HNO}_3}$$

Con lo que el número de moles de  $4 \text{ HNO}_3$  será de 0,89 moles. Así pues, tendremos que:  $0,89 = V \cdot 2$ . Despejando, se obtiene  $V = 0,45 \text{ L}$  de  $\text{HNO}_3$  2 M

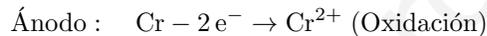
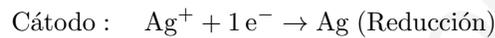
3. A partir de los valores de potenciales estándar de reducción que figuran como datos: a) Justifique qué combinación de electrodos estándar utilizaría para construir la pila voltaica que presente el mayor potencial estándar y dibújela. b) Escriba las semiecuaciones de oxidación y reducción señalando cuál se realiza en el ánodo y cuál en el cátodo. Escriba la reacción global que ocurre en la pila construida. Datos:  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$ ,  $E^0(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,23 \text{ V}$  y  $E^0(\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}) = -0,90 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

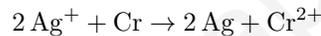
a) La pila que produzca un mayor potencial estándar es aquella cuya diferencia entre los potenciales de cátodo y ánodo sea mayor. En este caso, se construye utilizando los electrodos de plata y cromo. El potencial de esta pila será:  $\varepsilon^0 = 0,80 - (-0,90) = +1,70 \text{ V}$ . La representación gráfica será la siguiente:



b) Las semirreacciones serán:



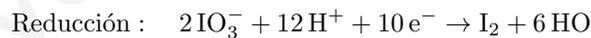
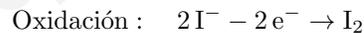
la reacción global será:



4. a) Ajuste la siguiente reacción  $\text{KIO}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$ , por el método del ion electrón. b) Deduzca si la citada reacción será espontánea en condiciones estándar y cuál será la especie reductora. Datos:  $E^0(\text{I}_2/\text{I}^-) = +0,54 \text{ V}$ .  $E^0(\text{IO}_3^-/\text{I}_2) = +1,20 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

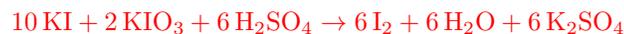
a) Las semirreacciones de oxidación y de reducción son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por 5 y sumándole la segunda, tendremos:



Que en forma molecular queda así:



La especie reductora será el  $\text{I}^-$ .

b) Para que la reacción sea espontánea, debe cumplirse que:  $\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 > 0$ . para esta reacción, el potencial estándar será:

$$\varepsilon^0 = 1,20 - 0,54 = 0,66 \text{ V}$$

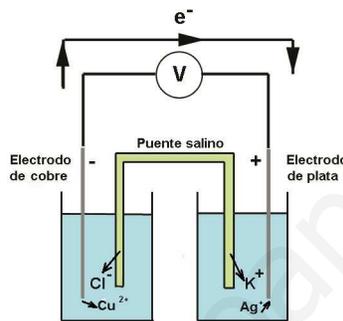
Por tanto, la reacción es **espontánea**.

5. Se quiere construir una pila con electrodos de cobre, de plata, disoluciones de sulfato de cobre (II) 1 M, de nitrato de plata 1 M, de cloruro de potasio 1 M y los cables necesarios. a) Indique como construiría la pila con el material descrito de forma que circulara corriente eléctrica entre las electrodos. Dibújela,

mostrando qué polo es el positivo y cuál el negativo, señalando el sentido del movimiento de los electrones en el circuito externo y el movimiento de los iones en cada uno de los electrodos y en el puente salino. b) Indique qué electrodo actúa como ánodo y cuál como cátodo, escribiendo las reacciones que tienen lugar en cada uno de ellos. Calcule además el potencial de la pila. Datos:  $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

a) En un vaso de precipitados vertemos disolución de sulfato de cobre (II) e introducimos en dicho vaso un electrodo de cobre metálico. En un segundo vaso de precipitados colocamos una disolución de nitrato de plata e introducimos un electrodo de plata. En un tubo en U colocamos la disolución de KCl y, tapando los extremos con algodón o papel de filtro, introducimos cada uno de sus extremos en uno de los vasos. Unimos los electrodos metálicos mediante cables de conexión, y estos, a su vez, con un voltímetro. El esquema podría ser el siguiente:



b) El electrodo  $\text{Cu}|\text{Cu}^{2+}$  actúa como ánodo (electrodo positivo), produciéndose el proceso:  $\text{Cu} - 2e^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ . El electrodo  $\text{Ag}^+|\text{Ag}$  actúa como cátodo (electrodo negativo), teniendo lugar el proceso:  $\text{Ag}^+ + 1e^- \rightarrow \text{Ag}$

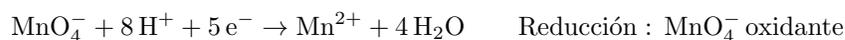
El potencial de la pila es:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 0,80 - 0,34 = 0,46 \text{ V}$$

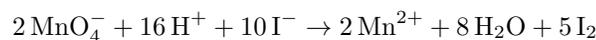
6. a) Ajuste por el método de los iones-electrón la reacción:  $\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnSO}_4 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  indicando la fórmula de la especie reductora. b) Justifique, realizando los cálculos necesarios, si esta reacción es espontánea en condiciones estándar. Datos:  $E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = +1,23 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = +0,54 \text{ V}$

**Respuesta:**

a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por dos, la segunda por cinco, y sumando miembro a miembro, tendremos:



En forma molecular:

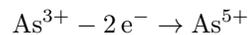
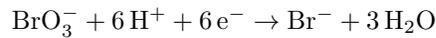


b) El potencial es:  $\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 1,23 - 0,54 = +0,69 \text{ V}$ . teniendo en cuenta que:  $\Delta G^0 = -nF\varepsilon^0 < 0$ , la reacción es **espontánea**.

7. Cuando se realiza la valoración de una especie de arsénico (III) con iones bromato en medio básico, el arsénico (III) pasa a arsénico (V) y el anión bromato pasa a anión bromuro. i) Escriba la ecuación iónica global y ajústela por el método del ion electrón. ii) Calcule la masa de arsénico disuelta si se necesitan 20,2 mL de una disolución 0,54 M de iones bromato para transformar todo el arsénico (III) disuelto. Datos: Masa atómica del arsénico: 74,9.

**Respuesta:**

i) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la segunda semirreacción por tres, y sumando la primera, tendremos:



A partir de la reacción ajustada, podemos plantear la siguiente relación:

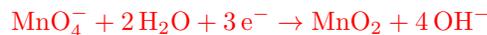
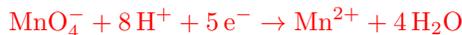
$$\frac{1 \text{ mol BrO}_3^-}{0,0202 \cdot 0,54 \text{ mol BrO}_3^-} = \frac{3 \text{ mol As}^{3+}}{x \text{ mol As}^{3+}} \quad x = 0,0327 \text{ mol As}^{3+}$$

La masa de arsénico disuelto es:  $m = 0,0327 \cdot 74,9 = 2,45 \text{ g}$

8. El permanganato de potasio es un oxidante que en medio ácido produce iones manganeso (II), pero cuando el permanganato de potasio actúa en medio básico genera dióxido de manganeso como producto. i) Ajuste, por el método del ion electrón, las semirreacciones del anión permanganato actuando en medio ácido y en medio básico. Indique si se trata de semirreacciones de oxidación o reducción. ii) Razone si un anillo de plata se oxidará en contacto con una disolución de permanganato de potasio en medio ácido o en medio básico en condiciones estándar. En caso afirmativo escriba la reacción de oxidación-reducción ajustada. Datos:  $E^0 (\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = +1,51 \text{ V}$ ;  $E^0 (\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_2) = +0,59 \text{ V}$ ;  $E^0 (\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$

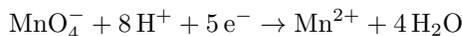
**Respuesta:**

i) Las respectivas semirreacciones son:

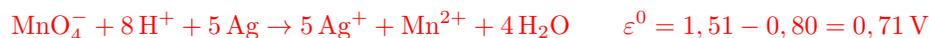


Se trata, en ambos casos, de semirreacciones de **reducción**.

ii) La reacción podrá producirse sólo en medio ácido, pues el potencial de la reacción en medio básico sería negativo:  $\varepsilon^0 = 0,59 - 0,80 = -0,21 \text{ V}$ . Las semirreacciones correspondientes al proceso en medio ácido serían:



Multiplicando la segunda semirreacción por cinco, y sumando la primera, tendremos:



9. El dicromato de potasio oxida al nitrito de sodio en presencia de una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno, según la reacción:



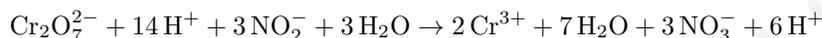
i) Ajuste por el método del ion electrón la ecuación anterior. ii) Calcule el volumen de dicromato de potasio 2 M necesario para oxidar 20 g de nitrito de sodio. Datos Masas atómicas N 14,0; O = 16,0; Na 23, 0.

**Respuesta:**

i) Las semirreacciones de reducción y de oxidación son, respectivamente:



Multiplicando la segunda semirreacción por tres, y sumando miembro a miembro, tendremos:



Agrupando términos:



En forma molecular:



ii) A partir de la igualdad:

$$\frac{1 \text{ mol K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{V \cdot 2 \text{ mol K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} = \frac{3 \cdot 69 \text{ g NaNO}_2}{20 \text{ g NaNO}_2} \quad V = 0,048 \text{ L}$$

10. i) Dibuje la pila de mayor voltaje que se puede construir con los electrodos estándar que figuran en los datos, indicando qué electrodo actuará como ánodo y cuál como cátodo.. ii) Discuta la espontaneidad de las reacciones de un clavo de hierro sumergido en una disolución acuosa de sulfato de cobre(II) y de una moneda de cobre sumergida en una disolución acuosa de sulfato de hierro(II). Datos:  $E^0(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}) = -0,26 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{H}^+ / \text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Al}^{3+} / \text{Al}) = -1,68 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$

**Respuesta:**

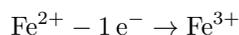
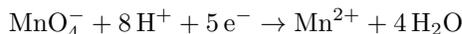
i) La pila de mayor voltaje es: **Al|Al<sup>3+</sup> || Cu<sup>2+</sup>|Cu**, cuyo potencial es:  $\varepsilon = 0,34 - (-1,68) = +2,02 \text{ V}$ . El electrodo Al | Al<sup>3+</sup> actuará como ánodo, mientras que el electrodo Cu | Cu<sup>2+</sup> lo hará como **cátodo**.

ii) la primera reacción es espontánea, pues el potencial sería:  $\varepsilon = 0,34 - (-0,44) = +0,78 \text{ V}$ . Por el contrario, la segunda reacción no es espontánea, pues su potencial sería:  $\varepsilon = -0,44 - 0,34 = -0,78 \text{ V}$

11. La valoración del cloruro de hierro (II) con permanganato de potasio en disolución acuosa se realiza según la ecuación siguiente:  $\text{KMnO}_4(\text{ac}) + \text{FeCl}_2(\text{ac}) + \text{HCl}(\text{ac}) \rightarrow \text{MnCl}_2(\text{ac}) + \text{FeCl}_3(\text{ac}) + \text{KCl}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}$ . i) Ajuste la ecuación anterior por el método del ion-electrón. ii) Se valoran 20 mL de una disolución de cloruro de hierro (II) con 14,8 mL de una disolución de permanganato de potasio de concentración 0,1 M. Halle la concentración molar de la disolución de cloruro de hierro (II) y calcule la masa del cloruro de hierro (II) presente en esos 20 mL. Datos: Masas atómicas: Fe: 55,85; Cl: 35,45.

**Respuesta:**

i) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la segunda semirreacción por cinco, y sumando a la primera, tendremos:



En forma molecular, tendremos:



ii) El número de moles de permanganato de potasio consumidos es:  $n = 0,0148 \cdot 0,1 = 1,48 \cdot 10^{-3}$ . Teniendo en cuenta que un mol de permanganato de potasio reacciona con 5 moles de cloruro de hierro (II), podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{1 \text{ mol KMnO}_4}{5 \text{ mol FeCl}_2} = \frac{1,48 \cdot 10^{-3} \text{ mol KMnO}_4}{x \text{ mol FeCl}_2} \quad x = 7,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Con lo que la concentración molar de  $\text{FeCl}_2$  será:

$$M = \frac{7,4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,37$$

La masa de cloruro de hierro (II) presente en los 20 mL será:

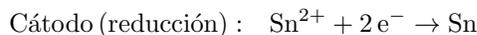
$$m = 7,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} (55,85 + 2 \cdot 35,45) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,938 \text{ g FeCl}_2$$

12. i) Indique cómo construiría una pila con los electrodos estándar de estaño y de níquel. ii) Identifique las reacciones que se producirán en el ánodo y en el cátodo. iii) Calcule el potencial de la pila. Datos: Potenciales de reducción estándar:  $E^0 (\text{Sn}^{2+} / \text{Sn}) = 0,14 \text{ V}$ ;  $E^0 (\text{Ni}^{2+} / \text{Ni}) = 0,26 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

i) Como ánodo utilizaríamos un electrodo de níquel, sumergido en una disolución 1M de una sal soluble de Ni (II), mientras que como cátodo se utilizaría un electrodo de estaño sumergido en una disolución 1 M de una sal de estaño (II). Entre ambos electrodos se dispone un puente salino, elaborado con una disolución de  $\text{KNO}_3$ .

ii) Las reacciones anódica y catódica son las siguientes:



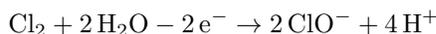
iii) El potencial de la pila sería:

$$\varepsilon_{\text{pila}} = \varepsilon_{\text{cátodo}} - \varepsilon_{\text{ánodo}} = -0,14 - (-0,26) = 0,12 \text{ V}$$

13. i) Ajuste por el método del ion-electrón la reacción siguiente:  $\text{Cl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$ . ii) Justifique en la reacción anterior cuál es la especie oxidante y cuál la especie reductora. iii) Calcule la masa de hipoclorito de sodio que se obtendrá a partir de 10 g de cloro. Datos: masas atómicas: Cloro = 35,45; Sodio = 22,99; Oxígeno = 16,00.

**Respuesta:**

i) Las semirreacciones son las siguientes:



Sumando algebraicamente las dos semirreacciones:



Sumando a ambos miembros  $4 \text{OH}^-$ , tendremos:



Teniendo en cuenta que  $4 \text{H}^+ + 4 \text{O}^-$  equivalen a  $4 \text{H}_2\text{O}$ , al agrupar términos, nos queda:



En forma molecular:



ii) **El cloro es, simultáneamente, la especie oxidante y la reductora** pues, en el primer caso se reduce a ion  $\text{Cl}^-$ , mientras en el segundo, se oxida a ion  $\text{ClO}^-$

iii) A partir de la ecuación ajustada podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{2 \cdot 2 \cdot 35,45 \text{ g Cl}_2}{2(22,99 + 35,45 + 16) \text{ g NaClO}} = \frac{10 \text{ g Cl}_2}{x \text{ g NaClO}} \quad x = 10,5 \text{ g NaClO}$$

14. Se realiza la electrolisis del cloruro de cinc fundido, i) Indique las reacciones que tienen lugar en el cátodo, el ánodo y la polaridad. ii) ¿Cuánto tiempo debe circular una corriente de 5 A para conseguir depositar 2,5 g de cinc? iii) Calcule el volumen de cloro que se desprenderá en ese mismo tiempo, si se mide a una presión de 1,2 atm y una temperatura de 30 °C. Dato: 1 F 96500 C mol<sup>-1</sup>, Masas atómicas: cloro 35,45; cinc 65,39, R = 0,082 atm L mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

**Respuesta:**

i) Las reacciones son las siguientes:



ii) Sabiendo que un equivalente electroquímico de Zn (65,39/2 g) es depositado por una carga de 96500 C, podremos escribir lo siguiente:

$$\frac{65,39/2 \text{ g Zn}}{96500 \text{ C}} = \frac{2,5 \text{ g Zn}}{5t \text{ C}} \quad t = 1476 \text{ s}$$

iii) La cantidad de cloro desprendida se obtiene de:

$$\frac{35,45 \text{ g Cl}}{96500 \text{ C}} = \frac{x \text{ g Cl}}{5 \cdot 1476 \text{ C}} \quad x = 2,71 \text{ g Cl} \quad \text{equivalente a } \frac{2,71}{2 \cdot 35,45} = 0,038 \text{ mol Cl}_2$$

Aplicando la ecuación de los gases:

$$1,2 \cdot V = 0,038 \cdot 0,082 \cdot 303 \quad V = 0,79 \text{ L Cl}_2$$

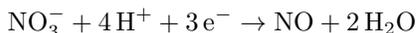
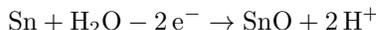
15. El estaño reacciona con ácido nítrico y se obtiene óxido de estaño (II), monóxido de nitrógeno y agua.  
a) Escriba la ecuación y ajústela por el método del ion-electrón. b) Calcule el volumen de ácido nítrico 1 M que se necesitará para convertir todo el estaño que hay en 30 g de una aleación (85 % de estaño en masa) en óxido de estaño (II). Datos: Masas atómicas: Estaño = 118,7.

**Respuesta:**

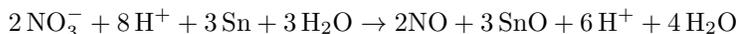
a) La ecuación es la siguiente:



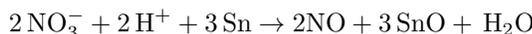
Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por 3, la segunda por 2, y sumando algebraicamente:



Agrupando términos:



En forma molecular:



b) A partir de la ecuación ajustada, podemos escribir:

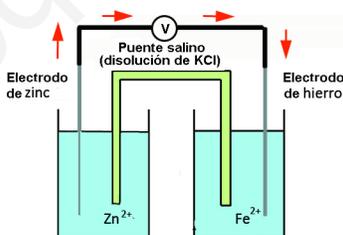
$$\frac{2 \text{ mol HNO}_3}{x \text{ mol HNO}_3} = \frac{3 \cdot 118,7 \text{ g Sn}}{3 \cdot 30 \cdot 0,85 \text{ g Sn}} \quad x = 0,43 \text{ mol HNO}_3$$

Por tanto, el volumen de HNO<sub>3</sub> 1 M será: V = **0,43 L**.

16. Una pila está representada por el siguiente esquema: Zn|Zn<sup>2+</sup>(1 M) || Fe<sup>2+</sup>(1 M)|Fe. a) Dibújela señalando cuál es el electrodo positivo y cuál el negativo. b) Escriba las dos semirreacciones indicando ánodo y cátodo y qué especie actúa como reductor y cuál como oxidante. c) Halle la diferencia de potencial en los bornes de la pila. d) Explique qué funciones tiene el puente salino, ponga un ejemplo de sustancia que pueda actuar como puente salino e indique el movimiento de iones. Datos: E<sup>o</sup>(Fe<sup>2+</sup>/Fe) - 0,44 V, E<sup>o</sup>(Zn<sup>2+</sup>/Zn) - 0,76 V.

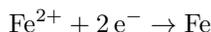
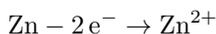
**Respuesta:**

a) La representación gráfica es la siguiente:



El electrodo de **zinc (ánodo) es el negativo**, mientras el de **hierro (cátodo) será el positivo**.

b) Las semirreacciones son las siguientes:



El **Zn actúa como reductor**, mientras el **Fe<sup>2+</sup> actúa como oxidante**.

c) La diferencia de potencial es:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = -0,44 - (-0,76) = 0,32 \text{ V}$$

d) El puente salino tiene por misión cerrar el circuito. Los iones positivos (en nuestro ejemplo, K<sup>+</sup>) se dirigen hacia el cátodo, mientras que los iones negativos (Cl<sup>-</sup>) se dirigen hacia el ánodo con el fin de compensar la carga eléctrica en cada semipila.

17. Se realiza en un laboratorio la valoración de 25 mL de una disolución de permanganato de potasio con una disolución de yoduro de potasio 0,25 M en presencia de ácido sulfúrico, obteniéndose sulfato de manganeso (II), yodo (I<sub>2</sub>), sulfato de potasio y agua. i) Ajuste mediante el método ion-electrón la reacción que tiene lugar. ii) Si el punto de equivalencia se encuentra tras añadir 10,0 mL de la disolución de yoduro de potasio, calcule la concentración de la disolución de permanganato de potasio.

**Respuesta:**

a)

18. i) Justifique si se va a producir una reacción espontánea entre la disolución y el recipiente cuando se introduce una disolución de nitrato de hierro(II) en un recipiente de aluminio. ii) Uno de los métodos para prevenir la corrosión del hierro consiste en unirle barras de otro metal, como por ejemplo el magnesio. Explique el fundamento de este proceso. Datos: E° (Al<sup>3+</sup>/Al) - 1,67 V; E° (Fe<sup>2+</sup>/Fe) - 0,44 V; E° (Mg<sup>2+</sup>/Mg) - 2,36 V.

**Respuesta:**

i) El potencial de la reacción:  $3 \text{Fe}^{2+} + 2 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Fe} + 2 \text{Al}^{3+}$  sería:

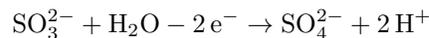
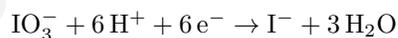
$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{red}} - \varepsilon_{\text{ox}} = -0,44 - (-1,67) = 1,23 \text{ V}$$

Por lo que el **Fe<sup>2+</sup> se deposita como Fe metálico, y el Al pasa a Al<sup>3+</sup>**, esto es, se disuelve. Al unir una barra de magnesio a otra de hierro, y tratarse el magnesio de un elemento más reductor que el hierro, tiene más tendencia a pasar a ion Mg<sup>2+</sup> que el Fe a Fe<sup>2+</sup> por lo que será atacado con preferencia a este último, con lo se consigue una protección del mismo.

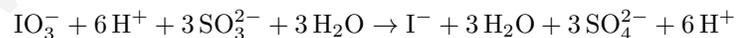
19. Se valoraron 30 mL de una disolución 0,25 M de yodato de sodio con una disolución 0,50 M de sulfito de sodio en medio ácido para obtener yoduro de sodio y sulfato de sodio. i) Ajuste, empleando el método ion-electrón, la reacción que tiene lugar. ii) Calcule el volumen necesario de la disolución de sulfito de sodio para alcanzar el punto de equivalencia.

**Respuesta:**

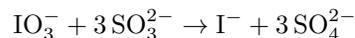
i) Las semirreacciones son las siguientes:



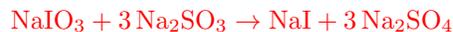
Multiplicando la segunda semirreacción por tres, y sumando la primera algebraicamente:



Agrupando términos:



En forma molecular:



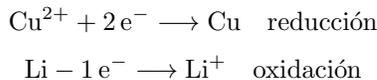
ii) El número de moles de yodato de sodio es:  $n = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 = 7,5 \cdot 10^{-3}$ . Si tenemos en cuenta que 1 mol de yodato de sodio reacciona con 3 moles de sulfito de sodio, tendremos que el número de moles de este compuesto será:  $n_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = 3 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 2,25 \cdot 10^{-2}$  Para calcular el volumen de la disolución de sulfito de sodio, tendremos:

$$2,25 \cdot 10^{-2} = V \cdot 0,50 \quad V = 0,045 \text{ L}$$

20. Una pila consta de un electrodo de cobre y un electrodo de litio con sendos electrolitos de sales de  $\text{Cu}^{2+}$  (ac. 1M) y  $\text{Li}^+$  (ac. 1M). i) Plantee la reacción redox que muestra el funcionamiento de la pila. ii) Calcule el voltaje de dicha pila. iii) Identifique ánodo y cátodo de la pila indicando su polaridad. iv) Dibuje la pila, con todos sus elementos indicando el sentido del flujo de electrones. Datos:  $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Li}^+/\text{Li}) = -3,04 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

i) Las semirreacciones son:



La reacción global es:

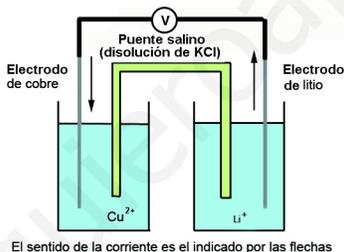


ii) El potencial de la pila es:

$$\varepsilon_{\text{pila}} = \varepsilon_{\text{cátodo}} - \varepsilon_{\text{ánodo}} = 0,34 - (-3,04) = +3,38 \text{ V}$$

**El ánodo (electrodo negativo) es el electrodo de litio introducido en una disolución 1 M de  $\text{Li}^+$ . El cátodo (electrodo positivo) es el electrodo de cobre introducido en una disolución 1 M de  $\text{Cu}^{2+}$ .**

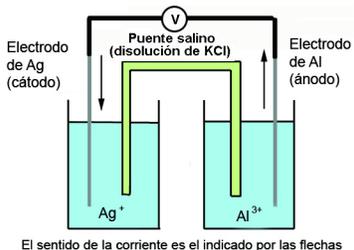
iv) La representación gráfica sería la siguiente:



21. Dados los siguientes potenciales estándar de reducción:  $E^0(\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Ag}^+ / \text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$  y  $E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,67 \text{ V}$ : i) Dibuje la pila que presente el mayor potencial estándar justificando su decisión. ii) Escriba las semirreacciones de oxidación y reducción de dicha pila indicando cuál tiene lugar en el ánodo y cuál en el cátodo. iii) Justifique si puede almacenarse una disolución de sulfato de cobre 1 M en un recipiente de estaño sin que se produzca ninguna reacción.

**Respuesta:**

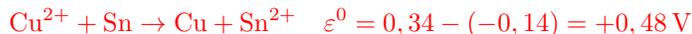
i) La pila que posee un mayor potencial es aquella en que la diferencia entre los potenciales de reducción de cátodo y ánodo sea máxima. En este caso, la pila formada por los electrodos de  $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$  y  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$ . La representación gráfica es la siguiente:



ii) Las semirreacciones de oxidación y de reducción serán, respectivamente:



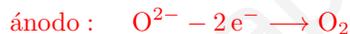
iii) **No se podría almacenar**, puesto que podría producirse la reacción:



22. El hierro metálico se obtiene mediante la reducción de trióxido de dihierro fundido en una celda electrolítica a la vez que se produce la formación de oxígeno gas. i) Indique las semirreacciones que tienen lugar en cada uno de los electrodos. ii) Identifique ánodo y cátodo de la celda. iii) Si la celda electrolítica emplea una corriente de 6 A, calcule cuánto tiempo deberá estar en funcionamiento para producir 10 g de hierro metálico. Datos:  $1\text{F} = 96500\text{ C/mol}$ ; Fe, masa atómica 55,85. Datos:  $1\text{F} = 96500\text{ C/mol}$ ; Fe, masa atómica: 55,85

**Respuesta:**

i) y ii) Las semirreacciones son las siguientes:



iii) Teniendo en cuenta que un equivalente electroquímico de hierro ( $55,85/3\text{ g}$ ) es depositado por una corriente de 96500 C, podremos escribir:

$$\frac{18,62\text{ g Fe}}{96500\text{ C}} = \frac{10\text{ g Fe}}{6 \cdot t\text{ C}} \quad t = 8638\text{ s}$$

## 8. QUÍMICA ORGÁNICA.

1. a) Indique el nombre de la molécula:  $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ . b) Formule y nombre dos isómeros de función del compuesto anterior c) Escriba la reacción de obtención del Poliestireno (PS).

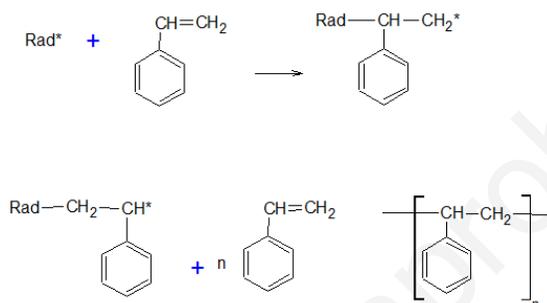
**Respuesta:**

a) El nombre de la molécula es **ácido 5-aminopentanoico**.

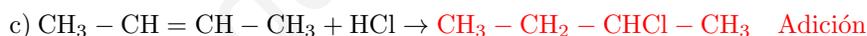
b) Dos isómeros de función pueden ser:



c) La reacción de obtención del poliestireno es:



2. Complete las reacciones siguientes y justifique si se trata de reacciones de sustitución, adición o condensación. Nombre, además, las sustancias que aparezcan en ellas:



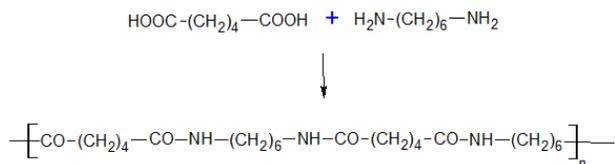
Reacción a: ácido **etanoico** + **metanol** → **etanoato de metilo**. Reacción b: **bromoetano** → **etanol**. Reacción c: **2-buteno** → **2-clorobutano**

3. a) Formule y nombre los isómeros geométricos que respondan a la fórmula  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  b) Escriba la reacción de polimerización para la obtención de un nailon.

**Respuesta:**

a) Para que puedan existir isómeros geométricos, es necesaria la presencia de un doble enlace en la cadena, lo cual puede darse en los alcoholes y éteres en los que el doble enlace no se encuentre sobre uno de los carbonos extremos. lo que se produce en los siguientes casos:

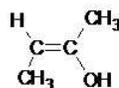
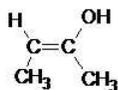
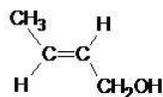
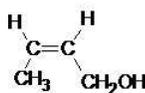
b) La reacción puede ser del tipo:



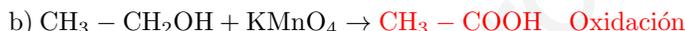
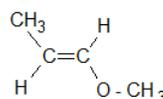
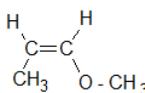
4. Complete y clasifique las siguientes reacciones según su tipo, nombrando todas las sustancias orgánicas:



Alcoholes



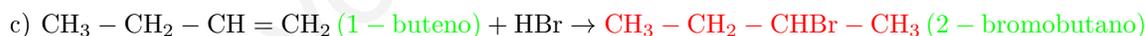
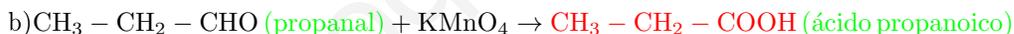
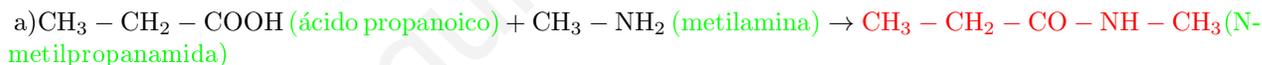
Éteres



Reacción a): etanol + etilamina → N-etiletanamida. Reacción b) etanol → ácido etanoico. Reacción c) eteno → 1,2-dibromoetano

5. Complete las reacciones siguientes y nombre todas las sustancias que aparezcan en ellas: a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH} + \text{CH}_3 - \text{NH}_2$  b)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO} + \text{KMnO}_4$  c)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{HBr}$

Respuesta:



6. a) Escriba la fórmula correspondiente al ácido 3-hidroxipentanoico. b) Para el compuesto anterior, formule y nombre un isómero de función, un isómero de posición, un isómero de cadena. Justifique si este compuesto inicial puede tener isómeros ópticos, y en caso de que los tuviera, dibújelos.

Respuesta:



b) Un isómero de función puede ser:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ , uno de posición puede ser:  $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ , y uno de cadena:  $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$ . El compuesto tiene un carbono asimétrico (el carbono número 3), por lo que puede tener isómeros ópticos.

7. i) Formule la pentan-2-ona y a continuación formule y nombre otros dos compuestos de manera que los tres compuestos sean entre sí isómeros de función. ii) Formule el 2-bromobutano. Justifique si presentará isomería óptica y, en caso de que la tenga, dibuje y nombre los isómeros correspondientes.

Respuesta:

i) La pentan-2-ona tiene como fórmula:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$ . Dos isómeros de función de este compuesto son:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$  (pentanal) y  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (dietyl

éter).

ii) El bromobutano tiene un carbono asimétrico, por lo que presentará dos isómeros ópticos.



8. i) Formule y nombre un alcohol secundario de 3 carbonos. Formule y nombre un ácido de cadena ramificada con 4 carbonos en total. Escriba la reacción entre los dos compuestos anteriores y nombre el producto. ii) Explique qué tipo de polímero es el Nailon y escriba su reacción de polimerización.

**Respuesta:**

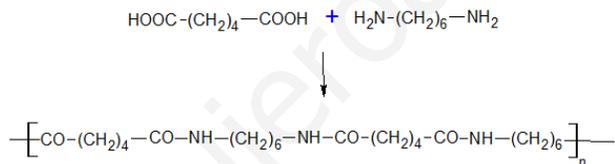
i) El alcohol puede ser:

$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$  (**2-propanol**), mientras que el ácido puede ser:  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{COOH}$ , (**ácido 2-metilpropanoico**). La reacción entre los dos compuestos anteriores es:



Cuyo nombre es: **2-metilpropanoato de isopropilo**

ii) la reacción de polimerización es:

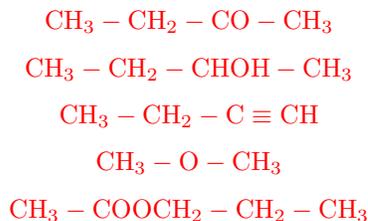


Se trata de una reacción de **condensación** entre un diácido y una diamina, obteniéndose una **poliamida**.

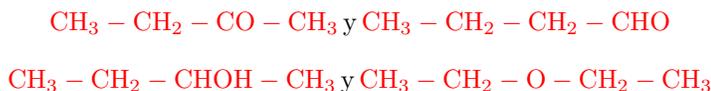
9. i) Formule los cinco compuestos siguientes: butanona, butan-2-ol, but-1-ino, dimetileter y propanoato de etilo. ii) Escriba para cada uno de los tres primeros compuestos anteriores un isómero de función y nómbrelo. iii) Explique si alguno de los cinco compuestos iniciales puede presentar isomería óptica y en caso afirmativo dibuje los isómeros.

**Respuesta:**

i) Las respectivas fórmulas son:

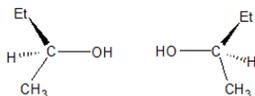


ii) Los isómeros de función pueden ser:



$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \equiv \text{CH}$  no posee isómeros de función

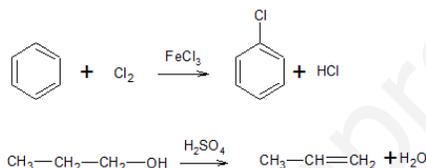
iii) El butan-2-ol presenta isomería óptica, al poseer un C asimétrico (el nº 2). Los isómeros son los siguientes:



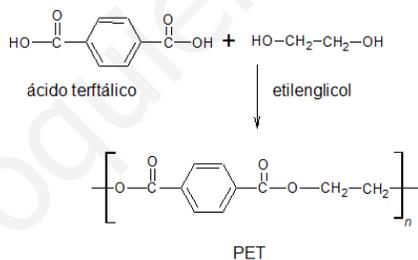
10. i) Complete las reacciones siguientes formulando y nombrando todas las sustancias: Benceno + cloro (en presencia de  $\text{FeCl}_3$ )  $\rightarrow$   $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{SO}_4$  (180° C)  $\rightarrow$  ii) Escriba la reacción de polimerización correspondiente a la formación del PET.

**Respuesta:**

i) Las reacciones son las siguientes:



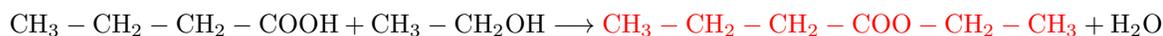
ii) La reacción de polimerización (en medio ácido y con calentamiento) es:



11. i) El ácido butanoico reacciona con el etanol y también puede reaccionar con la etilamina (o etanamina). Escriba ambas reacciones químicas formulando y nombrando todas las sustancias que intervienen. Clasifíquelas. ii) Formule y nombre un isómero de función y otro de cadena del ácido butanoico.

**Respuesta:**

i) La reacciones son las siguientes:



En esta reacción se obtiene **butanoato de etilo** y agua mediante una esterificación (reacción de **condensación**).

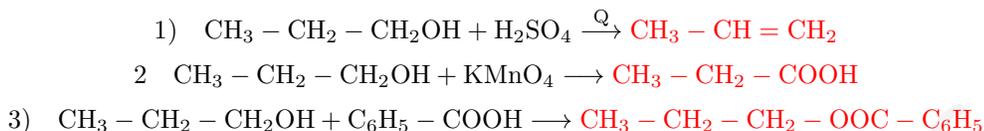


También se trata de una reacción de condensación, obteniéndose en este caso **N-etilbutanamida**.

ii) Un isómero de función podría ser  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_3$  (propanoato de metilo), mientras que un posible isómero de cadena es:  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{COOH}) - \text{CH}_3$  (**ácido 2-metilpropanoico**)

12. Clasifique y complete las tres siguientes reacciones químicas del propan-1-ol . Formule y nombre todas las sustancias presentes en las reacciones: . 1) Propan-1-ol + Ácido sulfúrico concentrado y caliente →  
 2) Propan-1-ol + Permanganato de potasio → 3) Propan-1-ol + Ácido benzoico →

**Respuesta:**

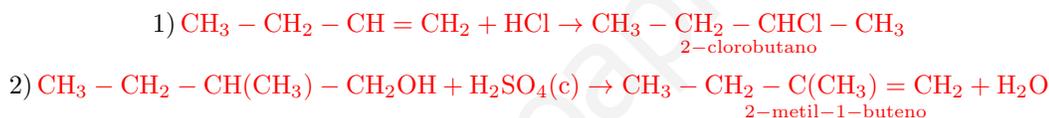


La primera reacción es de **eliminación**, obteniéndose **propeno**. La segunda es una reacción de **oxidación** en la que se obtiene el ácido **propanoico**. La tercera reacción es de **condensación (esterificación)**, obteniéndose **benzoato de propilo**.

13. i) Formule los reactivos de las dos reacciones escritas y complételas formulando y nombrando los productos de la reacción: 1) but-1-eno + cloruro de hidrógeno. 2) 2-metilbutan-1-ol + ácido sulfúrico concentrado ii) Clasifique, justificando su decisión, cada una de las reacciones del apartado anterior.

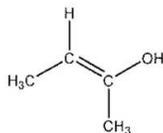
**Respuesta:**

i)



ii) La primera reacción es de **adición**, (característica de los compuestos con dobles enlaces), mientras que la segunda es de **eliminación**, (dos sustituyentes se eliminan de una molécula, dando lugar a un doble enlace).

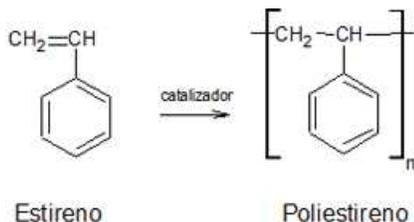
14. i) Nombre el compuesto de la figura, A continuación, formule y nombre tres isómeros de función del compuesto de la figura. ii) Escriba la reacción de estireno para dar poliestireno, PS



**Respuesta:**

i) Se trata del **2-buten-2-ol**. Los isómeros de función pueden ser:  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{O} - \text{CH}_3$  (**1-metoxi-1-propeno**);  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (**butanona**), y  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$  (**butanal**)

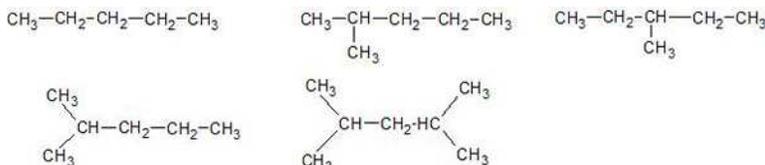
ii) La reacción es la siguiente:



15. Formule y nombre cinco isómeros de un compuesto cuya fórmula corresponde a  $C_6H_{14}$ , señalando el tipo de isomería entre dichos isómeros.

**Respuesta:**

Se trata de un hidrocarburo saturado por lo que los isómeros serán todos de cadena, son los siguientes:



16. a) Formule los compuestos siguientes: Ácido metanoico, etanonitrilo, etilamina (etanamina), propanamida y propanoato de etilo. b) Nombre los siguientes compuestos:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ . c) Indique si entre las diez sustancias anteriores hay algunas que son isómeros entre sí. En caso afirmativo, identifique el tipo de isomería que presentan.

**Respuesta:**

- a)  **$\text{HCOOH}$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CN}$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$ ;  $\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{COOCH}_2 - \text{CH}_3$ .**  
 b) **1-propanol, propanona, butanal, metoxietano, 2-propanol.** c) Son isómeros entre sí el **1-propanol, el 2-propanol y el metoxietano**. Los dos primeros son isómeros de posición, mientras que el primero con el tercer y el segundo con el tercero son isómeros de **grupo funcional**.
17. Complete las reacciones siguientes y formule los reactivos y productos de las tres reacciones. Identifique y explique si dichas reacciones son de sustitución, eliminación o adición. 1) But-1-eno + bromuro de hidrógeno. 2) 1-yodobutano + hidróxido de potasio. 3) Benceno + ácido nítrico, en presencia de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ (c).

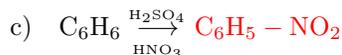
**Respuesta:**



Se trata de una reacción de **adición**. Según la regla de Markovnikov, el compuesto que se obtiene con preferencia es el **2-bromobutano**, aunque también puede obtenerse el 1-bromobutano.

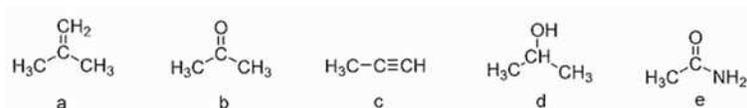


Es una reacción de **sustitución**.



En este caso, la reacción es de **sustitución**.

18. i) Explique el concepto de grupo funcional e identifique los grupos funcionales presentes en las siguientes moléculas:



- ii) Nombre cada uno de los compuestos anteriores.

**Respuesta:**

i) Un grupo funcional es un átomo, o conjunto de átomos, unido a una cadena carbonada, que reemplazan a los átomos de hidrógeno perdidos por las cadenas carbonadas saturadas. Los grupos funcionales en los ejemplos anteriores son; a) **Alqueno** b) **cetona**; c) **alquino** d) **alcohol** e) **amida**. ii) a) **metilpropeno**. b) **propanona**. c) **propino**. d) **2-propanol**. e) **etanamida**.

19. i) Complete las siguientes reacciones formulando y nombrando todas las sustancias presentes en las reacciones, ya sean reactivos o productos: 1) propan-2-ol + ácido sulfúrico concentrado y caliente → 2) propan-1-ol + bromuro de hidrógeno → 3) 2-metilbutanal + permanganato de potasio → ii) Clasifique, justificando su decisión, cada una de las reacciones del apartado anterior.

**Respuesta:**

i) Las reacciones son las siguientes:



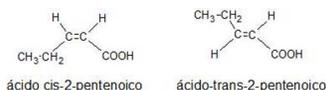
ii) La primera reacción es de **eliminación** de una molécula de agua, por parte del ácido sulfúrico. La segunda es de **sustitución** (grupo OH por Br), y la tercera es de **oxidación**, donde el aldehído se oxida a ácido por medio del permanganato de potasio.

20. i) Formule los siguientes compuestos: etanoato de metilo, butanal, butanamida, ácido pent-2-enoico, pentan- 2-ol. ii) Explique si alguno de los cinco compuestos puede presentar isomería geométrica y en caso afirmativo represente y nombre los posibles isómeros. iii) Escriba para cada uno de los tres primeros compuestos un isómero de función y nómbrelo. iv) Explique si alguno de los cinco compuestos puede presentar isomería óptica y en caso afirmativo dibuje los isómeros.

**Respuesta:**

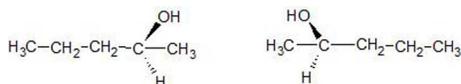
i) Los compuestos son los siguientes:  $\text{CH}_3 - \text{COOCH}_3$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{COOH}$ ;  $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

ii) Presenta isomería geométrica el ácido pent-2-enoico. Sus isómeros son los siguientes:



iii)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$  (ácido propanoico);  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$ ; (butanona);  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$  (**1-aminobutan-2-ona**)

iv) El pentan-2-ol presenta isomería óptica, al tener un carbono asimétrico. Los isómeros son los siguientes:



21. i) Formule los siguientes compuestos: hexano-1,6-diamina y ácido hexanodioico . ii) Identifique los grupos funcionales en cada uno de los compuestos del apartado anterior. iii) Escriba y explique la reacción de polimerización que tiene lugar entre estos dos compuestos, indicando el producto que se

