

# PRUEBAS EBAU QUÍMICA

Juan P. Campillo Nicolás

16 de julio de 2022

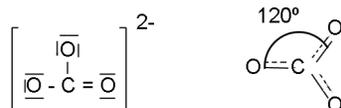
## 1. EL ÁTOMO. ENLACE QUÍMICO.

1. a) Escriba las configuraciones electrónicas en estado fundamental de los elementos X ( $Z = 19$ ) e Y ( $Z = 36$ ). Indique el grupo y periodo de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. A partir de su posición en la tabla periódica, indique, de forma razonada, el elemento que previsiblemente presentará el valor más bajo de la primera energía de ionización. b) Para el anión carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del anión, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados. Datos: C ( $Z = 6$ ), O ( $Z = 8$ ).

### Respuesta:

a) La configuración electrónica para X es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  (periodo 4, grupo 1), mientras que para Y es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ , periodo 4, grupo 18 (0). La menor energía de ionización corresponderá al elemento **X**, debido a que puede perder su electrón externo con facilidad, para alcanzar configuración de gas noble. El elemento Y ya posee esa configuración, por lo que es muy estable y no pierde electrones con facilidad.

b) La estructura de Lewis para el ion carbonato y su forma geométrica serían los siguientes:



2. Escriba el valor de los números cuánticos  $n$  y  $l$  para los orbitales de la subcapa  $3d$ .

### Respuesta:

El número cuántico  $n$  valdrá **3**, mientras que el número cuántico  $l$  tomara el valor **2**.

3. a) El elemento X en estado fundamental presenta la siguiente configuración electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ . Indique: a) el grupo y periodo de la tabla periódica a los que pertenece el elemento y su carácter metálico, o no metálico; b) el tipo de ion, anión o catión, que formará el elemento. Justifique las respuestas. c). Los puntos de ebullición normales del 1-propanol (propan-1-ol,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ) y del metoxietano (etilmetil éter,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ) son  $97,4^\circ\text{C}$  y  $7^\circ\text{C}$ , respectivamente. Justifique la diferencia en los valores de los puntos de ebullición normales de los dos compuestos.

### Respuesta:

a) El elemento se encuentra en el **periodo 4** (nivel más alto ocupado) y el **grupo 2** (número de electrones de la capa de valencia). Se trata de un **metal** alcalinotérreo. b) Formará el catión  **$2^+$**  debido a que, perdiendo los dos electrones externos, alcanzará la configuración de gas noble.

c) El punto de ebullición del 1-propanol es muy superior al del metoxietano, debido a que, en el primero, existen enlaces O-H, que pueden dar lugar a la formación de enlaces por **punto de hidrógeno**.

4. A. Indique el tipo de hibridación que presenta el átomo de carbono en: a) la molécula de HCN (geometría lineal); b) la molécula  $\text{CCl}_4$  (geometría tetraédrica).

### Respuesta:

a) La hibridación es de tipo **sp**, debido a la forma lineal de la molécula. b) la hibridación es **sp<sup>3</sup>**, como corresponde a la forma tetraédrica.

5. Para el elemento X, caracterizado por pertenecer al grupo 15 y al período 4 de la tabla periódica: a) escriba la configuración electrónica en el estado fundamental; b) indique su número atómico; c) indique el número de electrones desapareados que presenta en el estado fundamental; d) escriba la

configuración electrónica del anión  $X^{3-}$  en estado fundamental. e) Justifique la diferencia en los valores de las temperaturas normales de ebullición del  $NH_3$  (239,8 K) y del  $NF_3$  (144,1 K), si las dos moléculas presentan la misma estructura molecular (pirámide trigonal) y las dos son polares.

**Respuesta:**

a) La configuración electrónica del estado fundamental es: X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$

b) Su número atómico es  $Z = 33$ , igual al número de electrones del átomo neutro.

c) En el estado fundamental, el número de electrones desapareados es de 3 (los electrones 4p), en aplicación del Principio de máxima multiplicidad /Regla de Hund)

d) La configuración electrónica del anión  $X^{3-}$  es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$  e) La temperatura de ebullición es superior en el caso del  $NH_3$ , debido a la formación de **enlaces por puente de hidrógeno** entre sus moléculas, lo que no puede ocurrir en el caso de las moléculas de  $NF_3$ .

6. Deduzca el carácter polar, o no polar, de la molécula  $BeCl_2$ , que presenta una geometría molecular lineal.

**Respuesta:**

La configuración electrónica del Be es  $1s^2$ . En la molécula  $BeCl_2$  se forman dos enlaces covalentes que forman entre sí un ángulo de  $180^\circ$ , al no existir electrones solitarios. A pesar de ser polares ambos enlaces, la suma de los momentos dipolares es nula. Así pues, la molécula será **apolar**.

7. Indique el número cuántico, y sus posibles valores, que representa según la teoría mecanocuántica: a) la energía de un orbital; b) la orientación espacial de un orbital. c) Los elementos X e Y ocupan las posiciones de la tabla periódica que se indican a continuación: X periodo = 4, grupo = 13; Y periodo = 4, grupo = 17. Indique el elemento que presentará el valor más alto del radio atómico. Justifique la respuesta.

**Respuesta:**

a) El número cuántico que representa la energía de un orbital es el **n**. Puede tomar **valores enteros mayores o iguales que 1**

b) La orientación espacial viene dada por el número cuántico **m**, cuyos valores (enteros) van desde **+1 hasta -1**. c) Las respectivas configuraciones electrónicas son: X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$  e Y:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ . El elemento de mayor radio atómico será el **X**, debido a que posee igual valor que Y para el número cuántico principal ( $n = 4$ ), pero posee menor número de protones en el núcleo.

8. A. Indique el tipo de hibridación del átomo central en las siguientes moléculas: a)  $SiCl_4$  (geometría tetraédrica); b)  $HCN$  (geometría lineal).

**Respuesta:**

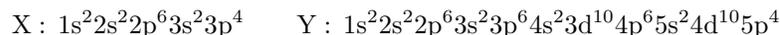
a) La hibridación es  **$sp^3$** , como corresponde a la forma tetraédrica.

b) La hibridación es de tipo  **$sp$** , debido a la forma lineal de la molécula.

9. A. Escriba las configuraciones electrónicas en estado fundamental de los elementos X ( $Z = 16$ ) e Y ( $Z = 52$ ). a) Indique el grupo y período de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. A partir de su posición en la tabla periódica, indique, de forma razonada, el elemento que, previsiblemente, presentará el valor más bajo del radio atómico. b). Para la molécula de  $CO_2$ , deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del compuesto, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados. Datos. C ( $Z = 6$ ); O ( $Z = 8$ ).

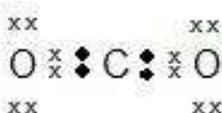
**Respuesta:**

a) Las respectivas configuraciones electrónicas son:



Ambos elementos pertenecen al mismo grupo (16). X pertenece al periodo 3, mientras que Y pertenece al periodo 5, como indica el nivel más alto ocupado en cada uno de los casos. A lo largo de un grupo, el radio atómico aumenta al bajar a lo largo de aquél, debido a que el último nivel electrónico se encuentra cada vez más distante del núcleo. Según esto, el elemento X será el que tenga un menor radio atómico

b) La estructura de Lewis para el CO<sub>2</sub> será la siguiente:



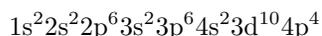
Según la TRPECV, el átomo de carbono posee dos pares enlazantes (cada uno de los dos dobles enlaces con el oxígeno), y carece de electrones solitarios. Para que la repulsión sea mínima los dos pares enlazantes se disponen a lo largo de una línea recta. lo que implica que la molécula de CO<sub>2</sub> es lineal, con ángulos de 180° entre los dos dobles enlaces

10. Para el valor del número cuántico  $l = 1$ , indique, de forma razonada, el tipo de subcapa que representa y el número máximo de electrones permitidos que puede alojar la subcapa.

**Respuesta:**

Para el valor de  $l = 1$  pueden darse los valores de  $m_l + 1$ , 0 y -1. Hay pues tres orbitales de tipo  $p$ , con capacidad para dos electrones cada uno de ellos, lo que hace un total de seis electrones.

11. A. El elemento X presenta la siguiente configuración electrónica en estado fundamental:



Indique, de forma razonada: a) el grupo y período de la tabla periódica a los que pertenece el elemento; b) el tipo de ión, anión o catión, que formará con mayor facilidad el elemento y la configuración electrónica del ión formado. c). Para los aniones O<sup>2-</sup> y F<sup>-</sup> indique, de forma razonada, el anión que posee el radio iónico más pequeño. Datos: O ( $Z = 8$ ); F ( $Z = 9$ ).

**Respuesta:**

a) Con la configuración electrónica indicada, el elemento X se encuentra en el grupo 16 (tal y como indican sus seis electrones en el último nivel) y en el periodo 4 (4 es el nivel de energía más alto).

b) dada su situación, en la parte derecha de la tabla periódica, la afinidad electrónica de este elemento será elevada, por lo que tenderá a formar aniones del tipo X<sup>2-</sup>, con una configuración electrónica 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>4s<sup>2</sup>3d<sup>10</sup>4p<sup>6</sup>

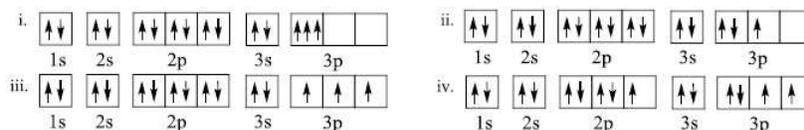
c) La configuración electrónica para O<sup>2-</sup> y F<sup>-</sup> es, en ambos casos: 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>. La carga nuclear del flúor es mayor que la del oxígeno, por lo que la última capa (la misma en ambos casos) experimentará una mayor fuerza de atracción en el caso del flúor, lo que hace que el radio iónico de F<sup>-</sup> sea menor que el del O<sup>2-</sup>

12. Indique el valor aceptable para el número cuántico que falta en el conjunto  $n = 3, l = ? , m_l = -2$ . Justifique la respuesta.

**Respuesta:**

El número cuántico  $l$  puede tomar los valores desde 0 hasta  $n-1$ , por lo que, en este caso, podría tomara los valores 0, 1 y 2. Por otra parte, los valores de  $m_l$  para un determinado valor de  $l$  son números enteros que varían desde  $+l$  hasta  $-l$ . Al tomar  $m_l$  el valor  $-2$ , el valor de  $l$  debe ser, necesariamente de **2**

13. a) Los siguientes diagramas de orbitales corresponden a especies químicas neutras. Indique los diagramas que son correctos, los que son incorrectos y los que corresponden a estados fundamentales o excitados del átomo neutro. Justifique todas las respuestas. b) Escriba las configuraciones electrónicas, en estado



fundamental, de los elementos X ( $Z=17$ ) e Y ( $Z=35$ ). Indique el grupo y periodo de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. A partir de su posición en la tabla periódica, indique, de forma razonada, el elemento que previsiblemente presentará el valor más elevado de la primera energía de ionización.

**Respuesta:**

a) **i es incorrecto**, pues no se cumple el Principio de exclusión de Pauli. **ii no cumple la regla de Hund**. Aunque puede considerarse **correcto**, se trata de un **estado activado**. **iii es correcto** y corresponde a un **estado fundamental**. **iv es correcto**. Se trata de un **estado activado**, pues se ha promocionado un electrón 2p al nivel 3.

b) Las configuraciones electrónicas son las siguientes:



Ambos elementos se encuentran en el **grupo 17**. El elemento de  $Z = 17$  se encuentra en el **tercer periodo**, mientras que el de  $Z = 35$  se encuentra en el **cuarto**. La energía de ionización aumenta en un grupo desde abajo hacia arriba. Al encontrarse el elemento de número atómico 17 por encima del de  $Z = 35$  en el mismo grupo,  **$Z = 17$  poseerá mayor valor** de la primera energía de ionización

14. Deduzca, a partir de su estructura molecular, el carácter polar, o no polar, de la molécula  $\text{CH}_2\text{O}$ , que presenta una geometría molecular triangular. Datos: Valores de las electronegatividades (escala de Pauling): H = 2,1; C = 2,5; O = 3,5.

**Respuesta:**

La molécula tiene dos enlaces C-H y un enlace C=O. Como se deduce de los valores de electronegatividad, el momento dipolar del enlace C-H es diferente de la polaridad del enlace C=O. AL ser triangular la molécula, ésta será **polar**.

15. A. Para el elemento X ( $Z = 38$ ), escriba la configuración electrónica en su estado fundamental e indique, de forma razonada: i) el bloque y el período de la tabla periódica a los que pertenece el elemento; ii) el tipo de ión, anión o catión, que formará con mayor facilidad el elemento. B. Las temperaturas de ebullición a la presión de 1 atm de las sustancias  $\text{Br}_2(l)$  y  $\text{ICl}(l)$  son, respectivamente,  $58,8^\circ\text{C}$  y  $97,4^\circ\text{C}$ . Teniendo en cuenta que las masas molares de las dos sustancias son muy semejantes [ $M(\text{Br}_2) = 159,8 \text{ g mol}^{-1}$ ,  $M(\text{ICl}) = 162,35 \text{ g mol}^{-1}$ ], justifique la diferencia en los valores de las temperaturas de ebullición de estas dos sustancias. Datos. Valores de electronegatividad: I = 2,66; Cl = 3,16.

**Respuesta**

A) La configuración electrónica es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$  i) el **grupo** que ocupa este elemento es el **2**, mientras que el **periodo** es el **5**. dada su situación a la izquierda de la tabla periódica, tenderá a formar un ion positivo del tipo  **$X^{2+}$** .

B) la molécula de bromo es apolar, por lo que las únicas fuerzas entre sus moléculas son **las de dispersión de London**. En el ICl, la molécula es polar, con lo que existirán fuerzas entre **dipolos permanentes, (fuerzas de Van der Waals)**, de mayor intensidad que las fuerzas de dispersión. En consecuencia, la temperatura de ebullición del ICl será mayor que la del Br<sub>2</sub>.

16. Para el  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , indique, de forma razonada, el número de protones y de neutrones que hay en el núcleo del átomo.

### Respuesta

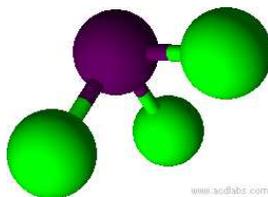
El número de protones de este isótopo es igual al número atómico, **92**, mientras que el número de neutrones es la diferencia entre el número másico, 235 y el número atómico, 92, es decir **146 neutrones**.

17. A. Indique, de forma razonada, el tipo de enlace que formarán los elementos X (grupo 1, período 3) e Y (grupo 16, período 3) cuando se combinen y la fórmula empírica del compuesto formado. B. Los valores de electronegatividad en la escala de Pauling de los átomos de fósforo y de cloro son, respectivamente, 2,1 y 3,0. La molécula PCl<sub>3</sub> presenta una geometría molecular de pirámide trigonal. Dibuje la estructura de la molécula y deduzca, a partir de esta estructura y de los datos suministrados, el carácter polar, o no polar, del PCl<sub>3</sub>.

### Respuesta

A) El tipo de enlace será iónico, con una fórmula empírica X<sub>2</sub>Y, donde el elemento X forma el ion X<sup>+</sup>, y el Y el ion Y<sup>2-</sup>

B) La estructura de esta molécula es la siguiente;



Teniendo en cuenta que los tres enlaces son polares, debido a la diferencia de electronegatividad entre P y Cl, y la forma piramidal de la molécula, esta tendrá un carácter **polar**.

18. De los dos conjuntos de números cuánticos (n, l, ml y ms) que se indican, identifique, de forma justificada, el que representa correctamente un electrón en un átomo: i) (3, -2, -1, -1/2); ii) (3, 2, -1, 1/2).

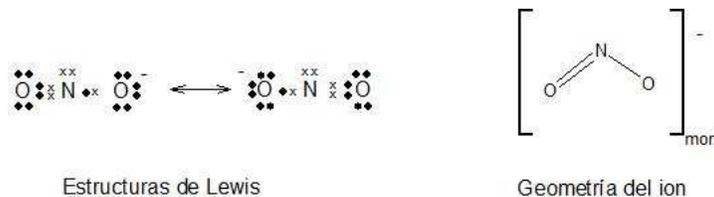
### Respuesta

Se trata de ii), puesto que en i), el número cuántico l es negativo, y sólo puede tomar valores positivos desde 0 hasta n - 1.

19. a) Para el anión nitrito, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del compuesto, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados. Datos. N (Z = 7); O (Z = 8). b) Escriba las configuraciones electrónicas, en estado fundamental, de los elementos X (Z = 35) e Y (Z = 17). b) Indique el bloque y periodo de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. A partir de su posición en la tabla periódica, indique, de forma razonada, el elemento que previsiblemente presentará el valor más negativo de la afinidad electrónica.

### Respuesta

La estructura de Lewis y la geometría del ion serían, respectivamente:



Debido a la presencia de un par de electrones no compartidos sobre el átomo de nitrógeno, la forma del ion será angular, con ángulos aproximados de  $120^\circ$ .

b) Las respectivas configuraciones electrónicas son: X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$  Y:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . X pertenece al **periodo 4, grupo 17**, e Y pertenece al **periodo 3, grupo 17**. Puesto que la afinidad electrónica aumenta al desplazarnos hacia arriba a lo largo de un grupo, **Y** será el elemento que presente mayor afinidad electrónica

20. a) Escriba la configuración electrónica e indique el número de electrones desapareados para cada una de las siguientes especies: Ge ( $Z = 32$ );  $\text{Cu}^+$  ( $Z=29$ ); Cr ( $Z = 24$ ); Br ( $Z = 35$ ). b) Las temperaturas de ebullición a la presión de 1 atm de las sustancias  $\text{Br}_2(\text{l})$  y  $\text{HCl}(\text{l})$  son  $58,8^\circ\text{C}$  y  $108,6^\circ\text{C}$ , respectivamente. Justifique la diferencia en los valores de las temperaturas de ebullición de estas dos sustancias. Datos: valores de la electronegatividad:  $\chi$  (Br) = 2,96;  $\chi$  (Cl) = 3,0;  $\chi$  (H) = 2,1.

### Respuesta

a) Ge:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^2$ ; **2 electrones desapareados**  $\text{Cu}^+$  :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ ; **0 electrones desapareados**. Cr:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$ . **6 electrones desapareados**; Br:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ . **1 electrón desapareado**.

b) El bromo es una sustancia covalente apolar, por lo que las fuerzas intermoleculares son muy débiles. El HCl es un compuesto covalente polar, en el que se producen enlaces por puente de hidrógeno, lo que contribuye a un aumento en su punto de ebullición con respecto al del  $\text{Br}_2$

21. a) De los siguientes conjuntos de números cuánticos indique, justificando la respuesta, el que representa correctamente a un electrón en un átomo: i)  $(3, 3, 0, \frac{1}{2})$  ii)  $(2, 1, -1, \frac{1}{2})$  b) . Para el  $^{208}_{82}\text{Pb}$  indique, razonadamente, el número de protones y de neutrones que hay en el núcleo del a) átomo.

### Respuesta

a) i) **Falso**: el valor de l debe ser inferior al de n. ii) **Correcto**.

b) El número atómico es el número de protones, por lo que  $Z = 82$ . El número de neutrones será la diferencia entre el número másico, A y el número atómico, Z, en este caso,:  $n^\circ$  neutrones =  $208 - 82 = 126$

22. a) Las siguientes configuraciones electrónicas representan estados excitados de los átomos: i)  $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2 3d^2$ ; ii)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10} 4p^3 5s^2$ . Para cada caso escriba la configuración electrónica del estado fundamental e indique el bloque de la tabla periódica al que pertenece cada elemento. Justifique las respuestas. b) Los valores de electronegatividad en la escala de Pauling de los átomos C, H y N son 2,5; 2,1 y 3,0, respectivamente. A partir de estos datos y de la geometría de la molécula deduzca el carácter polar o no polar de la molécula HCN, que presenta una geometría molecular lineal.

### Respuesta

a) Las respectivas configuraciones electrónicas para el estado fundamental son: i)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ . El elemento se encuentra en el **periodo 3 y grupo 2**; ii)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^4$ . La situación en la tabla periódica es: **periodo 4, grupo 16**.

b) En la molécula HCN existe un triple enlace entre C y N y un enlace sencillo C-H. La molécula

será lineal, y al ser diferentes los momentos dipolares de los enlaces CN y C-H, la molécula será **polar**. El módulo del momento dipolar resultante será igual a la suma de los módulos de ambos momentos dipolares, pues los correspondientes vectores se dirigen en el sentido  $H \rightarrow C$  y  $C \rightarrow N$ .

23. a) Indique el tipo de hibridación que presenta: i) el carbono en la molécula  $CHCl_3$  (tetraédrica); ii) el nitrógeno en la molécula  $NH_3$  (pirámide trigonal). b) Escriba la ecuación química que representa la síntesis del acetato de etilo. Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada de los reactivos empleados y escriba la fórmula semidesarrollada del producto orgánico de la reacción.

### Respuesta

a) i) La hibridación del C es del tipo  **$sp^3$** . La molécula tiene forma tetraédrica. ii) La hibridación del N en el  $NH_3$  es, también, del tipo  **$sp^3$** , siendo la molécula piramidal trigonal.

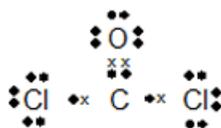
b) La síntesis del acetato de etilo se representa mediante la reacción:



24. a) Para la molécula de  $Cl_2CO$ , deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del compuesto, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados. Datos. C ( $Z = 6$ ); O ( $Z = 8$ ); Cl ( $Z = 17$ ). b) Los puntos normales de ebullición del bromo líquido [ $Br_2(l)$ , masa molar = 159,8 g/mol] y del yodo sólido [ $I_2(s)$ , masa molar = 253,8 g/mol] son 58,8 °C y 184,3 °C, respectivamente. Justifique la diferencia entre los dos valores de los puntos normales de ebullición.

### Respuesta

a) La estructura de Lewis es la siguiente:



La molécula es **plana** y los enlaces se disponen formando ángulos aproximados de **120°**.

b) Las fuerzas intermoleculares en ambos casos corresponden a fuerzas de dispersión de London, cuya intensidad se hace mayor cuanto mayor sea la masa molecular. De este modo, el  $I_2$  tendrá un punto de ebullición superior al del  $Br_2$

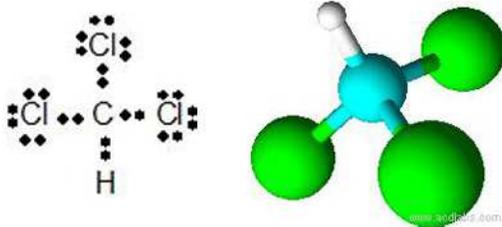
25. a) Indique, de forma razonada, los valores posibles del número cuántico  $m_l$ , que puede presentar un electrón alojado en la subcapa 4d. b) Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada de tres de los cuatro isómeros constitucionales y geométricos posibles del alqueno cuya fórmula molecular es  $C_4H_8$ .

### Respuesta

a) Los posibles valores son:  $n = 4$ ,  $l = 2$ ;  $m_l = +2, +1, 0, -1$  y  $-2$ , y  $s = \pm 1/2$ .

b) Las posibles fórmulas son las siguientes:





30. Teniendo en cuenta los valores de los números cuánticos  $n = 3$  y  $m_l = 2$ , indique, justificando las respuestas: i) el valor del número cuántico  $l$ ; ii) la notación del subnivel electrónico; iii) el número de orbitales en el subnivel; iv) el número máximo de electrones en el subnivel.

**Respuesta**

- i) El número cuántico  $l$  debe valer **2**, pues debe ser inferior a  $n$ , e igual como máximo al valor absoluto de  $m_l$ .  
 ii) El subnivel es **3d**, como indica el valor del número cuántico  $l$ .  
 iii) El número de orbitales en el subnivel 3d es de **5**.  
 iv) En este subnivel, el número máximo de electrones des de **10**.
31. Indique el tipo de hibridación que presenta: i) el fósforo en la molécula  $\text{PCl}_3$  (geometría de pirámide trigonal); ii) el carbono en la molécula  $\text{CCl}_4$  (geometría tetraédrica).

**Respuesta**

- i) El fósforo presenta una hibridación  **$sp^3$** . La existencia de un par de electrones no compartidos sobre el átomo de P hace que la disposición de la molécula sea piramidal trigonal, en lugar de tetraédrica.  
 ii) La hibridación es también de tipo  **$sp^3$** . La falta de pares no compartidos sobre el átomo de C hace que la forma de la molécula sea tetraédrica.
32. Los valores de electronegatividad en la escala de Pauling de los átomos H y N son 2,1 y 3,0, respectivamente. A partir de estos datos, deduzca el carácter polar o no polar de la molécula  $\text{NH}_3$ , que presenta una geometría molecular de pirámide trigonal.

**Respuesta**

Los tres enlaces N-H presentan polaridad. Al disponerse según las aristas de una pirámide trigonal, la resultante de los vectores momento dipolar no es nula, por lo que la molécula es **polar**.

33. a. Justifique porqué el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es una molécula apolar, mientras que el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) es una molécula polar. Datos. H ( $Z=1$ ); C ( $Z = 6$ ); O ( $Z = 8$ ). Valores de la electronegatividad:  $\chi(\text{H}) = 2,2$ ;  $\chi(\text{C}) = 2,6$ ;  $\chi(\text{O}) = 3,4$  b. Dados los elementos A ( $Z = 20$ ) y B ( $Z = 17$ ), responda, justificando las respuestas, a las siguientes cuestiones: i. Indique la opción correcta que muestra los números cuánticos del electrón diferenciador del elemento  $Z = 20$ : a)  $(4, 1, -1, \frac{1}{2})$ ; b)  $(4, 0, -1, -\frac{1}{2})$ ; c)  $(3, 2, -2, \frac{1}{2})$ ; d)  $(4, 0, 0, -\frac{1}{2})$ . ii. Razone qué tipo de enlace se podrá formar entre A y B y cuál será la fórmula del compuesto resultante.

**Respuesta**

a) En la molécula de  $\text{CO}_2$  se forman dos enlaces dobles entre carbono y oxígeno. dado que el átomo de carbono no posee electrones solitarios, según la TRPECV, la molécula será lineal, por lo que, a pesar de la polaridad de los enlaces, el momento dipolar neto será nulo, y la molécula es **apolar**. En el caso del agua, se forman dos enlaces O-H, teniendo el átomo de oxígeno un par de electrones solitarios, lo que, según la TRPECV, dará lugar a la formación de una molécula angular. Siendo polares los enlaces O-H, el momento dipolar neto de la molécula no es nulo, siendo **polar** dicha molécula.

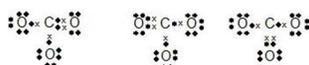
b) i) A partir de la configuración electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ , la opción correcta es la **d)**, puesto que en la c) el número cuántico  $n \neq 4$ ; en la b) el número cuántico  $m$  (en valor absoluto) es mayor que  $l$ , mientras que en la a), el número cuántico  $l$  es distinto de 0.

ii) La configuración electrónica de B es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . Dado que uno de los elementos se encuentra a la derecha y otro a la izquierda de la tabla periódica, existirá una acusada diferencia de electronegatividades entre ambos, por lo que se formará un enlace iónico, siendo  **$AB_2$**  la fórmula del compuesto resultante

34. a. Para el anión carbonato,  $CO_3^{2-}$ , deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del anión, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados. Datos: C ( $Z = 6$ ), O ( $Z = 8$ ). B. Los puntos de ebullición normales del 1-propanol (propan-1-ol,  $C_3H_8O$ ) y del metoxietano (etil metil éter,  $C_3H_8O$ ) son  $97,4^\circ C$  y  $7^\circ C$ , respectivamente. Justifique la diferencia en los valores de los puntos de ebullición normales de los dos compuestos.

### Respuesta

a) La estructura de Lewis para el ion carbonato es la siguiente:



Formas en resonancia

Según la TRPECV, la molécula sería **trigonal plana**, con ángulos de enlace aproximados de  **$120^\circ$** .

ii) En el propan-1-ol pueden formarse enlaces por puente de hidrógeno, debido al grupo OH de este compuesto, mientras que en el metoxietano, el oxígeno no está unido a ningún hidrógeno, por lo que no se podrá formar el tipo de enlace antes mencionado. El punto de ebullición del alcohol será, por tanto, **mayor** que el del éter.

35. a) Deduzca y represente la estructura de Lewis de la molécula de  $SF_2$ , e indique, justificándolo en base a su geometría molecular deducida según la TRPECV, si se trata de una molécula polar o apolar. Datos: S ( $Z=16$ ); F ( $Z=9$ ). Valores de la electronegatividad:  $\chi$  (S) = 2,58;  $\chi$  (F) = 3,98. b) Escriba las configuraciones electrónicas de los elementos F y Na e indique a qué bloque y periodo de la tabla periódica pertenece cada uno de ellos. Ordene, de forma razonada, los dos elementos, F y Na, de mayor a menor radio atómico. Datos: F ( $Z = 9$ ); Na ( $Z = 11$ ).

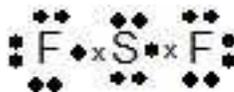
### Respuesta:

a) La estructura de Lewis es la siguiente

DE acuerdo con la TRPECV, la existencia de dos pares no compartidos sobre el átomo de S hace que la molécula sea angular. En consecuencia, la suma de los momentos dipolares de los enlaces S-F no es nula, y la molécula es **polar**.

b) Las configuraciones electrónicas son las siguientes: F:  $1s^2 2s^2 2p^5$ ; Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . El F se encuentra en el grupo 17, periodo 2, mientras que el Na se encuentra en el grupo 1, periodo 3. La carga nuclear efectiva aumenta de izquierda a derecha en la tabla periódica, y se mantiene aproximadamente constante a lo largo de un grupo, por lo que el elemento situado más a la derecha (F) atraerá a sus electrones externos con mayor fuerza que el Na a los suyos. Por consiguiente, **el radio del Na es superior al del F**.

36. a) Explique, justificando la respuesta, las variaciones observadas en las propiedades de las siguientes sustancias: i. El  $I_2$  (masa molar = 253,8 g/mol) es un sólido a temperatura ambiente, mientras que el



$\text{Cl}_2$  (masa molar = 70,9 g/mol) es un gas. ii. La temperatura de ebullición del  $\text{H}_2\text{O}$  es  $100^\circ\text{C}$  mientras que la del  $\text{H}_2\text{S}$  es  $-60^\circ\text{C}$ . b) Dados los siguientes números cuánticos  $n = 4$  y  $m_l = -3$ , indique, justificando la respuesta: i.- el valor del número cuántico  $l$ . ii.- la notación del subnivel electrónico. iii.- el número de orbitales en el subnivel. iv.- el número máximo de electrones en el subnivel.

**Respuesta:**

a) i) Las dos moléculas son apolares, por lo que entre las moléculas de cloro y de iodo se dan las fuerzas de dispersión de London, **mayores cuanto mayor sea el tamaño de la molécula**. ii) En el  $\text{H}_2\text{O}$ , aparte de las interacciones dipolo-dipolo, que también se dan en el  $\text{H}_2\text{S}$ , se producen **enlaces por puente de hidrógeno**, debido a la elevada electronegatividad del átomo de oxígeno.

b) i) El valor de  $l$  es **3**, pues no puede ser mayor o igual que  $n$ , y  $m_l$  no puede ser superior a  $l$  en valor absoluto. ii) El subnivel electrónico es **4f**, como corresponde a  $n = 4$  y  $l = 3$ . iii) En este subnivel hay **siete orbitales**, que corresponden a los siete valores posibles de  $m_l$ . iv) En este subnivel caben **14 electrones** (dos por cada orbital)

## 2. ESTEQUIOMETRÍA.

### 3. CINÉTICA DE REACCIONES.

1. Para la reacción química general  $A + B \rightarrow C + D$ , a una temperatura determinada, la velocidad inicial de desaparición de A varía con las concentraciones iniciales de los reactivos en la forma que se indica en la tabla: a) Determine la ecuación de velocidad para la reacción, indicando el orden de reacción parcial

Experimento	[A] <sub>0</sub> (M)	[B] <sub>0</sub> (M)	Velocidad inicial (M·s <sup>-1</sup> )
1	0,2	0,2	2,32 x 10 <sup>-4</sup>
2	0,8	0,2	9,28 x 10 <sup>-4</sup>
3	1,2	1,2	8,35 x 10 <sup>-3</sup>

respecto del reactivo A y del reactivo B. b) Calcule el valor de la constante de velocidad, k, e indique sus unidades.

**Respuesta:**

a) y b) La ecuación de velocidad tendrá la forma:  $v = k[A]^\alpha[B]^\beta$ . Sustituyendo los datos correspondientes a los experimentos 1 y 2:

$$2,32 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,2^\alpha \cdot 0,2^\beta$$

$$9,28 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,8^\alpha \cdot 0,2^\beta$$

Dividiendo la segunda expresión entre la primera, tendremos:

$$4 = \left(\frac{0,8}{0,2}\right)^\alpha = 4^\alpha \quad \text{Con lo que : } \alpha = 1$$

Haciendo lo mismo con los datos de los experimentos 2 y 3:

$$9,28 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,8 \cdot 0,2^\beta$$

$$8,35 \cdot 10^{-3} = k \cdot 1,2 \cdot 1,2^\beta$$

$$\frac{8,35 \cdot 10^{-3}}{9,28 \cdot 10^{-4}} = 9 = \frac{1,2}{0,8} \left(\frac{1,2}{0,2}\right)^\beta = 1,5 \cdot 6^\beta$$

Despejando, tendremos:  $6 = 6^\beta$ , de donde deducimos que  $\beta = 1$ . Sustituyendo ahora los valores obtenidos en cualquiera de los experimento (por ejemplo, en el 1), tendremos:

$$2,32 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,2 \cdot 0,2 \quad k = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

La ecuación de velocidad quedará, finalmente:

$$v = 5,8 \cdot 10^{-3} [A][B]$$

2. Para la reacción química en fase gaseosa  $2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$ , se obtuvieron los siguientes valores de velocidades iniciales a 25 °C: Determine la ecuación de velocidad para la reacción, indicando

Experimento	[O <sub>2</sub> ] <sub>0</sub> (M)	[NO] <sub>0</sub> (M)	Velocidad inicial (M·s <sup>-1</sup> )
1	1,44·10 <sup>-3</sup>	2,59 · 10 <sup>-4</sup>	5,9·10 <sup>-7</sup>
2	1,44·10 <sup>-3</sup>	2,61 · 10 <sup>-3</sup>	6,0·10 <sup>-5</sup>
3	7,0·10 <sup>-5</sup>	2,61 · 10 <sup>-3</sup>	3 · 10 <sup>-6</sup>

el orden de reacción parcial respecto del NO(g) y del O<sub>2</sub>(g).

**Respuesta**

Para los experimentos 1 y 2, podemos escribir, respectivamente:

$$5,9 \cdot 10^{-7} = K (1,44 \cdot 10^{-3})^{\alpha} (2,59 \cdot 10^{-4})^{\beta}$$

$$6,0 \cdot 10^{-5} = K (1,44 \cdot 10^{-3})^{\alpha} (2,61 \cdot 10^{-3})^{\beta}$$

Dividiendo miembro a miembro:

$$\frac{5,9 \cdot 10^{-7}}{6,0 \cdot 10^{-5}} = \left( \frac{2,59 \cdot 10^{-4}}{2,61 \cdot 10^{-3}} \right)^{\beta} \quad 9,83 \cdot 10^{-3} = 0,099^{\beta} \quad \beta = 2$$

Tomando los experimentos 2 y 3:

$$6,0 \cdot 10^{-5} = K (1,44 \cdot 10^{-3})^{\alpha} (2,61 \cdot 10^{-3})^2$$

$$3 \cdot 10^{-6} = K (7,0 \cdot 10^{-5})^{\alpha} (2,61 \cdot 10^{-3})^2$$

Dividiendo miembro a miembro:

$$\frac{6,0 \cdot 10^{-5}}{3 \cdot 10^{-6}} = \left( \frac{1,44 \cdot 10^{-3}}{7,0 \cdot 10^{-5}} \right)^{\alpha} \quad 20 = 2,057^{\alpha} \quad \alpha = 1$$

Con lo que la ecuación de velocidad es: Para la reacción química general  $A + B \rightarrow \text{productos}$ , a una temperatura determinada, se obtuvieron los valores de velocidades iniciales a 25 °C que se indican en la tabla:

$$v = k[\text{O}_2][\text{NO}]^2$$

La reacción es de **primer orden respecto al oxígeno** y de **segundo orden respecto al NO**.

3. El estudio cinético de la reacción  $2 \text{ICl}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{I}_2(\text{g}) + 2 \text{HCl}(\text{g})$  proporcionó los siguientes datos de velocidades iniciales: // Determine la ecuación de velocidad para la reacción, indicando el orden de

Experimento	$[\text{ICl}]_0$ (M)	$[\text{H}_2]_0$ (M)	Velocidad inicial ( $\text{M} \cdot \text{s}^{-1}$ )
1	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$
2	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-7}$
3	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$14,0 \cdot 10^{-7}$

reacción parcial respecto de ICl y de  $\text{H}_2$ .

**Respuesta:**

Tomando los datos de los dos primeros experimento, y dividiendo miembro a miembro:

$$\frac{5,7 \cdot 10^{-7}}{3,7 \cdot 10^{-7}} = \left( \frac{2,3 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-3}} \right)^{\alpha} \quad 1,54 = 1,54^{\alpha} \quad \alpha = 1$$

Repitiendo el procedimiento para los experimentos 2 y 3:

$$\frac{14 \cdot 10^{-7}}{5,7 \cdot 10^{-7}} = \left( \frac{3,7 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-3}} \right)^{\beta} \quad 2,46 = 2,46^{\beta} \quad \beta = 1$$

Por lo que la ecuación de velocidad es:  $v = k [\text{ICl}][\text{H}_2]$ , de **primer orden**, tanto respecto a **ICl** como a **H<sub>2</sub>**

4. Para la reacción química general  $A + B \rightarrow \text{productos}$ , a una temperatura determinada, se obtuvieron los valores de velocidades iniciales a 25 °C que se indican en la tabla: // Determine la ecuación de velocidad para la reacción química, indicando el orden de reacción parcial respecto del reactivo A y del reactivo B.

Experimento	[A] <sub>0</sub> (M)	[B] <sub>0</sub> (M)	Velocidad inicial (M·s <sup>-1</sup> )
1	0,212	0,102	3,60 · 10 <sup>-5</sup>
2	0,212	0,204	1,45 · 10 <sup>-4</sup>
3	0,313	0,204	2,14 · 10 <sup>-4</sup>

**Respuesta**

Tomando una expresión general para la ecuación de velocidad:

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

Tomamos en primer lugar los dos primeros experimentos, y dividimos miembro a miembro:

$$\frac{1,45 \cdot 10^{-4}}{3,60 \cdot 10^{-5}} = \left(\frac{0,204}{0,102}\right)^\beta \quad 4 = 2^\beta \quad \beta = 2$$

Tomamos ahora los experimentos 2 y 3, y repetimos el procedimiento anterior:

$$\frac{2,14 \cdot 10^{-4}}{1,45 \cdot 10^{-4}} = \left(\frac{0,313}{0,212}\right)^\alpha \quad 1,47 = 1,47^\alpha \quad \alpha = 1$$

La ecuación de velocidad será, por tanto:

$$v = k[A][B]^2$$

La reacción es de orden **1 respecto de A y 2 respecto de B**.

5. Determine la ecuación de velocidad de reacción, calcule el valor de la constante de velocidad, k, e indique sus unidades, para la reacción experimentada entre el flúor y el dióxido de cloro:  $F_2(g) + 2 ClO_2(g) \rightarrow 2 FClO_2(g)$ , sabiendo que, a una temperatura determinada, la velocidad inicial de desaparición del flúor varía con las concentraciones iniciales de los reactivos en la forma que se indica en la tabla:

Experimento	[F <sub>2</sub> ] <sub>0</sub> (M)	[ClO <sub>2</sub> ] <sub>0</sub> (M)	Velocidad inicial (Ms <sup>-1</sup> )
1	0,10	0,010	1,2 x 10 <sup>-3</sup>
2	0,10	0,040	4,8 x 10 <sup>-3</sup>
3	0,20	0,010	2,4 x 10 <sup>-3</sup>

**Respuesta:**

La ecuación de velocidad será del tipo:

$$v = k[F_2]^\alpha[ClO_2]^\beta$$

Tomando los datos del primer y segundo experimentos, y dividiendo miembro a miembro:

$$\frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{4,8 \cdot 10^{-3}} = \frac{k \cdot 0,1^\alpha \cdot 0,01^\beta}{k \cdot 0,1^\alpha \cdot 0,04^\beta} \quad \frac{1}{4} = \left(\frac{1}{4}\right)^\beta \quad \beta = 1$$

Tomando ahora los datos de los experimentos primero y tercero, y procediendo como anteriormente:

$$\frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{2,4 \cdot 10^{-3}} = \frac{k \cdot 0,1^\alpha \cdot 0,01^\beta}{k \cdot 0,2^\alpha \cdot 0,01^\beta} \quad \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^\alpha \quad \alpha = 1$$

La constante de velocidad se puede despejar de los datos de cualquiera de los experimentos, por ejemplo, del primero:

$$k = \frac{v}{[\text{F}_2][\text{ClO}_2]} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{0,10 \cdot 0,010} = 1,2 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$$

La ecuación de velocidad quedará, finalmente así:

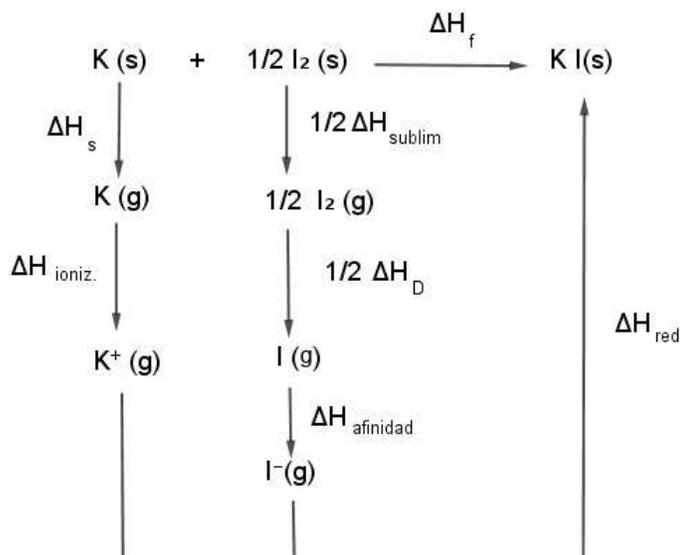
$$v = 1,2[\text{F}_2][\text{ClO}_2]$$

#### 4. TERMOQUÍMICA.

1. Dibuje el ciclo de Born-Haber y calcule la energía de red ( $\Delta H_{red}$ ) del KI(s) a partir de los siguientes datos: Entalpía estándar de formación del KI(s) [ $\Delta H_f(\text{KI})$ ] = - 327,9 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía de sublimación del K(s) [ $\Delta H_S\text{K(s)}$ ] = 89,24 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía de sublimación del I<sub>2</sub>(s) [ $\Delta H_{sublim}\text{I}_2(\text{s})$ ] = 62,44 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía de disociación del I<sub>2</sub>(g) [ $\Delta H_D\text{I}_2(\text{g})$ ] = 151 kJ mol<sup>-1</sup>. Primera energía de ionización del K(g) [ $\Delta H_{ionización}\text{K(g)}$ ]<sub>1</sub> = 418,9 kJ mol<sup>-1</sup>. Afinidad electrónica del I(g) [ $\Delta H_{afinidad}\text{I(g)}$ ] = -295,2 kJ mol<sup>-1</sup>.

**Respuesta:**

El ciclo puede ser representado de la forma:



Aplicando la Ley de Hess:

$$\Delta H_f(\text{KI}) = \Delta H_S\text{K(s)} + \Delta H_{ionización}\text{K(g)} + \frac{1}{2} \Delta H_{sublim}\text{I}_2(\text{s}) + \frac{1}{2} \Delta H_D\text{I}_2(\text{g}) + \Delta H_{afinidad}\text{I(g)} + \Delta H_{red}$$

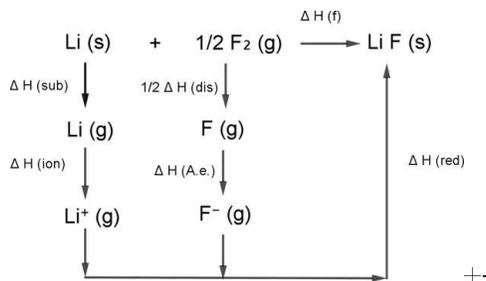
Despejando, y sustituyendo valores:

$$\Delta H_{red} = -327,9 - 89,24 - 418,9 - \frac{1}{2} 62,44 - \frac{1}{2} 151 + 295,2 = -647,56 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

2. Construya el ciclo de Born-Haber para la formación del LiF(s), a partir de litio metálico y flúor gas. Calcule la energía de red ( $\Delta H_{red}$ ) del compuesto, a partir de los siguientes datos: Entalpía de sublimación del Li(s) [ $\Delta H_S\text{Li(s)}$ ] = 159,4 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía de disociación del F<sub>2</sub>(g) [ $\Delta H_D\text{F}_2(\text{g})$ ] = 159 kJ mol<sup>-1</sup>. Primera energía de ionización del Li(g) [ $\Delta H_{ionización}\text{Li(g)}$ ] = 520,2 kJ mol<sup>-1</sup>. Afinidad electrónica del F(g) [ $\Delta H_{afinidad}\text{F(g)}$ ] = -328 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía estándar de formación del LiF(s) [ $\Delta H_f\text{LiF(s)}$ ] = -588,82 kJ mol<sup>-1</sup>.

**Respuesta**

El ciclo es el siguiente:



A partir de los datos del enunciado, tendremos:

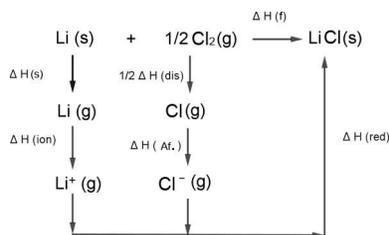
$$\Delta H_{\text{red}} = \Delta H_f - \Delta H_{\text{sub}} - \Delta H_{\text{ion}} - \frac{1}{2} \Delta H_{\text{dis}} - \Delta H_{\text{Ae}}$$

$$\Delta H_{\text{red}} = -588,82 - 159,4 - 520,2 \frac{1}{2} 159 + 328 = -1019,92 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

3. A partir de los siguientes datos: Entalpía estándar de formación del LiCl(s) [ $\Delta H_f \text{ LiCl(s)}$ ] = -408,3 kJ mol<sup>-1</sup>; Entalpía de sublimación del Li(s) [ $\Delta H_S \text{ Li(s)}$ ] = 159,3 kJ mol<sup>-1</sup>; Entalpía de disociación del Cl<sub>2</sub>(g) [ $\Delta H_D \text{ Cl}_2(\text{g})$ ] = 244 kJ mol<sup>-1</sup>; Primera energía de ionización del Li(g) [ $\Delta H_{\text{ionización}} \text{ Li(g)}$ ] = 520,2 kJ mol<sup>-1</sup>; Afinidad electrónica del Cl(g) [ $\Delta H_{\text{afinidad}} \text{ Cl(g)}$ ] = -349 kJ mol<sup>-1</sup>. i. Dibuje el ciclo de Born-Haber para la formación del LiCl(s), a partir de litio metálico y cloro gas. ii. Calcule la energía de red ( $\Delta H_{\text{red}}$ ) del LiCl(s).

**Respuesta:**

i) El ciclo de Born-Haber tiene la forma:



ii) A partir del ciclo, podemos calcular la energía de red de la forma:

$$\Delta H(\text{red}) = \Delta H_f - \Delta H(\text{s}) - \Delta H(\text{ion}) - \frac{1}{2} \Delta H(\text{dis}) - \Delta H(\text{Af})$$

$$\Delta H(\text{red}) = -408,3 - 159,3 - 520,2 - \frac{1}{2} 244 + 349 = -860,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## 5. EQUILIBRIO QUÍMICO.

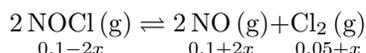
1. En un recipiente cerrado de 2 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 0,1 moles de NOCl(g), 0,1 moles de NO(g) y 0,05 moles de Cl<sub>2</sub>(g). La mezcla gaseosa se calienta a 300 °C, alcanzándose el equilibrio:



En el equilibrio, el número total de moles gaseosos ha disminuido un 7,2%. Calcule el valor de K<sub>c</sub> para la reacción en equilibrio a 300 °C tal y como está escrita.

### Respuesta:

En el equilibrio tendremos:



En número inicial de moles será:  $n_0 = 0,1 + 0,1 + 0,05 = 0,25$ , mientras que en el equilibrio, el número de moles será:  $n = 0,25 (1 - 0,072) = 0,232 = 0,1 - 2x + 0,1 + 2x + 0,05 + x = 0,25 + x$ . Al resolver la ecuación, obtenemos  $x = -0,018$ , por lo que, en el equilibrio se cumplirá:

$$[\text{NOCl}] = \frac{0,1 - 2(-0,018)}{2} = 0,068$$

$$[\text{NO}] = \frac{0,1 + 2(-0,018)}{2} = 0,032$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{0,05 + (-0,018)}{2} = 0,016$$

La constante K<sub>c</sub> tendrá el valor:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2[\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2} = \frac{0,032^2 \cdot 0,016}{0,068^2} = 3,54 \cdot 10^{-3}$$

2. En una disolución acuosa saturada de carbonato de bario, BaCO<sub>3</sub>, la concentración del anión carbonato es  $8,3 \times 10^{-5}$  M. a) Calcule la constante del producto de solubilidad del carbonato de bario. b) Determine si se formará un precipitado de carbonato de bario al añadir a 100 mL de agua 30 mL de una disolución acuosa  $10^{-3}$  M de nitrato de bario, Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, y 20 mL de una disolución acuosa  $10^{-3}$  M de carbonato de sodio, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

### Respuesta:

- a) La constante del producto de solubilidad es:

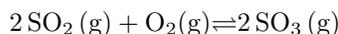
$$K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = s^2 = (8,3 \cdot 10^{-5})^2 = 6,89 \cdot 10^{-9}$$

- b) Las concentraciones respectivas de Ba<sup>2+</sup> y CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> serán:

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{(100 - 30 - 20) 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-4} \quad [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{(100 - 30 - 20) 10^{-3}} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

Multiplicando [Ba<sup>2+</sup>] por [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] obtenemos: [Ba<sup>2+</sup>][CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] =  $3,67 \cdot 10^{-8} > 6,89 \cdot 10^{-9}$ . Por tanto, **se produce precipitado**.

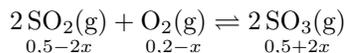
3. En un recipiente cerrado de 2 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 0,5 moles de SO<sub>2</sub>(g), 0,2 moles de O<sub>2</sub>(g) y 0,5 moles de SO<sub>3</sub>(g). La mezcla gaseosa se calienta a 1000 K, alcanzándose el equilibrio representado por la reacción:



En el equilibrio, la presión parcial de  $\text{SO}_2(\text{g})$  es de 10 atm. a). Indique, de forma razonada, el sentido en el que evolucionará el sistema para alcanzar el equilibrio. b). Calcule el valor de  $K_c$  para la reacción en equilibrio a 1000 K, tal y como está escrita.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio podemos poner:



Aplicando la ecuación de los gases ideales para el  $\text{SO}_2$

$$10 \cdot 2 = (0,5 - 2x) 0,082 \cdot 1000 \quad x = 0,128 \text{ moles de } \text{SO}_2$$

Puesto que el número de moles de  $\text{SO}_2$  ha disminuido respecto al valor inicial, la reacción ha evolucionado hacia la formación de  $\text{SO}_3$

b) El valor de  $K_c$  será el siguiente:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,5 + 2 \cdot 0,128}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,5 - 2 \cdot 0,128}{2}\right)^2 \left(\frac{0,2 - 0,128}{2}\right)} = 266,67$$

4. A 25 °C la constante del producto de solubilidad del sulfato de plomo(II),  $\text{PbSO}_4$ , es  $1,6 \times 10^{-8}$ . Calcule: a) la solubilidad del  $\text{PbSO}_4$  en agua a 25 °C, expresada en g de soluto/100 mL de disolución. b) el volumen mínimo de disolución acuosa en que se disuelven completamente 10 mg de  $\text{PbSO}_4$  a 25 °C. Datos. Masas atómicas: Pb = 207,2 u; S = 32 u; O = 16 u.

**Respuesta:**

a) El producto de solubilidad puede ser expresado de la forma:

$$K_{ps} = 1,6 \cdot 10^{-8} = [\text{Pb}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = s^2$$

Despejando, se obtiene  $s = 1,26 \cdot 10^{-4}$  M. La solubilidad, expresada en g/L será:

$$s = 1,26 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}} (207,32 + 32 + 16 \cdot 4) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,038 \text{g/L}$$

La solubilidad, expresada en g/100 mL será, finalmente:

$$s = 0,038 \frac{\text{g}}{\text{L}} \frac{0,1 \text{L}}{100 \text{mL}} = 0,0038 \text{g/100 mL}$$

b) Tomando la solubilidad expresada en g/L, podremos escribir:

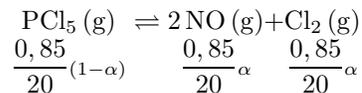
$$0,038 = \frac{0,01 \text{g}}{V}$$

Obteniéndose  $V = 0,26 \text{ L}$

5. En un recipiente cerrado de 20 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 0,85 moles de pentacloruro de fósforo,  $\text{PCl}_5$ , y se calientan a 200 °C. A esta temperatura se alcanza el equilibrio:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  En el equilibrio a 200 °C, la presión total de la mezcla gaseosa es de 2,5 atm. Calcule: a). El grado de disociación del  $\text{PCl}_5$  a 200 °C. b). El valor de  $K_P$  para el equilibrio a 200 °C. Dato.  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

**Respuesta:**

a) En el equilibrio, podremos escribir lo siguiente:



El número total de moles en el equilibrio será:  $n = \frac{0,85}{20}(1-\alpha) + \frac{0,85}{20}\alpha + \frac{0,85}{20}\alpha = \frac{0,85}{20}(1+\alpha)$

Aplicando la ecuación de los gases, tendremos:

$$2,5 = \frac{0,85}{20}(1+\alpha) \cdot 0,082 \cdot 473$$

Resolviendo la ecuación, obtenemos;  $\alpha = 0,52$

b) Las presiones de cada uno de los gases en el equilibrio son, respectivamente:

$$p_{\text{PCl}_3} = p_{\text{Cl}_2} = 2,5 \frac{0,52}{1+0,52} = 0,86 \text{ atm} \quad p_{\text{PCl}_5} = 2,5 \frac{1-0,52}{1+0,52} = 0,79 \text{ atm}$$

Por tanto,  $K_P$  tendrá el valor:

$$K_P = \frac{p_{\text{PCl}_3} \cdot p_{\text{Cl}_2}}{p_{\text{PCl}_5}} = \frac{0,86^2}{0,79} = 0,94$$

6. Experimentalmente se determinó que en 250 mL de una disolución acuosa saturada de carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ , a 25 °C, hay 1,3 mg de sal disueltos. a) Calcule el valor de la constante del producto de solubilidad del  $\text{CaCO}_3$  en agua a 25°C. b) Calcule la concentración máxima de  $\text{Ca}^{2+}$  que puede estar disuelto en una disolución acuosa que presenta una  $[\text{CO}_3^{2-}] = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ , a 25 °C. Datos. Masas atómicas: Ca = 40 u; C = 12 u; O = 16 u.

**Respuesta:**

a) Las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  en la disolución saturada son:

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{1,3 \cdot 10^{-3} / (40 + 12 + 16 \cdot 3)}{0,25} = 5,2 \cdot 10^{-5}$$

La constante del producto de solubilidad será, pues:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = (5,2 \cdot 10^{-5})^2 = 2,7 \cdot 10^{-9}$$

b) La concentración máxima de  $\text{Ca}^{2+}$  se deduce de:

$$2,7 \cdot 10^{-9} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \quad [\text{Ca}^{2+}] = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

7. A 250 mL de agua se añade 1 mg de cloruro de plata,  $\text{AgCl}(\text{s})$ , a 25 °C. Determine: i) Si se disolverá todo el sólido añadido. ii) La  $[\text{Ag}^+]$  en la disolución. Suponga que no se observa variación de volumen al añadir el sólido al agua. Datos. Masas atómicas: Ag = 107,9 u; Cl = 35,45 u.  $K_{PS}(\text{AgCl}) = 1,8 \cdot 10^{-10}$

**Respuesta**

i) La solubilidad del  $\text{AgCl}$  es:

$$1,8 \cdot 10^{-10} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = s^2 \quad s = 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Expresada en g/L, la solubilidad será:  $s = 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 143,35 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

En 250 mL de agua podría disolverse una cantidad de  $\text{AgCl}$  de  $\frac{1,92 \cdot 10^{-3}}{4} = 4,80 \cdot 10^{-4} \text{ g}$ . El sólido añadido **no se disolverá totalmente**.

ii) La concentración de  $\text{Ag}^+$  corresponderá a la solubilidad de esta sal, es decir:  $[\text{Ag}^+] = 1,34 \cdot 10^{-5} \text{ M}$

8. Para la reacción química a 425 °C  $I_2(g) + H_2(g) \rightleftharpoons 2 HI(g)$ ,  $K_c = 54,8$  cuando las concentraciones se expresan en  $\text{mol L}^{-1}$ . En un recipiente cerrado de 5 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 13 g de  $I_2$ , 2,02 g de  $H_2$  y 20,04 g de HI. La mezcla se calienta a 425 °C. i) Indique, de forma razonada, el sentido en el que el sistema evolucionará de forma espontánea para alcanzar el estado de equilibrio. ii) Calcule el valor de la concentración en el equilibrio de cada una de las sustancias que intervienen en la reacción. Datos. Masas atómicas: I = 126,91 u; H = 1,01 u.

**Respuesta**

- i) El número de moles iniciales de cada especie es, respectivamente:

$$n_{I_2} = \frac{13}{2 \cdot 126,91} = 0,051 \quad n_{H_2} = \frac{2,02}{2 \cdot 1,01} = 1 \quad n_{HI} = \frac{20,04}{127,92} = 0,157$$

El cociente de la reacción tendrá el valor:

$$Q = \frac{\left(\frac{0,157}{5}\right)^2}{\left(\frac{0,051}{5}\right)\left(\frac{1}{5}\right)} = 2,42 < K_c$$

Por lo que la reacción evolucionará de forma espontánea hacia la formación de HI.

- ii) En el equilibrio tendremos:

$$54,8 = \frac{(0,157 + 2x)^2}{(0,051 - x)(1 - x)} \quad x = 0,0497$$

Las respectivas concentraciones en el equilibrio serán:

$$[I_2] = \frac{0,051 - 0,0497}{5} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ M} \quad [I_2] = \frac{1 - 0,0497}{5} = 0,19 \text{ M} \quad [HI] = \frac{0,157 + 2 \cdot 0,0497}{5} = 0,051 \text{ M}$$

9. En un recipiente cerrado de 3,0 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 0,1 moles de pentacloruro de fósforo,  $PCl_5(g)$ , 0,2 moles de tricloruro de fósforo,  $PCl_3(g)$  y 0,2 moles de cloro,  $Cl_2(g)$ , y se eleva la temperatura de la mezcla gaseosa a 250 °C, alcanzándose el siguiente equilibrio:  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$ . i. Indique, de forma razonada, el sentido en el que el sistema evolucionará de forma espontánea para alcanzar el estado de equilibrio. ii. Calcule la concentración en el equilibrio del  $PCl_3(g)$ . Datos:  $K_c = 9,0 \cdot 10^{-3}$  a 250 °C, cuando las concentraciones se expresan en  $\text{mol L}^{-1}$

**Respuesta:**

- i) El cociente de la reacción es el siguiente:

$$Q = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\left(\frac{0,2}{3}\right)\left(\frac{0,2}{3}\right)}{\frac{0,1}{3}} = 0,133$$

Puesto que  $Q > K_c$  el sistema evolucionará **hacia la izquierda**, de forma que Q vaya disminuyendo hasta alcanzar el valor de  $K_c$  en el equilibrio.

- ii) El el equilibrio tendremos:

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$$

$0,1+x$	$0,2-x$	$0,2-x$	
---------	---------	---------	--

$$9,0 \cdot 10^{-3} = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{\left(\frac{0,2-x}{3}\right)\left(\frac{0,2-x}{3}\right)}{\frac{0,1+x}{3}} = \frac{(0,2-x)^2}{3(0,1+x)} \quad x = 0,12 \text{ mol}$$

La concentración en el equilibrio de  $\text{PCl}_3$  será:

$$[\text{PCl}_3] = \frac{0,2 - 0,12}{3} = 0,027 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

10. En 500 mL de una disolución acuosa saturada de sulfato de calcio,  $\text{CaSO}_4$ , a  $25^\circ\text{C}$ , hay 340 mg de  $\text{CaSO}_4$  disueltos. Calcule el valor de la constante del producto de solubilidad del  $\text{CaSO}_4$  en agua a  $25^\circ\text{C}$ . Datos. Masas atómicas: Ca = 40 u; O = 16 u; S = 32 u.

**Respuesta:**

La masa molecular de  $\text{CaSO}_4$  es:  $P_m = 40 + 16 \cdot 4 + 32 = 136$ , por lo que el número de moles de  $\text{CaSO}_4$  disueltos en 500 mL es:

$$n = \frac{0,340}{136} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ M} \quad s = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 5 \cdot 10^{-3}$$

El producto de solubilidad para el sulfato de calcio será:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = s^2 = (5 \cdot 10^{-3})^2 = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

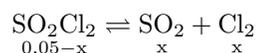
11. A 375 K, la constante de equilibrio,  $K_p$ , de la reacción  $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  es 2,4, cuando las presiones se expresan en atmósferas. En un recipiente de 1 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se colocan 6,7 g de  $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g})$  y se eleva la temperatura a 375 K. Calcule la presión parcial de cada uno de los componentes de la mezcla gaseosa en equilibrio a 375 K. Datos. Masas atómicas: S = 32 u; O = 16 u; Cl = 35,45 u.; R = 0,082 atm L K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>

**Respuesta**

a) El número inicial de moles de  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  es:

$$n = \frac{6,7 \text{ g SO}_2\text{Cl}_2}{134,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,05 \text{ moles}$$

En el equilibrio tendremos:



La constante  $K_c$  tendrá el valor:

$$K_c = K_p(\text{RT})^{-\Delta n} = 2,4 (0,082 \cdot 375)^{-1} = 0,078$$

$$0,078 = \frac{x^2}{0,05 - x} \quad x = 0,035$$

Aplicando la ecuación de los gases:

$$P = (0,05 + 0,035) 0,082 \cdot 375 = 2,61 \text{ atm}$$

12. Las presiones parciales serán:

$$P_{\text{SO}_2} = P_{\text{Cl}_2} = 2,61 \frac{0,035}{0,05 + 0,035} = 1,07 \text{ atm} \quad P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = 2,61 \frac{0,015}{0,085} = 0,48 \text{ atm}$$

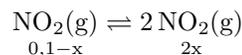
13. Al elevar la temperatura de 0,1 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  a 300 K se produce la disociación del compuesto de acuerdo con el equilibrio:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$  con un valor de  $K_p = 0,0962$ , cuando las presiones se expresan en atmósferas. En el equilibrio, la presión total de la mezcla gaseosa es de 1,1 atm. Calcule la cantidad, en moles, de  $\text{NO}_2(\text{g})$  presente en el equilibrio a 300 K.

**Respuesta**

A partir de la constante  $K_p$  :

$$0,0962 = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{1,1 - P_{\text{NO}_2}} \quad P_{\text{NO}_2} = 0,28 \text{ atm}$$

Teniendo en cuenta el equilibrio:



El número total de moles en el equilibrio será:  $n = 0,1 - x + 2x = 0,1 + x$ : A partir de la relación:

$$p = P\chi$$

$$0,28 = 1,1 \frac{2x}{0,1 + x} \quad x = 0,0146 \text{ mol}$$

Con lo que el número de moles de  $\text{NO}_2$  en el equilibrio será:  $n = 2 \cdot 0,0146 = 0,0292 \text{ mol}$

14. La solubilidad en agua del cloruro de plata,  $\text{AgCl}$ , a  $25^\circ\text{C}$  es  $1,34 \times 10^{-5} \text{ moles L}^{-1}$ . Calcule: i. El valor de la constante del producto de solubilidad del cloruro de plata a  $25^\circ\text{C}$ . ii. La cantidad máxima, en gramos, de cloruro de sodio sólido,  $\text{NaCl}(\text{s})$ , que se puede añadir a 150 mL de una disolución acuosa que contiene una concentración de iones plata  $[\text{Ag}^+] = 3,33 \times 10^{-4} \text{ M}$ , sin que se forme precipitado de cloruro de plata. Suponga que no hay variación del volumen de la disolución al añadir el sólido. Masas atómicas. Na = 23 u; Cl = 35,45 u.

**Respuesta**

i) La constante del producto de solubilidad es:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = s^2 = (1,34 \cdot 10^{-5})^2 = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

ii) La concentración de ion cloruro debe ser, como máximo:

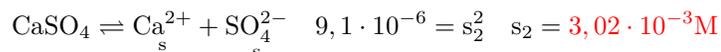
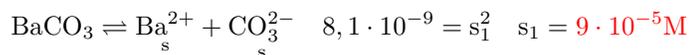
$$[\text{Cl}^-] = \frac{K_{ps}}{3,33 \cdot 10^{-4}} = 5,45 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

El número de moles de  $\text{NaCl}$  que puede añadirse a 150 mL de disolución es:  $n = 5,4510^{-7} \cdot 0,15 = 8,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$ , equivalente a  $m = 8,2 \cdot 10^{-8} \cdot 58,45 = 4,78 \cdot 10^{-6} \text{ g}$

15. A partir de los valores de las constantes de los productos de solubilidad a  $25^\circ\text{C}$  de los compuestos que se indican,  $K_{PS}(\text{BaCO}_3) = 8,1 \times 10^{-9}$  y  $K_{PS}(\text{CaSO}_4) = 9,1 \times 10^{-6}$ , calcule la solubilidad molar de cada uno de los compuestos e indique el compuesto que será más soluble en agua a  $25^\circ\text{C}$ .

**Respuesta**

a) Los respectivos equilibrios de solubilidad son:



El compuesto más soluble es aquel cuyo producto de solubilidad sea mayor, en este caso, el  **$\text{CaSO}_4$**

16. La obtención industrial de amoníaco está basada en la reacción química:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$   $H < 0$  Indique, de forma razonada, la influencia que sobre el rendimiento en la obtención de amoníaco tendrá: i.- realizar la reacción a temperaturas elevadas; ii.- realizar la reacción a bajas presiones.

**Respuesta**

- i) Al tratarse de una reacción exotérmica, las temperaturas elevadas **no favorecen** la formación de amoníaco. ii) Una disminución de la presión tiende a desplazar la reacción hacia donde el número de moles gaseosos sea mayor, por lo que **tampoco se favorecería** la formación de amoníaco.
17. El valor de la constante del producto de solubilidad a 25 °C del carbonato de magnesio,  $\text{MgCO}_3$ , es de  $3,5 \times 10^{-8}$ . Calcule: i. la solubilidad molar del carbonato de magnesio, en agua a 25 °C. ii. la masa de carbonato de magnesio, expresada en gramos, necesaria para preparar 100 mL de una disolución saturada de  $\text{MgCO}_3$ . Datos. Masas atómicas: C = 12 u; O = 16 u; Mg = 24,3 u.

**Respuesta:**

- i) A partir del producto de solubilidad:

$$3,5 \cdot 10^{-8} = K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = s^2 \quad s = 1,87 \cdot 10^{-4} \text{M}$$

- ii) El número de moles necesarios para preparar 100 mL de la disolución saturada será de  $1,87 \cdot 10^5$ , siendo la masa de  $\text{MgCO}_3$  necesaria:

$$m = 1,87 \cdot 10^{-5} \text{mol} \cdot 84,3 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{g}$$

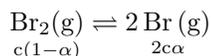
18. Para la reacción:  $\text{I}_2(\text{g}) + \text{C}_5\text{H}_8(\text{g}) \rightarrow \text{C}_5\text{H}_6(\text{g}) + 2 \text{HI}(\text{g})$   $\Delta H^\circ = + 92,5 \text{ kJ mol}^{-1}$  Explique el efecto de cada uno de los siguientes factores en la cantidad de  $\text{HI}(\text{g})$  presente en la mezcla en equilibrio: i) elevar la temperatura de la mezcla; ii) introducir más  $\text{C}_5\text{H}_6(\text{g})$  en el recipiente que contiene la mezcla.

**Respuesta:**

- i) Al ser endotérmica la reacción, un aumento en la temperatura provocará el desplazamiento del equilibrio hacia la derecha, esto es, hacia la **formación de productos**.  
ii) El aumento en la concentración de alguno de los productos desplaza el equilibrio **hacia la izquierda**.
19. Se introducen 0,7 moles de  $\text{Br}_2$  en un recipiente de 0,5 L de capacidad y se eleva la temperatura a 873K. Una vez establecido el equilibrio  $\text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{Br}(\text{g})$  en estas condiciones, el grado de disociación es 0,6. i. Calcule el valor de  $K_c$  y  $K_p$  a esa temperatura. ii. Determine las presiones parciales ejercidas por cada componente de la mezcla en el equilibrio. iii. Se observa que si se suministra calor al sistema aumenta la cantidad de  $\text{Br}_2(\text{g})$ . Indique razonadamente si la reacción es endotérmica o exotérmica. Datos.  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

**Respuesta:**

- i) En el equilibrio, podemos escribir:



Teniendo en cuenta que  $c = 0,7/0,5 = 1,4 \text{ M}$  y que  $\alpha = 0,6$ ; podremos escribir las constantes  $K_c$  y  $K_p$  como:

$$K_c = \frac{4c\alpha^2}{1-\alpha} = \frac{4 \cdot 1,4 \cdot 0,6^2}{1-0,6} = 5,04 \quad K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 5,04(0,082 \cdot 873) = 360,79$$

- ii) La concentración total será:  $n/V = c(1-\alpha) + 2c\alpha = c(1+\alpha) = 1,4 \cdot 1,6 = 2,24$ . Las fracciones molares de cada especie son, respectivamente:

$$\chi_{\text{Br}_2} = \frac{c(1-\alpha)}{c(1+\alpha)} = \frac{0,4}{1,6} = 0,25 \quad \chi_{\text{Br}} = \frac{2c\alpha}{c(1+\alpha)} = \frac{1,2}{1,6} = 0,75$$

Aplicando la ecuación de los gases, obtenemos la presión total:

$$P = 2,24 \cdot 0,082 \cdot 873 = 160,35 \text{ atm}$$

Las presiones parciales serán:

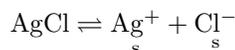
$$p_{\text{Br}_2} = 160,35 \cdot 0,25 = 40,08 \text{ atm} \quad p_{\text{Br}_2} = 160,35 \cdot 0,75 = 120,26 \text{ atm}$$

iii) Según el Principio de Le Chatelier, un aumento de temperatura desplazará el equilibrio hacia la izquierda si la reacción es exotérmica, y hacia la derecha si la reacción es endotérmica. Por tanto, al aumentar la cantidad de  $\text{Br}_2$ , la reacción será **exotérmica**.

20. El valor de la constante del producto de solubilidad a 25 °C del cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ) es de  $1,7 \cdot 10^{-10}$ . i. Calcular la solubilidad del cloruro de plata en g/L. ii. Indicar, razonadamente, si se formará precipitado cuando añadamos 100 mL de una disolución 1 M de  $\text{NaCl}$  a 1 L de disolución 0,01 M de  $\text{AgNO}_3$ . Datos. Masas atómicas:  $\text{Ag} = 107,8$  u;  $\text{Cl} = 35,5$  u.

**Respuesta:**

A partir del equilibrio de disolución:



$$1,7 \cdot 10^{-10} = s^2 \quad s = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Expresada en g/L, la solubilidad será:

$$s = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (107,8 + 35,5) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

ii) Suponiendo los volúmenes aditivos, las concentraciones de  $\text{Ag}^+$  y  $\text{Cl}^-$  serán, respectivamente:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{0,1 \cdot 1}{1,1} = 0,091 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \quad [\text{Cl}^-] = \frac{1 \cdot 0,01}{1,1} = 9,09 \cdot 10^{-3}$$

El producto de las concentraciones será:  $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 0,091 \cdot 9,09 \cdot 10^{-3} = 8,27 \cdot 10^{-4} > K_{\text{ps}}$ . Por tanto, **se formará precipitado** de  $\text{AgCl}$ .

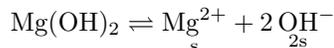
21. En 750 mL de una disolución acuosa saturada de hidróxido de magnesio,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , a 25 °C, hay 9 mg de sal disueltos. i. Calcule el valor de la constante del producto de solubilidad del  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  en agua a 25 °C. ii. Calcule la concentración máxima de  $\text{Mg}^{2+}$  que puede estar disuelto en una disolución acuosa que presenta un  $\text{pH} = 12$ , a 25 °C. Datos. Masas atómicas:  $\text{Mg} = 24,3$  u;  $\text{H} = 1$  u;  $\text{O} = 16$  u.

**Respuesta:**

i) La solubilidad del hidróxido de magnesio es:

$$s = \frac{0,009 \text{ g Mg}(\text{OH})_2}{\frac{58,3 \text{ g Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{mol}^{-1}}{0,75 \text{ L}}} = 2,06 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

El equilibrio de disolución es:



$$K_{\text{ps}} = s(2s)^2 = 4s^3 = 4(2,06 \cdot 10^{-4})^3 = 3,49 \cdot 10^{-11}$$

ii) Para un  $\text{pH} = 12$ , la concentración de  $\text{OH}^-$  es:  $[\text{OH}^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2} \text{ M}$ . La concentración máxima de  $\text{Mg}^{2+}$  es:

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{K_{\text{ps}}}{(10^{-2})^2} = \frac{3,49 \cdot 10^{-11}}{10^{-4}} = 3,49 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

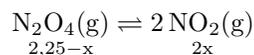
22. En un recipiente cerrado de 5 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se depositan 207 g de  $\text{N}_2\text{O}_4$  y se eleva la temperatura hasta 330 K. Sabiendo que la presión total en el interior del recipiente es de 14 atmósferas cuando se alcanza el equilibrio  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$ , i. Calcule el valor de la presión parcial de  $\text{NO}_2(\text{g})$  en el equilibrio y el valor de las constantes  $K_c$  y  $K_p$  de la reacción. ii. ¿Aumentará la concentración de  $\text{NO}_2(\text{g})$  si se reduce el volumen del recipiente a la mitad? Datos:  $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ; Masas atómicas:  $\text{N} = 14 \text{ u}$ ;  $\text{O} = 16 \text{ u}$ .

**Respuesta:**

- i) El número inicial de moles de  $\text{N}_2\text{O}_4$  es:

$$n = \frac{207 \text{ g}}{92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,25$$

En el equilibrio, podemos escribir:



Sabiendo que en el equilibrio el número total de moles es  $2,25 - x + 2x = 2,25 + x$ , tendremos, aplicando la ecuación de los gases:

$$14 \cdot 5 = (2,25 + x) 0,082 \cdot 330 \quad x = 0,337 \text{ mol}$$

La presión parcial de  $\text{NO}_2$  en el equilibrio será:

$$P_{\text{NO}_2} = P \frac{2x}{2,25 + x} = 14 \frac{2 \cdot 0,337}{2,25 + 0,337} = 3,65 \text{ atm}$$

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

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{\left(\frac{2 \cdot 0,337}{5}\right)^2}{\frac{2,25 - 0,337}{5}} = 0,048$$

$$K_p = K_c(\text{RT})^{\Delta n} = 0,048 (0,082 \cdot 330) = 1,30$$

## 6. ÁCIDOS Y BASES.

1. Calcule el pH de la disolución acuosa que se obtiene al añadir a 35 mL de agua destilada 25 mL de disolución acuosa de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  (0,5 % en masa y  $d = 1,12 \text{ g/mL}$ ) y 40 mL de disolución acuosa de NaOH 0,15 M. Datos. Masas atómicas: Ba = 137,3 u; O = 16 u; H = 1 u.

**Respuesta:**

El volumen total de disolución será:  $V = 35 + 25 + 40 = 100 \text{ mL}$ . El número de moles de  $\text{OH}^-$  procedentes del  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  y NaOH serán, respectivamente:

$$n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 25 \text{ mL dis. Ba}(\text{OH})_2 \frac{1,12 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \frac{0,5 \text{ g Ba}(\text{OH})_2}{100 \text{ g dis. Ba}(\text{OH})_2} \frac{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{171,3 \text{ g Ba}(\text{OH})_2} = 8,17 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

El número total de moles de  $\text{OH}^-$  será:  $n = 2 \cdot 8,17 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 10^{-3} = 0,0223$ , siendo la concentración de  $\text{OH}^-$ :

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,0223}{0,1} = 0,223 \quad \text{pH} = 14 + \log[\text{OH}^-] = \mathbf{13,35}$$

2. Calcule el pH de la disolución resultante de diluir 10 mL de una disolución acuosa de amoníaco,  $\text{NH}_3$ , al 10 % en masa de amoníaco y densidad  $0,98 \text{ g mL}^{-1}$ , con agua hasta un volumen final de la disolución de 1 L. Datos.  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$ . Masas atómicas: N = 14 u; H = 1 u.

**Respuesta:**

10 mL de disolución de amoníaco tiene una masa:  $m = V \cdot d = 10 \cdot 0,98 = 9,8 \text{ g}$ . De esta masa, el 10 % corresponde al  $\text{NH}_3$  puro, es decir:  $m_{\text{NH}_3} = 9,8 \cdot 0,1 = 0,98 \text{ g}$ , equivalentes a  $0,98/17 = 0,058 \text{ moles}$  de NH. A tener un litro de disolución, aplicando el valor de  $K_b$ :

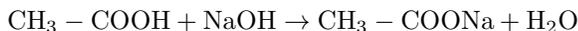
$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{0,058 - x} \quad \text{Obteniéndose : } x = [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$$

Así pues, el pH será:  $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \log 10^{-3} = \mathbf{11}$

3. En la realización de una volumetría ácido-base para determinar la concentración de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , en una disolución acuosa, 10 mL de la disolución acuosa del ácido se diluyen con 50 mL de agua. La neutralización exacta de esta disolución consume 15 mL de disolución acuosa de hidróxido de sodio, NaOH, 0,05 M. Calcule la concentración del ácido acético en la disolución inicial.

**Respuesta:**

Para esta reacción de neutralización, el número de moles de moles de ácido coincide con el número de moles de base, según se deduce de la reacción ajustada:



Así pues, podremos escribir:  $0,015 \cdot 0,05 = n_{\text{CH}_3 - \text{COOH}} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ moles}$ .

Puesto que este número de moles procede de los 10 mL iniciales, la concentración del ácido será:

$$M = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{0,01} = \mathbf{0,075}$$

4. Calcule la masa, en gramos, de amoníaco,  $\text{NH}_3$ , que es necesaria para preparar 2 L de una disolución acuosa de la base cuyo pH = 11,0. Datos. Masas atómicas: N = 14 u; H = 1 u.  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

**Respuesta:**

Sabiendo que:  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ , tendremos que  $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = 14 - 11 = 3$ , y  $[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$ .  
Aplicando la constante  $K_b$  :

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{c-x} = \frac{(10^{-3})^2}{c-10^{-3}}$$

Obteniéndose  $c = 0,056 \text{ M}$ . Para calcular la masa de amoniaco, tendremos:

$$0,056 = \frac{m/17}{2}$$

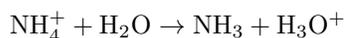
Finalmente, se obtiene:  $m = 1,90 \text{ g NH}_3$

5. Para la valoración de una base débil,  $\text{NH}_3(\text{ac})$ , con un ácido fuerte,  $\text{HCl}(\text{ac})$ , proponga, de forma razonada, el indicador que utilizaría para identificar el punto de equivalencia y el cambio de color que observaría. Indique el material de laboratorio en el que colocaría el indicador utilizado.

Indicador	Color (medio ácido)	Intervalo de pH de cambio de color	Color (medio básico)
Rojo de metilo	Rojo	4,8-6,0	Amarillo
Tornasol	Rojo	5,0-8,0	Azul
Fenolftaleína	Incoloro	8,2-10,0	Rosa

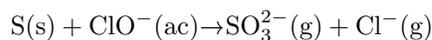
**Respuesta:**

El indicador más adecuado sería el rojo de metilo, pues en el punto de equivalencia el pH será inferior a 7, ya que el ion  $\text{NH}_4^+$  obtenido experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



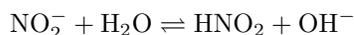
Para realizar la valoración, colocaríamos en un matraz erlenmeyer un volumen dado de la disolución de  $\text{NH}_3$ , junto con unas gotas de rojo de metilo. En una bureta, dispondríamos de una disolución de molaridad conocida de  $\text{HCl}$ . En el punto de equivalencia, se cumplirá que:  $V_A \cdot M_A = V_B \cdot M_B$ , al reaccionar el ácido con la base mol a mol. El cambio de color experimentado sería de amarillo a rojo.

6. a) Indique, de forma razonada, el carácter ácido, básico o neutro de la disolución acuosa resultante de la neutralización exacta de una disolución acuosa de hidróxido de sodio,  $\text{NaOH}$ , con una disolución acuosa de ácido nitroso,  $\text{HNO}_2$ . Dato.  $K_a(\text{HNO}_2) = 7,2 \times 10^{-4}$  b) Ajuste, por el método del ion-electrón en medio básico, la siguiente ecuación química:



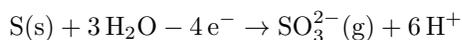
**Respuesta:**

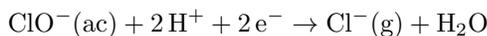
a) De la constatación de acidez del  $\text{HNO}_2$  se deduce que es un ácido débil. Su base conjugada,  $\text{NO}_2^-$  experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



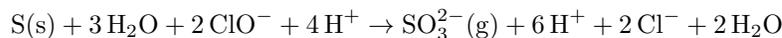
Por otra parte, el  $\text{NaOH}$  es una base fuerte, por lo que el ion  $\text{Na}^+$  no experimenta hidrólisis. La disolución resultante tiene, por consiguiente, un **pH básico**.

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

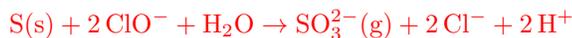




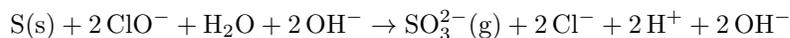
Multiplicando la segunda semirreacción por 2 y sumando a la primera., tendremos:



Agrupando términos:



Sumando 2 OH<sup>-</sup> a ambos miembros:



Quedando, finalmente:



7. Se mezclan 7,5 mL de una disolución acuosa de ácido nítrico, HNO<sub>3</sub>, de pH = 1,5, con 2,5 mL de una disolución acuosa de ácido clorhídrico, HCl, del 0,8 % en masa y densidad igual a 1,05 g mL<sup>-1</sup>. La mezcla se diluye con agua hasta un volumen final de la disolución de 2 L. Calcule el pH de la disolución resultante. Datos. Masas atómicas: Cl = 35,45 u; H = 1,01 u.

**Respuesta:**

La concentración del protones para el HNO<sub>3</sub> es:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,5} = 0,0316$  M. El número de moles de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> procedentes de este ácido es:  $n_1 = 0,0316 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 2,37 \cdot 10^{-4}$ .

Para el HCl tendremos un número de moles de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>:

$$n_2 = \frac{2,5 \cdot 1,05 \cdot 0,008}{36,46} = 5,76 \cdot 10^{-4}$$

El número total de moles de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> es:  $n = n_1 + n_2 = 2,37 \cdot 10^{-4} + 5,76 \cdot 10^{-4} = 8,13 \cdot 10^{-4}$ . La concentración de la disolución resultante será:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{8,13 \cdot 10^{-4}}{2} = 4,07 \cdot 10^{-4} \quad \text{pH} = -\log 4,07 \cdot 10^{-4} =$$

8. Para la valoración de una base fuerte, NaOH(ac), con un ácido fuerte, HCl(ac), proponga, de forma razonada, el indicador que utilizaría para identificar el punto de equivalencia y el cambio de color que observaría. Indique el material de laboratorio en el que colocaría el indicador utilizado.

Indicador	Color (medio ácido)	Intervalo de pH cambio de color	Color (medio básico)
Rojo de metilo	Rojo	4,8-6,0	Amarillo
Tornasol	Rojo	5,0-8,0	Azul
Fenolftaleína	Incoloro	8,2-10,0	Rosa

**Respuesta:**

Una sal de ácido fuerte y base fuerte no experimenta hidrólisis, por lo que el pH será neutro en el punto de equivalencia. Deberá utilizarse un indicador en cuyo intervalo de viraje se encuentre el pH 7. Por tanto, el indicador más adecuado es el **tornasol**. El cambio de color sería de azul a rojo. El material de laboratorio consistiría en una bureta que contenga la disolución de ácido, y un matraz erlenmeyer, donde se coloca la disolución de base junto con unas gotas del indicador tornasol.

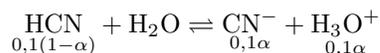
9. Se prepara una disolución acuosa de ácido cianhídrico, HCN, disolviendo 0,675 g del ácido en un volumen final de disolución de 250 mL. El pH de la disolución resultante es 5,07. Calcule el valor del grado de disociación y de la constante de ionización del ácido en la disolución acuosa a 25 °C. Datos. Masas atómicas: C = 12 u; N = 14 u; H = 1 u.

**Respuesta:**

La concentración inicial de HCN es:

$$c = \frac{0,675}{0,25} = 0,1$$

El equilibrio de ionización es el siguiente:



Sabiendo que  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5,07} = 8,51 \cdot 10^{-6} = 0,1\alpha$ , tendremos que  $\alpha = 8,51 \cdot 10^{-5}$

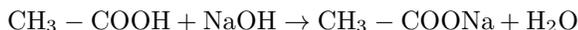
La constante de ionización es la siguiente:

$$K_a = \frac{0,1(8,51 \cdot 10^{-5})^2}{1 - 8,51 \cdot 10^{-5}} = 7,24 \cdot 10^{-10}$$

10. Para la determinación del contenido en ácido acético de un vinagre comercial, 10 mL de vinagre se diluyen con agua hasta un volumen final de 35 mL. La neutralización exacta de esta disolución consume 30 mL de disolución acuosa de hidróxido de sodio, NaOH, 0,1 M. i. Calcule la concentración del ácido acético en el vinagre comercial. ii. Indique el nombre del material de laboratorio que contiene la disolución acuosa de NaOH.

**Respuesta**

i) El número de moles de NaOH consumidos es:  $n_{\text{NaOH}} = 0,03 \cdot 0,1 = 3 \cdot 10^{-3}$  moles de NaOH. Puesto que la reacción es:



Comprobamos que 1 mol de ácido acético reacciona con un mol de NaOH, por lo que la concentración de ácido en los 10 mL de vinagre es:

$$c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 0,3 \text{ M}$$

ii) El NaOH se deposita en una **bureta**.

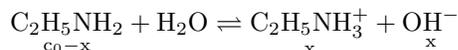
11. Calcule el pH de la disolución resultante de diluir 200 mL de una disolución acuosa de etilamina,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ , de concentración 0,1 M con agua hasta un volumen final de la disolución de 1 L. Dato.  $K_b(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 4,3 \cdot 10^{-4}$

**Respuesta**

La concentración de la etilamina, una vez diluida es:

$$c_0 = \frac{0,1 \cdot 0,2}{1} = 0,02 \text{ M}$$

El equilibrio de ionización de la etilamina es:



$$4,3 \cdot 10^{-4} = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2]} = \frac{x^2}{0,02 - x} \quad x = 2,72 \cdot 10^{-3}$$

El pH será:  $\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] = 14 + \log (2,73 \cdot 10^{-3}) = 11,44$

12. En la realización de una volumetría ácido-base para determinar la concentración de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) en un vinagre comercial, empleando hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) como reactivo valorante, 20 mL del vinagre se diluyen con 50 mL de agua. La neutralización exacta de esta disolución consume 15 mL de una disolución acuosa de hidróxido de sodio,  $\text{NaOH}$ , 0,1 M. Calcule la concentración de ácido acético en el vinagre comercial e indique donde colocaría la disolución acuosa de  $\text{NaOH}$  para realizar la valoración. Proponga, de forma razonada, cuál de los indicadores que aparecen recogidos en la siguiente tabla b) utilizaría para identificar el punto de equivalencia, indicando el cambio de color que se observaría, e indique el nombre del material en donde colocaría el indicador durante la realización de la valoración.

Indicador	Color (medio ácido)	Color (medio básico)	Intervalo de pH Cambio de color
Amarillo de metilo	Rojo	Amarillo	2,0-4,0
Verde de bromocresol	Amarillo	Azul	4,0-5,6
Rojo de fenol	Amarillo	Rojo	6,8-8,4

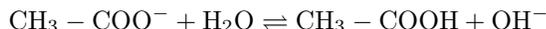
### Respuesta

El número de moles consumidos de  $\text{NaOH}$  en la valoración es:  $n_{\text{NaOH}} = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . Comoquiera que el ácido y la base reaccionan mol a mol, este número de moles de base será el mismo que el de moles de ácido. Por tanto, la concentración de ácido acético en el vinagre será:

$$[\text{CH}_3 - \text{COOH}] = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{0,020} = 0,075 \text{ M}$$

La disolución de  $\text{NaOH}$  se alojaría **en la bureta**.

Puesto que la reacción produce una sal de ácido débil y base fuerte (acetato de sodio), el ion acetato experimentará la siguiente reacción de hidrólisis:



Por lo que en el punto de equivalencia, el pH será básico. El indicador más adecuado para determinar el final de la valoración será, pues, el **rojo de fenol**.

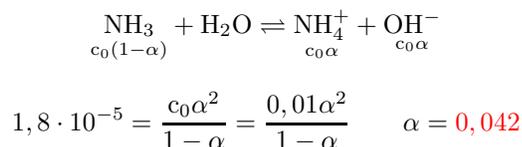
13. Se diluyen 25 mL de una disolución acuosa de amoníaco,  $\text{NH}_3$ , 0,20 M, con agua hasta un volumen final de disolución de 500 mL a 25 °C. Calcule: i. El grado de disociación del amoníaco en la disolución resultante de la dilución. ii. El pH de la disolución resultante de la dilución. Dato:  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$

### Respuesta

i) la concentración inicial del amoníaco será:

$$c_0 = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,20}{0,5} = 0,01 \text{ M}$$

En el equilibrio, podemos escribir:



ii) El pH será:

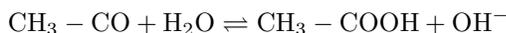
$$\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] = 14 + \log 0,01 \cdot 0,042 = 10,62$$

Indicador	Color (medio ácido)	Color (medio básico)	Intervalo de pH Cambio de color
Naranja de metilo	Rojo	Amarillo anaranjado	3,2-4,4
Fenolftaleína	Incoloro	Rosa	8,2-10,0

14. a) i.- Indique, de forma razonada, el carácter ácido, básico o neutro de la disolución acuosa resultante de la neutralización exacta de una disolución acuosa de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , con una disolución acuosa de hidróxido sódico,  $\text{NaOH}$ . ii.- Proponga, de forma razonada, qué indicador de los recogidos en la siguiente tabla utilizaría para detectar el punto final de la neutralización. b) Para determinar el contenido en ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) del vinagre, 20 mL de vinagre se diluyen con agua hasta obtener un volumen final de 50 mL. La neutralización exacta de esta disolución consume 40 mL de una disolución acuosa de hidróxido de sodio,  $\text{NaOH}$  0,1 M. Determine la concentración molar del ácido acético en el vinagre comercial.

### Respuesta

i) Como resultado de la neutralización exacta, se obtiene una disolución de acetato sódico, una sal de ácido débil y base fuerte. El anión acetato experimentará el siguiente proceso de hidrólisis:



La disolución obtenida tendrá, por tanto, carácter **básico**. ii) Debería utilizarse la **fenolftaleína**, ya que su intervalo de cambio de color se encuentra en un margen de pH básico, en concordancia con el pH de la disolución obtenida en la neutralización.

### Respuesta

b) Puesto que un mol de ácido se neutraliza con un mol de base, podemos calcular el número de moles de ácido acético presentes en 20 mL del vinagre comercial de la forma:

$$0,04 \cdot 0,1 = n \text{ moles } \text{CH}_3 - \text{COOH} \quad n = 4 \cdot 10^{-3} \text{ moles ácido}$$

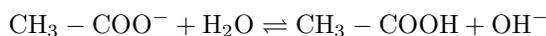
La concentración del ácido será, entonces:

$$c = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} = 0,2 \text{ M}$$

15. a) Para la valoración de un ácido débil,  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{ac})$ , con una base fuerte,  $\text{NaOH}(\text{ac})$ , se ha seleccionado como indicador el Rojo de Metilo, que presenta un color rojo en medio ácido y un color amarillo en medio básico y cuyo intervalo de pH de cambio de color es: 4,8 – 6,0. i. Indique, de forma razonada, si el indicador elegido sería adecuado para identificar el punto de equivalencia o daría lugar a un error en la valoración. ii. Indique el material de laboratorio en el que se añade este indicador. b) Dibuje un esquema del dispositivo experimental necesario para realizar una valoración ácido-base, indicando el nombre del material de laboratorio utilizado.

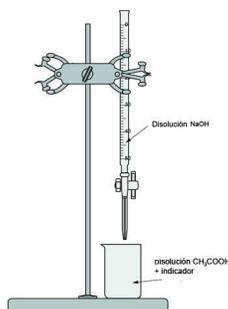
### Respuesta

a) La neutralización de un ácido débil ( $\text{CH}_3 - \text{COOH}$ ) con una base fuerte da lugar a la hidrólisis del ion acetato según:



Por lo que al finalizar la neutralización, el pH sería ligeramente básico, por lo que el rojo de metilo **no sería un indicador adecuado** para esta reacción de neutralización al estar comprendido su intervalo de en valores de pH ácidos. La fenolftaleína sería un mejor indicador, pues su intervalo de viraje se encuentra entre dos valores de pH alcalino b) El  $\text{NaOH}$  se introduce en una bureta, mientras que la disolución a valorar, junto con unas gotas del indicador, se introduce en un vaso de precipitados. Por otra parte, necesitaríamos de una pipeta, para tomar el volumen necesario de ácido acético, y de un

matraz aforado, para preparar la disolución de NaOH de la concentración adecuada. El esquema es el siguiente:



16. La determinación de la concentración de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , en un vinagre comercial puede llevarse a cabo a través de la realización de una valoración ácido-base empleando hidróxido de sodio, NaOH, como reactivo valorante. i. Indique el nombre del material de laboratorio necesario para llevar a cabo dicha valoración. (1,0 punto) ii. Proponga, de forma razonada, cuál de los dos indicadores que aparecen recogidos en la tabla utilizaría para identificar el punto de equivalencia, indicando el cambio de color que se observaría. Señale el material en el que se colocaría el indicador durante la valoración.

Indicador	Color (medio ácido)	Color (medio básico)	Intervalo de pH de cambio de color
Rojo de clorofenol	Rojo	Azul	4,8 – 6,4
Rojo de fenol	Amarillo	Rojo	6,8 – 8,4

**Respuesta:**

- i) El dispositivo experimental es igual que el representado en la imagen del ejercicio anterior, es decir, soporte con nuez y pinza, bureta, matraz erlenmeyer o vaso de precipitados, y pipeta para colocar en el matraz el volumen de ácido acético que queremos valorar. **En el matraz erlenmeyer se añadirán, además, unas gotas del indicador ácido-base.**
- ii) Teniendo en cuenta que la sal obtenida procede de un ácido débil y de una base fuerte, el anión  $\text{CH}_3 - \text{COO}^-$  experimentará el siguiente proceso de hidrólisis:

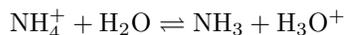


Con lo que la disolución obtenida tras la neutralización tendrá carácter básico. Así pues, el indicador más adecuado para esta valoración será el **rojo de fenol**, de forma que el cambio de color apreciado sería de **amarillo a rojo**.

17. Indique, de forma razonada, el carácter ácido, básico o neutro de la disolución acuosa resultante de la neutralización exacta de una disolución acuosa de amoníaco,  $\text{NH}_3$ , con una disolución acuosa de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ . Dato:  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$ .

**Respuesta:**

La neutralización del amoníaco con el ácido nítrico da lugar a una sal de ácido fuerte y base débil, de forma que el ion  $\text{NH}_4^+$  obtenido experimentará el siguiente proceso de hidrólisis:

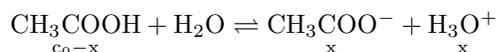


Por lo que la disolución acuosa resultante tendrá un carácter **ácido**.

18. La disolución que se obtiene al añadir agua a una disolución acuosa de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , de concentración  $C_0$  presenta un valor de  $\text{pH} = 3$ . Teniendo en cuenta que el volumen final de la disolución es 0,4 L, calcular: i. La concentración molar inicial de ácido acético en la disolución ii. El volumen de  $\text{NaOH}$  1M necesario para neutralizar la disolución de ácido acético finalmente obtenida. Dato:  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$ .

**Respuesta:**

El equilibrio de ionización que tiene lugar es el siguiente:



Sabiendo que el pH es 3, podemos escribir:  $x = 10^{-3}$ . Aplicando la constante de acidez

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-6}}{c_0 - 10^{-3}} \quad c_0 = 0,057 \text{ M}$$

ii) En la reacción de neutralización:



Un mol de ácido reacciona con un mol de base, por lo que podremos establecer la igualdad:

$$n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}} \quad 0,4 \cdot 0,057 = V \cdot 1 \quad V = 0,023 \text{ L}$$

19. i. En el laboratorio se dispone del material de laboratorio y reactivos que se relacionan: pipeta aforada de 10 mL, disolución acuosa titulada de  $\text{NaOH}$ , muestra de vinagre comercial e indicador. Indique el procedimiento experimental a seguir para realizar la determinación del contenido de ácido acético en un vinagre comercial. (1,0 punto) ii. Para la valoración de una base débil,  $\text{NH}_3(\text{ac})$ , con un ácido fuerte,  $\text{HCl}(\text{ac})$ , proponga, de forma razonada, el indicador que utilizaría para identificar el punto final de la valoración y el cambio de color que observaría. Indique el material de laboratorio en el que colocaría el indicador utilizado.

Indicador	Color (medio ácido)	Intervalo de pH de cambio de color	Color (medio básico)
Rojo de metilo	Rojo	4,8 – 6,0	Amarillo
Tornasol	Rojo	5,0 – 8,0	Azul
Fenolftaleína	Incoloro	8,2 – 10,0	Rosa

**Respuesta:**

- i) El dispositivo experimental y el procedimiento están descritos en el ejercicio nº 15.  
ii) Al reaccionar con un ácido fuerte, la base débil da lugar a un ácido conjugado, que puede hidrolizarse según la reacción:



Por lo que el pH en el punto de equivalencia será ácido, por lo que el indicador adecuado sería el **rojo de metilo**, cuyo intervalo de viraje tiene lugar a pH ácido.

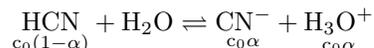
20. La disolución resultante de disolver en agua 270 mg de ácido cianhídrico,  $\text{HCN}$ , hasta alcanzar un volumen final de disolución de 50 mL presenta un  $\text{pH} = 4,92$  a  $25^\circ\text{C}$ . Calcule el valor del grado de ionización y de la constante  $K_a$  del ácido en la disolución acuosa a  $25^\circ\text{C}$ . Datos. Masas atómicas: C = 12 u; N = 14 u; H = 1 u.

**Respuesta:**

La concentración inicial de HCN es:

$$c_0 = \frac{0,270}{\frac{12 + 14 - 1}{0,05}} = 0,2 \text{ M}$$

El equilibrio de disociación puede ser representado de la forma:



Al tener un valor de pH = 4,92, podemos afirmar que  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-4,92} = c_0\alpha$ , con lo cual:

$$\alpha = \frac{10^{-4,92}}{0,2} = \frac{1,20 \cdot 10^{-5}}{0,2} = 6 \cdot 10^{-5}$$

La constante  $K_a$  tendrá el valor:

$$K_a = \frac{[\text{CN}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCN}]} = \frac{0,2(6 \cdot 10^{-5})^2}{1 - 6 \cdot 10^{-5}} \simeq 0,2(6 \cdot 10^{-5})^2 = 7,2 \cdot 10^{-10}$$

21. Para la determinación del contenido en ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , de un vinagre comercial, 15 mL de vinagre se diluyen con agua hasta un volumen final de 50 mL. La neutralización exacta de esta disolución consume 7,5 mL de disolución acuosa de hidróxido de sodio, NaOH, 0,2 M. i. Calcule la concentración del ácido acético en el vinagre comercial, expresando el resultado en % en masa (considere la densidad de la disolución de vinagre como de 1 g/mL). ii. Indique dónde se aloja el indicador durante la valoración y justifique, de forma razonada, si sería adecuado utilizar el Naranja de Metilo como indicador para detectar el punto final de la valoración. Datos: Intervalo de pH de cambio de color del Naranja de Metilo: 3,2-4,4. Masas atómicas: C = 12 u; H = 1 u; O = 16 u.

**Respuesta:**

i) La reacción de neutralización es la siguiente:



En el punto de equivalencia, el número de moles de ácido es igual al número de moles de base, por lo cual:

$$0,015 \cdot M = 0,0075 \cdot 0,2 \quad M = 0,1$$

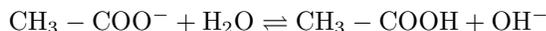
Se ha considerado unicamente volumen de 15 mL de vinagre. La molaridad de esta disolución se puede expresar así:

$$M = \frac{\frac{\text{mg}}{62 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}}{0,015 \text{ L}} = 0,1 \quad m = 0,093 \text{ g CH}_3 - \text{COOH}$$

El tanto por ciento en masa será:

$$\% = \frac{0,093}{15} 100 = 0,62$$

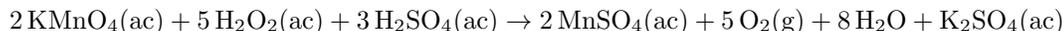
ii) El indicador se coloca en el vaso de precipitados o matraz erlenmeyer que contiene la muestra de vinagre diluido. En el punto de equivalencia se ha formado una sal de ácido débil y base fuerte, por lo que la base conjugada del ácido experimentará el siguiente proceso de hidrólisis:



Por tanto, el pH en el punto de equivalencia es básico, por lo que **no sería adecuado** utilizar el indicador naranja de metilo, ya que su intervalo de viraje se encuentra en una zona de pH ácido.

## 7. OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN.

1. La concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede determinarse mediante valoración redox con permanganato de potasio,  $\text{KMnO}_4$ , de acuerdo con la ecuación química:



En el laboratorio, 10 mL del agua oxigenada se diluyen con agua hasta 100 mL y se toma una alícuota de 10 mL. La valoración de esta alícuota consume, en el punto de equivalencia, 20 mL de una disolución de permanganato de potasio 0,02 M. Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial.

### Respuesta:

Según la reacción ajustada, dos moles de permanganato potásico reaccionan con cinco moles de peróxido de hidrógeno, por lo que podemos escribir la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ moles KMnO}_4}{5 \text{ moles H}_2\text{O}_2} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 \text{ moles KMnO}_4}{x \text{ moles H}_2\text{O}_2}$$

Obteniéndose  $x = 0,01$  moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , que se encuentran en 10 mL de disolución. la concentración de ésta será:

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{0,001}{0,01} = 0,1 \text{ M}$$

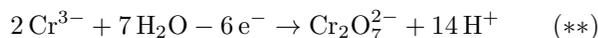
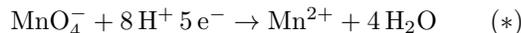
Al estar diluido el  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 10 %, la concentración del agua oxigenada será 10 veces la concentración del peróxido de hidrógeno antes calculada, es decir:  $c = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ M}$

2. En disolución acuosa ácida, el anión permanganato,  $\text{MnO}_4^-$ , reacciona con el  $\text{Cr}^{3+}$  para formar  $\text{Mn}^{2+}$  y anión dicromato,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . a) Indique, justificando la respuesta, la especie química que se oxida, la que se reduce, la que actúa como oxidante y la que actúa como reductora. Ajuste la reacción química global en forma iónica mediante el método del ion-electrón. b) Dibuje un esquema de la célula galvánica basada en la reacción química que se produce de forma espontánea, indicando las semirreacciones que se producen en el ánodo y en el cátodo de la célula y el sentido del flujo de electrones durante su funcionamiento. Calcule el potencial estándar de la célula. Datos.  $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = +1,51 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = +1,33 \text{ V}$ .

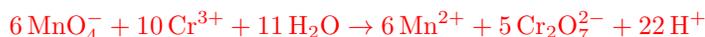
### Respuesta:

El  $\text{Cr}^{3+}$  se oxida a  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , actuando, por tanto como un reductor y aumentando su estado de oxidación de +3 a +6, mientras el  $\text{MnO}_4^-$  se reduce a  $\text{Mn}^{2+}$ , disminuyendo el estado de oxidación del manganeso de +7 a +2. El  $\text{MnO}_4^-$  actúa, pues como oxidante.

a) El ajuste de la reacción será:



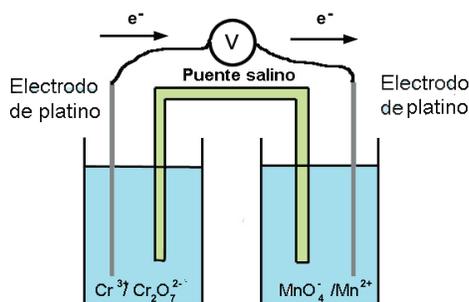
Multiplicando la primera semirreacción por 6, la segunda por 5, sumando algebraicamente, y pasando los elementos comunes en ambos miembros a uno solo de ellos, tendremos, finalmente:



b) La representación de la pila sería la siguiente:

La semirreacción de reducción, (\*) tiene lugar en el cátodo, mientras que la reacción (\*\*), de oxidación, se produce en el ánodo. El sentido del flujo de electrones es desde el ánodo hacia el cátodo. El potencial estándar de la pila será:

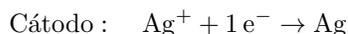
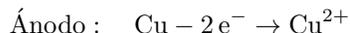
$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 1,51 - 1,33 = 0,18 \text{ V}$$



3. Se construye una pila voltaica con los siguientes electrodos: una tira de cobre sumergida en una disolución acuosa de  $\text{Cu}^{2+}(\text{ac})$  1 M; y una tira de plata sumergida en una disolución acuosa de  $\text{Ag}^+(\text{ac})$  1 M. a) Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción que se producen, de forma espontánea, durante el funcionamiento de la pila. Calcule el potencial estándar de la pila. b) Dibuje un esquema de la pila indicando el ánodo, el cátodo y el sentido en el que fluyen los electrones cuando funciona la pila. Datos.  $E^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ ;  $E^{\circ}(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$

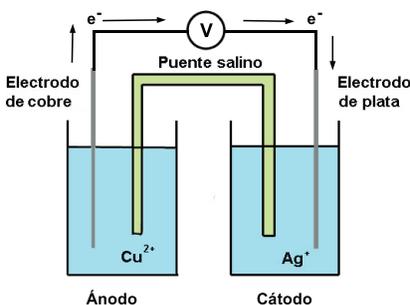
**Respuesta:**

a) Puesto que la plata es un reductor más fuerte que el cobre, las reacciones espontáneas que tendrían lugar son las siguientes:



El potencial de la pila será:  $\varepsilon^{\circ} = \varepsilon_{\text{cátodo}}^{\circ} - \varepsilon_{\text{ánodo}}^{\circ} = 0,80 - 0,34 = 0,46 \text{ V}$

b) Un posible esquema sería el siguiente:



4. La concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede determinarse mediante valoración redox con permanganato de potasio,  $\text{KMnO}_4$ , de acuerdo con la ecuación química:  $2\text{KMnO}_4(\text{ac}) + 5\text{H}_2\text{O}_2(\text{ac}) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{ac}) \rightarrow 2\text{MnSO}_4(\text{ac}) + 5\text{O}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{ac})$  En el laboratorio, 2 mL del agua oxigenada se diluyen con agua hasta un volumen final de 20 mL. La valoración exacta de esta disolución consume, en el punto de equivalencia, 20 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio 0,01 M. a) calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial; b) indique el nombre del material de laboratorio en el que se coloca la disolución acuosa de permanganato de potasio durante la valoración.

**Respuesta:**

a) Teniendo en cuenta la reacción ajustada, podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \text{ mol KMnO}_4} = \frac{5 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{x \text{ mol H}_2\text{O}_2} \quad x = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

Estos  $5 \cdot 10^{-4}$  moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  se encuentran en un volumen de 2 mL, que se ha diluido hasta 20 mL. La concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  será, pues:

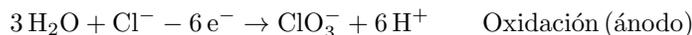
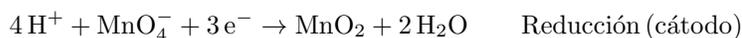
$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,25 \text{ M}$$

b) Para realizar la valoración, ponemos en un matraz erlenmeyer el volumen de peróxido de hidrógeno antes mencionado. En una bureta, ponemos la disolución 0,01 M de permanganato de potasio, y añadimos el permanganato al peróxido de hidrógeno hasta que la disolución deje de ser incolora.

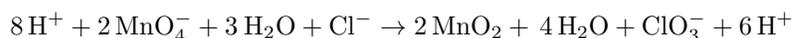
5. Se construye una pila galvánica utilizando las siguientes semicélulas: i) un hilo de Pt sumergido en una disolución acuosa ácida que contiene  $\text{MnO}_2(\text{s})$  en suspensión y  $[\text{MnO}_4^-] = 1 \text{ M}$ ; ii) un hilo de Pt sumergido en una disolución acuosa ácida que contiene  $[\text{ClO}_3^-] = [\text{Cl}^-] = 1 \text{ M}$ . a) Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción y la reacción global, ajustadas por el método del ión-electrón en forma iónica. Indique la especie química que actúa como oxidante y la que actúa como reductora durante el funcionamiento espontáneo de la pila. b) Dibuje un esquema de la pila en el que estén representadas la semicélula que actúa como ánodo y la que actúa como cátodo, así como el sentido del flujo de electrones durante el funcionamiento de la pila. Datos.  $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2) = +1,70 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-) = +1,45 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

a) Para un funcionamiento espontáneo de la pila, el potencial será:  $\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 1,70 - 1,45 = +0,25 \text{ V}$ . Las semirreacciones son las siguientes:



La reacción global se obtiene multiplicando la primera semirreacción por dos y sumándole miembro a miembro la segunda. El resultado es el siguiente:



Agrupando términos, nos queda:



La especie que actúa como oxidante es el  $\text{MnO}_4^-$  mientras que el reductor es el ion  $\text{Cl}^-$

b) La pila formada tiene la siguiente notación:



El flujo de electrones se dirige desde el ánodo hacia el cátodo.

6. Describa el procedimiento experimental a seguir en el laboratorio para determinar la concentración de peróxido de hidrógeno en un agua oxigenada, mediante la valoración denominada permanganimetría. Indique el material de laboratorio utilizado.

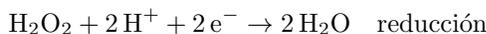
**Respuesta:**

En un matraz Erlenmeyer se pone un volumen de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en una disolución acuosa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Se carga una bureta una disolución de  $\text{KMnO}_4$  y se procede a la valoración, agitando hasta que en el matraz persista el color del permanganato potásico.

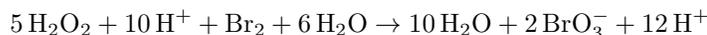
7. Cuando se añade una disolución acuosa de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , a una disolución acuosa ácida que contiene bromo disuelto,  $\text{Br}_2(\text{ac})$ , se produce una reacción química espontánea. A partir de los valores de los potenciales estándar de reducción,  $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = +1,763 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = +1,478 \text{ V}$ : a) Indique, de forma razonada, la especie química en disolución que experimenta la reacción de oxidación y la que experimenta la reacción de reducción. Escriba y ajuste por el método del ion-electrón la ecuación que representa la reacción química que se produce de forma espontánea. Indique la especie química que actúa como reductor. b) Calcule el potencial estándar de la reacción global. Nota. Todas las especies en disolución están en condiciones estándar.

**Respuesta:**

Cuanto mayor sea el potencial de reducción para un elemento o compuesto, mayor será el poder oxidante del mismo. De esta forma, podemos afirmar que el  $\text{H}_2\text{O}_2$  es un oxidante más energético que el  $\text{BrO}_3^-$ . En una reacción entre ambas, la primera actúa como oxidante y la segunda como reductora. Para el ajuste de la reacción, tendremos las siguientes semirreacciones:



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



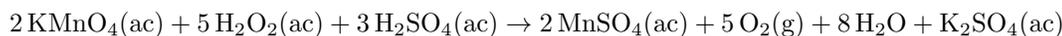
Agrupando términos, nos queda:



b) El potencial estándar es:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon^0(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) - \varepsilon^0(\text{BrO}_3^-/\text{Br}_2) = 1,763 - 1,478 = 0,285 \text{ V}$$

8. La concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede determinarse mediante valoración redox con permanganato de potasio,  $\text{KMnO}_4$ , de acuerdo con la ecuación química:



En el laboratorio, 1 mL del agua oxigenada se diluye con agua hasta un volumen final de 20 mL. La valoración exacta de esta disolución consume, en el punto de equivalencia, 15 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio 0,01 M. i) Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial ; ii) indique el nombre del material de laboratorio que contiene la disolución acuosa de peróxido de hidrógeno durante la valoración.

**Respuesta**

i) El número de moles de permanganato consumidos es:  $n_{\text{KMnO}_4} = 0,015 \cdot 0,01 = 1,5 \cdot 10^{-4}$  moles. Puesto que 5 moles de permanganato oxidan a 2 moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , podemos escribir la siguiente igualdad:

$$\frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{5 \text{ mol H}_2\text{O}_2} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol KMnO}_4}{x \text{ mol H}_2\text{O}_2} \quad x = 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

Esta cantidad de moles de peróxido de hidrógeno se encuentra en 1 mL, por lo que la concentración del  $\text{H}_2\text{O}_2$  será :

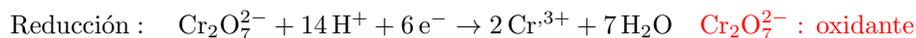
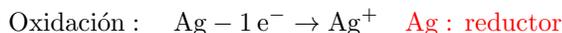
$$c = \frac{3,75 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,375 \text{ M}$$

ii) El peróxido de hidrógeno se coloca en un **matraz erlenmeyer**, mientras que la disolución de permanganato se coloca en una bureta.

9. A partir de la notación de la pila galvánica  $\text{Ag(s)}|\text{Ag}^+(\text{ac}, 1 \text{ M})||\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ac}, 1 \text{ M})|\text{Cr}^{3+}(\text{ac}, 1 \text{ M})|\text{Pt}$ :
- i) Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción y la reacción global, ajustadas por el método del ion-electrón en forma iónica. Indique la especie química que actúa como oxidante y la que actúa como reductora durante el funcionamiento espontáneo de la pila. ii) Dibuje un esquema de la pila en el que estén representadas la semicelda que actúa como ánodo y la que actúa como cátodo, así como el sentido del flujo de electrones durante el funcionamiento de la pila.

**Respuesta**

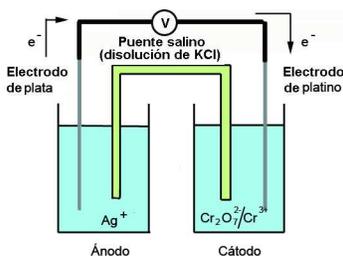
- i) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por 6 y sumando la segunda, tendremos:



- ii)



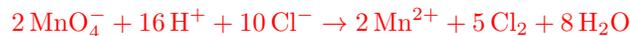
10. Al añadir permanganato de potasio,  $\text{KMnO}_4$ , a una disolución acuosa de ácido clorhídrico,  $\text{HCl}$ , se produce una reacción química de oxidación-reducción espontánea, dando lugar a cloruro de manganeso (II),  $\text{MnCl}_2$ , y se observa la liberación de cloro,  $\text{Cl}_2$ . i. Indique, de forma razonada, la especie química en disolución que experimenta la reacción de oxidación y la que experimenta la reacción de reducción. ii. Escriba y ajuste por el método del ion-electrón, en forma iónica, la ecuación que representa la reacción química que se produce de forma espontánea. iii. Calcule el potencial estándar de la reacción global. Datos.  $E^0(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = +1,36 \text{ V}$   $E^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = +1,51 \text{ V}$  Nota. Todas las especies en disolución están en condiciones estándar.

**Respuesta:**

- i) El  $\text{KMnO}_4$  se reduce a  $\text{MnCl}_2$ , dado el mayor potencial de reducción del  $\text{MnO}_4^-$  frente al  $\text{Cl}_2$ , mientras que el  $\text{HCl}$  se oxida a  $\text{Cl}_2$ , siendo las semirreacciones correspondientes:



- ii) Multiplicando por dos la primera semirreacción, por cinco la segunda, y sumando algebraicamente, tendremos:



- iii) El potencial estándar será:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 1,51 - 1,36 = 0,15 \text{ V}$$

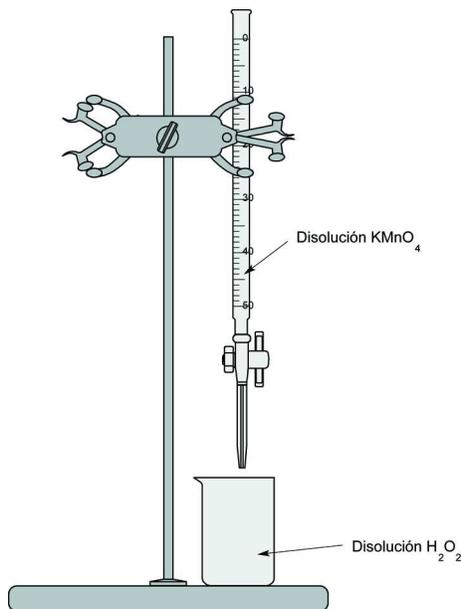
11. La determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede llevarse a cabo mediante la valoración denominada permanganimetría, de acuerdo con la siguiente ecuación química:



a) Enumere el material de laboratorio necesario para realizar la determinación de la concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en el agua oxigenada comercial, utilizando una disolución de permanganato de potasio. Indique dónde se alojaría la disolución acuosa de permanganato potásico. b) Se toman 0,5 mL de agua oxigenada y se diluyen con agua hasta un volumen final de 25 mL. La valoración exacta de esta disolución consume, en el punto de equivalencia, 15 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio 0,01 M. Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial, expresando el resultado en gramos de  $\text{H}_2\text{O}_2$  por 100 mL disolución. Datos. Masas atómicas: H = 1 u; O = 16 u.

**Respuesta:**

a) Para realizar esta práctica, necesitamos el siguiente material: soporte con base, nuez y pinza, bureta, vaso de precipitados o matraz erlenmeyer, pipeta (para medir con precisión el volumen de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , y varilla agitadora.



La disolución de  $\text{KMnO}_4$  se alojaría en la bureta.

El número de moles consumidos de  $\text{KMnO}_4$  es:  $n = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ . De la reacción ajustada se deduce que 5 moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  reaccionan con dos moles de  $\text{KMnO}_4$ , por lo que el número de moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en la muestra será:

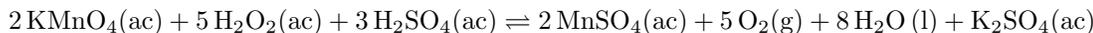
$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{5 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5}}{2} = 3,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

Estos moles de peróxido de hidrógeno se encuentran en un volumen de 0,5 mL de dicha sustancia, con lo que la concentración inicial será:

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{3,75 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-4}} = 0,075 \text{ M}$$

Expresada en g/L, dicha concentración será:  $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,075 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot 34 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2,55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

12. La concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede cuantificarse mediante una valoración redox utilizando permanganato potásico,  $\text{KMnO}_4$ , de acuerdo con la siguiente reacción química:



En el laboratorio, 1 mL de agua oxigenada se diluye con agua hasta un volumen final de 20 mL. La valoración exacta de esta disolución consume, en el punto de equivalencia, 15 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio 0,01 M. Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial. b) Indique el material de laboratorio necesario para realizar la determinación del contenido de ácido acético en un vinagre comercial. Identifique el material de laboratorio en el que colocaría el indicador utilizado.

### Respuesta

a) Teniendo en cuenta que que 2 moles de  $\text{KMnO}_4$  reaccionan con 5 moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , el número de moles de esta sustancia que reaccionan con el permanganato se obtiene a partir de la igualdad:

$$\frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{5 \text{ mol H}_2\text{O}_2} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \text{ mol KMnO}_4}{x \text{ mol H}_2\text{O}_2} \quad x = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{2} = 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

Este número de moles se encuentra en un volumen de 1 mL de agua oxigenada, por lo que la concentración de la misma es:

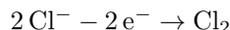
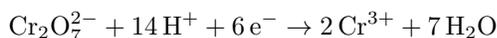
$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{3,75 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,375 \text{ M}$$

b) El dispositivo experimental es el mismo que el utilizado en el problema nº 11 de esta sección, salvo que el la bureta se colocaría una disolución de  $\text{NaOH}$  de concentración conocida, en el vaso de precipitados se colocaría la muestra de vinagre comercial, junto con unas gotas de fenolftaleína como indicador.

13. Cuando se mezclan disoluciones acuosas de dicromato de potasio,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , y de ácido clorhídrico,  $\text{HCl}$ , se genera cloruro de cromo (III),  $\text{CrCl}_3$ , y cloruro de potasio,  $\text{KCl}$ , y se observa el desprendimiento gaseoso de cloro,  $\text{Cl}_2$ . i. Escriba y ajuste por el método del ion-electrón, en forma iónica y molecular, la reacción química que tiene lugar. ii. Indique el compuesto que actúa como oxidante y el que actúa como reductor.

### Respuesta

i) Las semirreacciones que se producen son las siguientes:



Multiplicando por 3 la segunda semirreacción, y sumando miembro a miembro a la primera, tendremos:



En forma molecular:



ii) El  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  actúa como oxidante, reduciéndose a  $\text{Cr}^{3+}$ , mientras que el  $\text{Cl}^-$  actúa como reductor, oxidándose a  $\text{Cl}_2$ .

14. La determinación del contenido de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en una disolución de agua oxigenada puede llevarse a cabo a través de la realización de una permanganimetría, de acuerdo con la siguiente ecuación química:  $2 \text{KMnO}_4(\text{ac}) + 5 \text{H}_2\text{O}_2(\text{ac}) + 3 \text{H}_2\text{SO}_4(\text{ac}) \rightarrow 2 \text{MnSO}_4(\text{ac}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) + 8 \text{H}_2\text{O}$

+  $\text{K}_2\text{SO}_4(\text{ac})$  En el laboratorio, 20 mL de una disolución de un agua oxigenada comercial se acidulan con ácido sulfúrico y se diluyen con agua hasta un volumen de 50 mL para su posterior valoración con permanganato potásico de concentración 0,05 M. Si se necesitan 8 ml de permanganato potásico para alcanzar el punto final de la valoración, calcule la concentración de la disolución de peróxido de hidrógeno en la disolución de agua oxigenada inicial, expresándola en gramos de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en 100 mL de disolución. Datos: Masas atómicas. H = 1 u; O = 16 u.

### Respuesta

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

$$\frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05 \text{ mol KMnO}_4} = \frac{5 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{x \text{ mol H}_2\text{O}_2} \quad x = 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

Estos moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  se hallan presentes en 20 mL de agua oxigenada, por lo que la concentración de la misma es:

$$c = \frac{10^{-3}}{0,02} = 0,05 \text{ M}$$

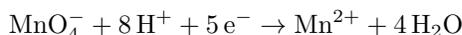
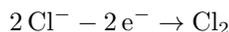
Expresada en g/100 mL, la concentración será:

$$c = 0,05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \frac{34 \text{ g H}_2\text{O}_2 \cdot \text{mol}^{-1}}{1 \text{ L}} = 1,7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{ equivalentes a : } \mathbf{0,17 \text{ g/100mL}}$$

15. Ajuste, en forma molecular, la siguiente reacción de oxidación-reducción, en medio ácido, empleando el método del ión-electrón:  $\text{KCl}(\text{ac}) + \text{KMnO}_4(\text{ac}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{ac}) \rightarrow \text{MnSO}_4(\text{ac}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{ac}) + \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$ .

### Respuesta

a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicamos por 5 la primera semirreacción, por 2 la segunda, y sumamos algebraicamente:



En forma molecular:



16. Se construye una pila galvánica utilizando las semicélulas siguientes: a) una lámina de zinc sumergida en una disolución acuosa de  $\text{Zn}^{2+}(\text{ac})$ , 1M; b) un hilo de Pt sumergido en una disolución acuosa ácida que contiene  $\text{MnO}_2(\text{s})$  en suspensión y  $[\text{MnO}_4^-] = 1 \text{ M}$ . i. Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción y la reacción global que se producen, de forma espontánea, durante el funcionamiento de la pila, ajustadas por el método de ión-electrón en forma iónica. Indique la especie química que actúa como oxidante y la que actúa como reductora durante el funcionamiento espontáneo de la pila. ii. Calcule la fuerza electromotriz (o potencial) de la pila en condiciones estándar. Datos.  $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$   $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2) = +1,70 \text{ V}$ .

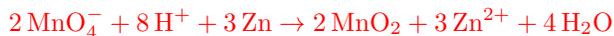
### Respuesta

i) Las semirreacciones son las siguientes:





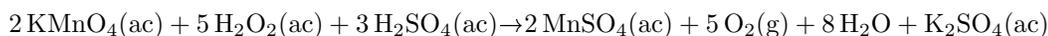
Multiplicando por 3 la primera semirreacción, por 2 la segunda, y sumando, tendremos:



ii) La fuerza electromotriz de la pila será:

$$\varepsilon_{\text{pila}}^0 = 1,70 - (-0,76) = +2,46 \text{ V}$$

17. La determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede llevarse a cabo mediante la valoración denominada permanganimetría, de acuerdo con la siguiente ecuación química:



i. Describa el procedimiento experimental a seguir en el laboratorio para llevar a cabo dicha valoración, indicando el nombre del material de laboratorio utilizado. ii. Para la permanganimetría de una disolución de agua oxigenada, se tomó 1 mL de dicha disolución y se diluyó con agua hasta un volumen final de 20 mL. La valoración exacta de esta disolución consumió, en el punto de equivalencia, 15 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio. A partir de los cálculos realizados, se obtuvo una concentración de peróxido de hidrógeno en la disolución inicial de agua oxigenada de 1,275 g  $\text{H}_2\text{O}_2$ /100 mL. Determine la concentración molar de la disolución de permanganato de potasio utilizado en la valoración. Datos. Masas atómicas: H = 1 u; O = 16 u.

### Respuesta

i) Para realizar esta práctica, necesitamos el siguiente material: soporte con base, nuez y pinza, bureta, vaso de precipitados o matraz erlenmeyer, pipeta (para medir con precisión el volumen de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y varilla agitadora. El esquema del dispositivo experimental es el que se representa en la imagen del ejercicio nº 11 de esta sección. Para realizar la valoración, colocamos en el matraz erlenmeyer la muestra de  $\text{H}_2\text{O}_2$  junto con unas gotas de ácido sulfúrico. En la bureta se coloca un determinado volumen de  $\text{KMnO}_4$ . Se vierte éste lentamente sobre el erlenmeyer, agitando hasta que la disolución obtenida tome una tonalidad levemente rosada. No es preciso el uso de indicador redox, pues el cambio de color del  $\text{KMnO}_4$  es el que nos va indicando el avance de la neutralización.

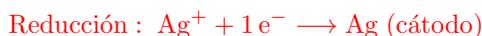
ii) Teniendo en cuenta que la molaridad del peróxido de hidrógeno será:  $M = \frac{1,275/34}{0,1} = 0,375$ , a partir de la reacción ajustada, podemos escribir:

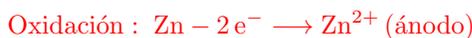
$$\frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{0,015 \cdot M \text{ KMnO}_4} = \frac{5 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{10^{-3} \cdot 0,375 \text{ mol H}_2\text{O}_2} \quad M = 0,01$$

18. Se construye una pila galvánica utilizando las siguientes semicélulas: a) una lámina de zinc sumergida en una disolución acuosa de  $\text{Zn}^{2+}(\text{ac})$ ; b) un hilo de Ag sumergido en una disolución acuosa de iones  $\text{Ag}^+(\text{ac})$ . i. Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción y la reacción global que se producen, de forma espontánea, durante el funcionamiento de la pila, ajustadas por el método de ion-electrón en forma iónica. Indique la especie química que actúa como oxidante y la que actúa como reductora durante el funcionamiento espontáneo de la pila. ii. Si el cátodo se sustituye por un electrodo de hierro sumergido en una disolución de iones  $\text{Fe}^{2+}$  ¿funcionará espontáneamente la pila? Datos.  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ .

### Respuesta

i) Las semirreacciones son las siguientes:





Multiplicando por dos la primera semirreacción, y sumando algebraicamente:



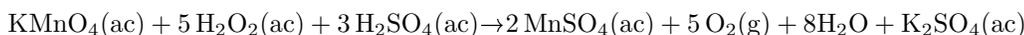
**La plata actúa como oxidante, mientras que el  $\text{Zn}^{2+}$  actúa como reductor.**

ii) El potencial de esta pila será:

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

Al ser positivo el potencial, **la pila funcionará de forma espontánea.**

19. La determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede llevarse a cabo mediante la valoración denominada permanganimetría, de acuerdo con la siguiente ecuación química:



i. Indique el material de laboratorio necesario para realizar la determinación de la concentración de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en el agua oxigenada comercial, utilizando una disolución de permanganato de potasio, identificando el material en el que se deposita la disolución acuosa de permanganato y la de agua oxigenada en el inicio de la valoración. ii. En el laboratorio, 10 mL del agua oxigenada se diluyen con agua hasta 100 mL y se toma una alícuota de 10 mL. La valoración de esta alícuota consume, en el punto de equivalencia, 20 mL de una disolución de permanganato de potasio 0,02 M. Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial. ¿Cómo se detecta el punto final de la valoración? Datos. Masas atómicas: H = 1 u; O = 16 u.

**Respuesta:**

Para el apartado i) ver problema 11 de esta sección.

ii) El número de moles empleados de  $\text{KMnO}_4$  será:  $n = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 = 4 \cdot 10^{-4}$ . De la reacción ajustada se deduce que 5 moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  reaccionan con dos moles de  $\text{KMnO}_4$ , por lo que el número de moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en la muestra será:

$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{2} = 10^{-3} \text{ mol H}_2\text{O}_2$$

Estos moles de peróxido de hidrógeno se encuentran en un volumen de 10 mL de dicha muestra, con lo que la concentración en este volumen será:

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{10^{-3}}{10^{-2}} = 10^{-1} \text{ M}$$

Como la muestra de agua oxigenada se ha diluido diez veces, su concentración será:  $c = 10^{-1} \cdot 10 = 1 \text{ M}$ . Dado que en la permanganimetría, el color del permanganato potásico va desapareciendo cuando se va oxidando peróxido de hidrógeno, el punto final vendrá dado por un tenue color rosado, debido al ligero exceso de  $\text{KMnO}_4$  que no ha reaccionado.

20. La determinación de la concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede llevarse a cabo en el laboratorio mediante la valoración denominada permanganimetría, de acuerdo con la siguiente reacción química:  $2\text{KMnO}_4(\text{ac}) + 5\text{H}_2\text{O}_2(\text{ac}) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{ac}) \rightarrow 2\text{MnSO}_4(\text{ac}) + 5\text{O}_2(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{ac})$  i. Indique cuál es el material de laboratorio utilizado en dicha determinación e identifique dónde se colocaría la disolución de permanganato potásico y dónde se colocaría el agua oxigenada. ii. Indique cómo se lleva a cabo la detección del punto final de la valoración. iii. La valoración exacta de una disolución preparada diluyendo 2 mL de agua oxigenada con agua hasta alcanzar un volumen final de 20 mL consume, en el punto de equivalencia, 15 mL de una disolución acuosa de permanganato de potasio 0,01 M. Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada, expresando el resultado en gramos de peróxido de hidrógeno por litro de agua oxigenada.

(1,0 punto) Datos: Masas atómicas: H = 1 u; O = 16 u.

**Respuesta:**

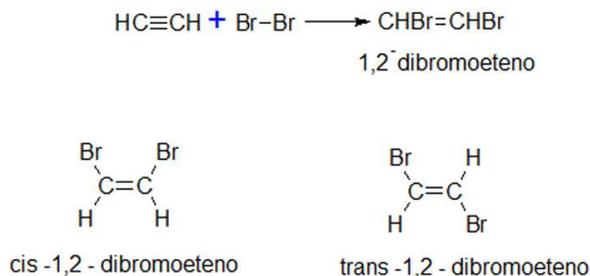
El problema es totalmente similar al n<sup>o</sup> 19 de esta sección, y se resuelve aplicando el mismo procedimiento que en éste.

## 8. QUÍMICA ORGÁNICA.

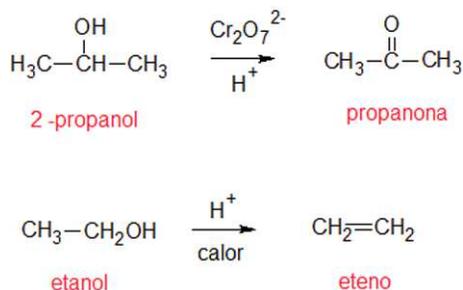
1. Para la reacción etino + bromo: i) Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada del producto de la reacción. ii) Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada de los isómeros geométricos del producto de la reacción.

**Respuesta:**

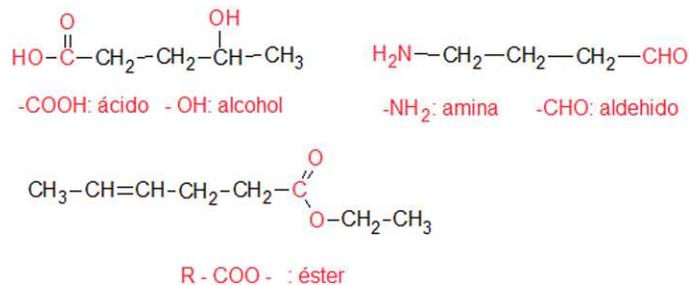
La reacción, así como la fórmula semidesarrollada de los isómeros geométricos (cis/trans) puede verse en la siguiente imagen:



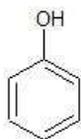
2. Nombre y escriba las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos orgánicos que intervienen en las siguientes reacciones químicas: a). Oxidación de 2-propanol (propan-2-ol) con dicromato,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , en medio ácido. b). Deshidratación del etanol en presencia de ácidos fuertes.



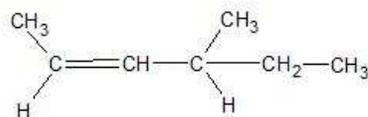
3. Identifique y nombre los grupos funcionales presentes en los siguientes compuestos:



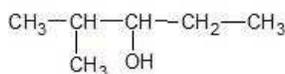
4. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos: a). Fenol b). Cis-4-metil-2-hexeno (cis-4-metilhex-2-eno) c). 2-metil-3-pentanol (2-metilpentan-3-ol) d). Ácido 2-metilpropanoico e). Etil propil éter vi. 2-etil-2-metilpentanal.

**Respuesta:**

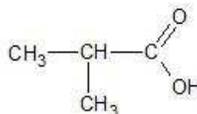
i) fenol



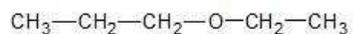
ii) cis-4 metil-2-hexeno



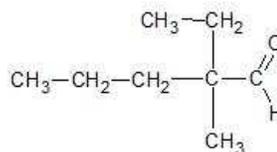
iii) 2-metil-3-pentanol



iv) ácido 2-metilpropanoico



v) etil propil éter

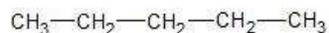


vi) 2-etil-2-metilpentanal

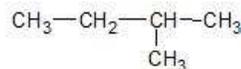
5. Escriba las fórmulas semidesarrolladas y nombre los posibles isómeros constitucionales/estructurales que tienen la fórmula molecular  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .

**Respuesta**

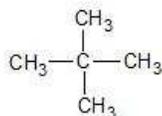
El compuesto  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  tiene tres isómeros, cuyas fórmulas semidesarrolladas son las siguientes:



pentano



metilbutano



dimetilpropano

6. Escriba las fórmulas semidesarrolladas y nombre tres de los isómeros posibles del ácido carboxílico con fórmula molecular  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ .

**Respuesta**



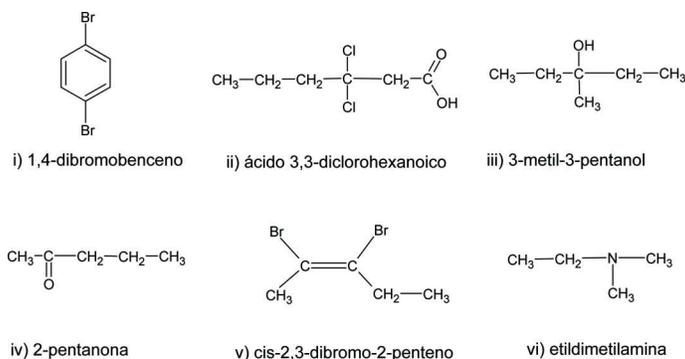
Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| i) 1,4-dibromobenceno (p-dibromobenceno)                 | ii) Ácido 3,3-diclorohexanoico |
| iii) 3-metil-3-pentanol (3-metilpentan-3-ol)             | iv) 2-pentanona (pentan-2-ona) |
| v) cis-2,3-dibromo-2-penteno (cis-2,3-dibromopent-2-eno) | vi) etildimetilamina           |

### Respuesta

a) i) **grupo carboxilo, -COOH y doble enlace;** ii) **grupo cetona -CO- y grupo aldehído -CHO;**  
 iii) **grupo éster -COOR y grupo amina -NH-**

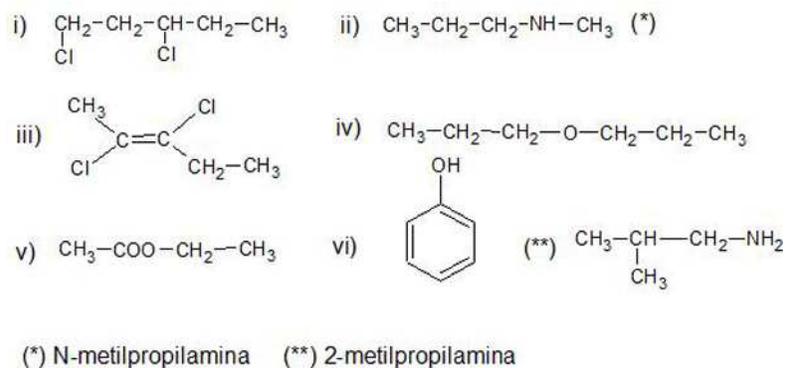
b)



11. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos: i) 1,3-dicloropentano ii) Metilpropilamina iii) trans-2,3-dicloro-2-penteno (trans-2,3-dicloropent-2-eno) iv) Dipropil éter v) Acetato de etilo vi) Fenol.

### Respuesta

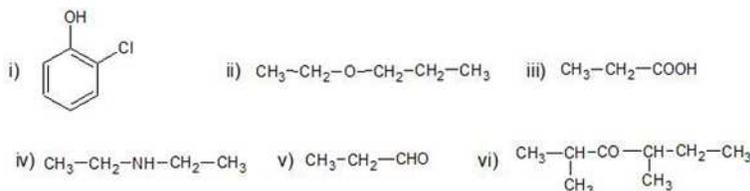
Las fórmulas son las siguientes:



12. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos: i) 2-clorofenol ii) Etil propil éter iii) ácido propanoico iv) Dietilamina v) Propanal vi) 2,4-dimetil-3-hexanona.

### Respuesta

Las fórmulas son las siguientes:



13. Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada de tres de los posibles isómeros constitucionales que tiene la fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ .

**Respuesta**

Tres de los posibles isómeros son:  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ;  $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  y  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$

14. a. Considere los elementos cuyas configuraciones electrónicas en su estado fundamental son: A:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ ; B:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . Justifique qué elemento, A o B presenta un mayor valor de la primera energía de ionización. b. Identifique y nombre los grupos funcionales presentes en los siguientes compuestos: i.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$   
 ii.  $\text{CH}_3\text{-NH-CH}_2\text{-CH=CH}_2$   
 iii.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHO}$   
 iv.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ .  
 v)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{-CO-CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ .  
 vi)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{-O-CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

**Respuesta**

a) i) A lo largo de un periodo, la carga nuclear efectiva aumenta de izquierda a derecha. Dado que el elemento B posee el mismo último nivel que el A, y mayor carga nuclear efectiva, será más difícil hacerle perder un electrón, es decir, **la primera energía de ionización de B será mayor que la de A.**  
 b) i) **alcohol**; ii) **amina**; iii) **aldehído**; iv) **ácido carboxílico**; v) **cetona**; vi) **éter**.

15. a. Indicar, justificando la respuesta, si los siguientes grupos de números cuánticos son posibles para un electrón en un átomo: i.  $(3,3,2,-1/2)$ . ii.  $(3,2,-3,-1/2)$ . b. Formule y nombre los siguientes compuestos orgánicos: i. Dos alquenos, isómeros de cadena, de fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8$ . ii. Dos alcoholes, isómeros de posición, de fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ . iii. Dos isómeros de función de fórmula molecular  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

**Respuesta**

a) i) No es posible, pues en número cuántico  $l$  no puede ser igual que  $n$ . ii) No es posible, por ser el valor absoluto del número cuántico  $m$  mayor que el de  $l$ .  
 b) i)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (**1-buteno**) y  $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$  (**metilpropeno**).  
 ii)  $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (**2-butanol**) y  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$  (**1-butanol**)  
 iii)  $\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$  (**dimetileter**) y  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHO}$  (**propanal**).

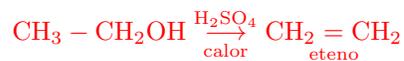
16. a) Indique, razonadamente, qué elemento, Na o Cl, tendrá el mayor valor de la primera energía de ionización. Datos: Na ( $Z = 11$ ); Cl ( $Z = 17$ ) b) Indique a qué tipo de reacción orgánica corresponde el proceso de deshidratación del etanol con ácido sulfúrico. Escriba, de forma esquemática, la reacción química correspondiente. Nombre el producto de la reacción y escriba su fórmula semidesarrollada.

**Respuesta**

a) A partir de sus configuraciones electrónicas respectivas: Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  y Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  vemos que ambos se encuentran en el mismo periodo. La carga nuclear efectiva aumenta de izquierda a

derecha a lo largo de un periodo, por lo que el cloro atrae con más fuerza a sus electrones más externos, lo que hace que su primera energía de ionización sea **mayor que la del Na**.

b) Se trata de una reacción de **eliminación**, que puede ser representada de la forma:



17. a) Indique, razonadamente, el número de protones, neutrones y electrones de la siguiente especie  ${}_{56}^{130}\text{X}$ .  
b) Nombre y escriba las fórmulas semidesarrolladas de los posibles isómeros estructurales de cadena con la fórmula molecular  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .

### Respuesta

a) El número atómico es el número de protones, por tanto, es **56**. El número de electrones coincide con el de protones (**56**). El número de neutrones es la diferencia entre el número másico y el número atómico, por lo que el número de neutrones será de **74**.

b) Los isómeros estructurales son los siguientes: **pentano** ( $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ), **2-metilbutano** ( $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ ) y **dimetilpropano** ( $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{CH}_3$ ).