

# PRUEBAS EBAU QUÍMICA

Juan P. Campillo Nicolás

25 de julio de 2022

## 1. EL ÁTOMO. ENLACE QUÍMICO.

1. a) Los puntos de fusión de dos sustancias son  $-223\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Indica, de manera justificada, qué punto de fusión corresponde al  $\text{O}_2$  y cual a la sílice ( $\text{SiO}_2$ ). b) Justifica la geometría de la molécula de  $\text{CH}_4$  y la hibridación del átomo de carbono.

### Respuesta:

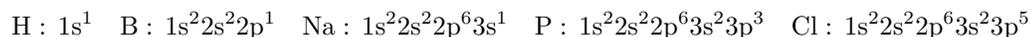
a) El punto de fusión de  $-223\text{ }^{\circ}\text{C}$  corresponde al oxígeno, que forma moléculas apolares mediante enlace covalente. Al ser apolares dichas moléculas, las interacciones entre ellas son muy poco intensas, lo que se traduce en un bajo punto de fusión. El punto de fusión de  $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$  corresponde a la sílice, que aunque también presenta enlace covalente, su estructura es la de una red cristalina, lo que implica una elevada temperatura de fusión.

b) La molécula de  $\text{CH}_4$  es tetraédrica, de forma que entre los pares de electrones se produzca el máximo alejamiento. Esto es compatible con una hibridación de tipo  $\text{sp}^3$  para el átomo de carbono. Al ser equivalentes los cuatro orbitales, se dispondrán formando ángulos iguales entre cada dos de ellos. En la molécula formada, el carbono ocupará el centro del tetraedro, mientras que los cuatro átomos de oxígeno ocuparan los vértices.

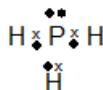
2. Dados los siguientes compuestos:  $\text{PH}_3$ ,  $\text{BH}_3$  y  $\text{NaCl}$ : a) Deduce la estructura de Lewis del  $\text{PH}_3$  e indica su geometría. b) ¿Se puede afirmar que el  $\text{BH}_3$  es un compuesto polar? Razona la respuesta. c) ¿Es cierto que el  $\text{NaCl}$  en estado sólido conduce la corriente eléctrica? Razona la respuesta. d) ¿Cuál de los siguientes elementos: Cl o Na, posee mayor potencial de ionización? Razona la respuesta.

### Respuesta:

a) las configuraciones electrónicas de los elementos que forman los anteriores compuestos son las siguientes:

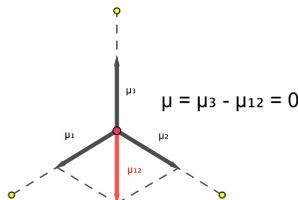


La estructura de Lewis del  $\text{PH}_3$  es la siguiente: La existencia de un par de electrones no enlazantes



produce fuerzas de repulsión sobre los tres pares de electrones enlazantes, de forma que la geometría de la molécula pasa a ser **piramidal trigonal**.

b) A diferencia de la molécula de  $\text{PH}_3$ , la molécula de  $\text{BH}_3$  no posee ningún par de electrones no enlazantes, por lo que la forma de la molécula es trigonal plana. A pesar de que cada uno de los enlaces B-H es polar, la suma de los momentos dipolares es nula, tal y como podemos ver en la siguiente imagen:



- c) **No es correcto**, pues los compuestos iónicos no conducen en estado sólido, debido a las intensas

fuerzas de atracción entre los iones.

d) En un mismo periodo, el potencial de ionización aumenta de izquierda a derecha. Puesto que el Na y el Cl se encuentran en el mismo periodo, el elemento situado más a la derecha (Cl) tendrá un mayor potencial de ionización.

3. Responde de manera razonada a las siguientes preguntas: a) ¿Qué número de electrones desapareados presenta, en su estado fundamental, el átomo de Se ( $Z = 34$ ). b) Un electrón que se aloja en un orbital 3d, ¿podría tener el siguiente conjunto de números cuánticos: (3, 2, 3, -1/2)? c) ¿Cuál de los siguientes elementos presenta un mayor radio atómico; S o Se?

**Respuesta:**

a) La configuración electrónica del Se es la siguiente:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^4$ . Según esta configuración, los últimos 4 electrones se colocan en tres orbitales p, siguiendo el principio de máxima multiplicidad, de forma que habrá **dos electrones desapareados**.

b) **No es posible**, ya que el número cuántico  $m_l$  no puede tener un valor superior al del número cuántico  $l$ .

c) Ambos elementos se encuentran en el mismo grupo, encontrándose en dicho grupo el Se por debajo del S. Dado que el radio atómico aumenta a medida que se desciende en un grupo, el **Se** presenta mayor radio atómico.

4. Dados los compuestos siguientes:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{F}_2$  y  $\text{NaF}$ , responde razonadamente a las preguntas siguientes: a) ¿Qué compuesto es soluble en benceno? b) ¿Por qué el  $\text{NH}_3(l)$  presenta una temperatura de ebullición superior al  $\text{NF}_3(l)$ ? c) ¿Qué compuesto conduce la corriente eléctrica en estado fundido? d) ¿Y en estado sólido? e) ¿Puede afirmarse que la molécula de  $\text{F}_2$  presenta un doble enlace?

**Respuesta:**

a)

5. Responde de forma razonada a las siguientes preguntas: a) ¿Cuál de los tres elementos, S, Ca y Cl presenta menor electronegatividad? b) Justifica la geometría de la molécula de  $\text{SH}_2$  mediante el modelo de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia. ¿Se puede afirmar que es una molécula apolar? c) ¿Qué fuerzas de interacción deben superarse para disolver el  $\text{CaS}(s)$  en agua?

**Respuesta:**

a) El elemento situado más a la izquierda de los tres en la tabla periódica es el que presenta menor electronegatividad, en este caso, el **Ca**.

b) Dada la configuración electrónica de S ( $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ) e H ( $1s^1$ ), veremos que se forman dos enlaces covalentes entre H y S, quedando dos pares de electrones de este elemento sin compartir. Según el modelo RPECV, los cuatro pares de electrones del S tendrán una disposición tetraédrica, siendo **angular** y, por tanto, **polar** la molécula.

c) El  $\text{CaS}$  es un compuesto iónico, por lo que deben vencerse las **fuerzas de atracción electrostática entre los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{S}^{2-}$** .

6. Sean los elementos: K y Cl. a) Escribe la configuración electrónica del ion más estable del Cl. b) ¿Cuál de los dos elementos presenta mayor energía de ionización? Justifica la respuesta. c) ¿Se puede afirmar que el radio del ion  $\text{K}^+$  es mayor que el del K? Razona la respuesta. d) Explica el tipo de enlace químico en el  $\text{K}(s)$  y en la molécula de  $\text{Cl}_2(g)$ .

**Respuesta:**

a) El ion más estable del Cl es el  $\text{Cl}^-$ , cuya configuración electrónica es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

b) El elemento que se encuentre situado más a la derecha de ambos en la tabla periódica es el que posee mayor energía de ionización, concretamente, el **Cl**.

- c) La afirmación es **incorrecta**, por que, teniendo ambas especies el mismo número atómico, el último nivel ocupado es menor en el  $K^+$ , lo que se traduce en una mayor fuerza de atracción electrostática entre los electrones externos y el núcleo y, en consecuencia, un menor tamaño del ion con respecto al átomo.
- d) En el K se produce un enlace de tipo **metálico**, mientras en el  $Cl_2$  se produce un enlace **covalente molecular**.
7. a) Los valores de las energía reticulares de los compuestos KF y CaO son, respectivamente,  $-826$  y  $-3461$   $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Justifica la diferencia entre los valores de la energía reticular del KF y CaO. ¿Cuál de los dos compuestos presenta mayor dureza? Razona la respuesta. b) Justifica la geometría de la molécula de  $CH_3Cl$  mediante el modelo de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia. ¿Se puede afirmar que es una molécula apolar? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) La energía reticular depende directamente de la carga de los iones e inversamente de su tamaño. Al ser éste semejante entre K y Ca, por una parte, y F y O por la otra, y ser la carga de cada ion doble en el CaO que la de los iones del KF, se justifica la mayor energía reticular del CaO. La mayor dureza corresponderá al compuesto de mayor energía reticular, es decir, el **CaO**.
- b) El elemento central tiene cada uno de sus cuatro electrones de valencia compartido con un electrón del H (tres enlaces) y uno del cloro (1 enlace). Según el modelo RPECV, la molécula será **tetraédrica y polar**, puesto que, para ser apolar, los cuatro átomos con los que se enlaza en C debería tener la misma electronegatividad, siendo la del Cl mayor que la del hidrógeno.
8. Las configuraciones electrónicas de dos elementos, A y B, son, respectivamente:  $1s^22s^22p^3$  y  $1s^22s^22p^63s^2$ . Justifica razonadamente la veracidad de las siguientes afirmaciones: a) La electronegatividad de A es mayor que la de B. b) El elemento B es un metal del segundo periodo. c) En la molécula de  $A_2$  se forma un enlace iónico. d) Los iones  $A^{2-}$  y  $B^{2+}$  son isoelectrónicos.

**Respuesta:**

- a) El elemento A se encuentra en el grupo 15 y periodo 2, mientras que el elemento B se encuentra en el grupo 2 y periodo 3. Puesto que la electronegatividad aumenta al desplazarnos hacia la derecha en la tabla periódica, **el elemento A** será el de mayor electronegatividad, por lo que la afirmación es **correcta**.
- b) La afirmación es **incorrecta**. Pertenece al tercer periodo.
- c) La afirmación es **incorrecta**. Se forma un enlace covalente, pues se trata de un enlace entre dos átomos de un elemento electronegativo.
- d) Las respectivas configuraciones electrónicas son:  $A^{2-} : 1s^22s^22p^5$  y  $B^{2+} : 1s^22s^22p^6$  por lo que los iones no son isoelectrónicos. La afirmación es **incorrecta**.
9. a) Justifica la geometría de la molécula de  $NCl_3$  mediante el modelo de la repulsión de pares de electrones de la capa de valencia. b) ¿Se puede afirmar que la molécula de  $NCl_3$  es soluble en agua? Razona la respuesta. c) ¿Qué fuerzas de interacción deben ser superadas para evaporar el  $N_2(l)$ ? Razona la respuesta. d) ¿Por qué motivo el  $KCl(s)$  no conduce la corriente eléctrica en estado sólido? Razona la respuesta.

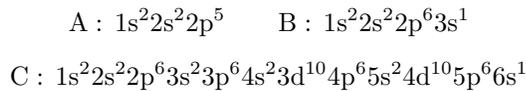
**Respuesta:**

- a) A partir de las respectivas configuraciones electrónicas: N :  $1s^22s^22p^3$  y Cl :  $1s^22s^22p^63s^23p^5$  podemos ver que se forman tres enlaces entre un átomo de nitrógeno y tres átomos de cloro, quedando un par de electrones no compartidos sobre el átomo de N. Según el modelo TRPECV, la forma de la molécula es **piramidal trigonal**, para minimizar las fuerzas de repulsión entre los electrones.
- b) Esta molécula es **soluble** debido a su carácter polar.

- c) Únicamente las **fuerzas de dispersión de London**, ya que la molécula de  $N_2$  es apolar.
- d) La estructura de un cristal iónico, como el del KCl, está formada por **iones metálicos que ocupan posiciones fijas**, por lo que estas sustancias no conducen la electricidad en estado sólido.
10. Considera los elementos A, B y C de números atómicos respectivos 9, 11 y 55. Responde razonadamente a las siguientes preguntas a) ¿Cuál de los tres elementos presenta un mayor radio atómico? b) ¿Es cierto que el segundo potencial de ionización del elemento A es mayor que el segundo potencial de ionización del elemento B? c) ¿Podemos afirmar que el anión  $A^-$  es isoelectrónico con el elemento B? d) Indica el tipo de enlace químico en la molécula AB.

**Respuesta:**

- a) Las respectivas configuraciones electrónicas son:



El radio atómico aumenta con el número de periodo y disminuye con el número de grupo, por lo que el elemento con mayor radio atómico es el de número atómico **55**.

- b) La afirmación es **incorrecta**, pues al perder un electrón, el elemento B adquiere configuración de gas noble, por lo que su segundo potencial de ionización sería muy superior
- c) La afirmación es **incorrecta**, pues la configuración electrónica del ion  $A^-$  sería:  $1s^2 2s^2 2p^6$
- d) En enlace es de tipo **iónico**, al formarse entre dos elementos de electronegatividades muy diferentes.
11. Dadas las sustancias siguientes: Co, NaF,  $CH_4$  y  $NH_3$  a) ¿Cuál o cuáles de las sustancias anteriores forman enlace de hidrógeno con el agua? Razona la respuesta. b) ¿Cuál o cuales de las sustancias anteriores conducen la corriente eléctrica en esta sólido? Razona la respuesta. c) Explica la geometría y la polaridad de la molécula de amoníaco.

**Respuesta:**

- a) Puede formar enlaces por puente de hidrógeno el  **$NH_3$** , debido a la presencia de un átomo de elevada electronegatividad, como es el nitrógeno.
- b) En estado sólido sólo conduce la corriente eléctrica el **Co**, que posee un enlace metálico
- c) Según la TRPECV, el nitrógeno forma tres enlaces con tres átomos de H, quedando sobre el átomo de N un par de electrones sin compartir, por lo que la estructura sería **piramidal trigonal**. Como consecuencia, la molécula sería **polar**.
12. a) Escribe la configuración electrónica de los iones  $O^{2-}$  y  $N^{2-}$ . ¿Cuál de los anteriores iones es más estable? Razona la respuesta. b) Los valores de las energía reticulares de los compuestos LiF y CsF son  $-1000$  y  $-700 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , respectivamente. Justifica la diferencia entre los valores de la energía reticular del LiF y del CsF. c) Explica la geometría de la molécula  $CCl_4$  según la TRPECV.

**Respuesta:**

- a) Las configuraciones electrónicas respectivas son las siguientes:  $O^{2-}$   **$1s^2 2s^2 2p^6$** ;  $N^{2-}$  :  **$1s^2 2s^2 2p^5$**  Es más estable **el ion  $O^{2-}$**  ya que posee la configuración electrónica de un gas noble.
- b) La energía reticular del LiF es mayor, pues el tamaño del ion  $Li^+$  muy inferior al del ion  $Cs^+$ . por tanto, la distancia entre los iones  $Li^+$  y  $F^-$  es menor que entre los iones  $Cs^+$  y  $F^-$ . Según la ecuación de Born-Landé, **la energía reticular depende inversamente de la distancia interiónica**, no teniéndose en cuenta las cargas de los iones al ser iguales en ambas sales.
- c) A partir de las configuraciones electrónicas: C:  $1s^2 2s^2 2p^2$  y Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ , en el tetracloruro de

carbono se formarán cuatro enlaces C-Cl. Sobre el átomo de C no queda ningún par de electrones libre por lo que, según la TRPECV, los enlaces C-Cl se dispondrán de **forma tetraédrica**, para minimizar la repulsión entre los pares de electrones.

13. Indica de manera razonada si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas: a) El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es un compuesto polar, mientras que el trifluoruro de boro ( $\text{BF}_3$ ) no lo es. b) El etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) es más soluble en agua que el etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ). c) El punto de ebullición del sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) es más elevado que el punto de ebullición del agua.

**Respuesta:**

a) La afirmación es **correcta**, pues la molécula de amoníaco tiene forma de pirámide trigonal, por lo que su momento dipolar resultante no es nulo, mientras que la molécula de  $\text{BF}_3$  es plana trigonal, con lo que momento dipolar resultante es cero. b) La afirmación es **correcta**, pues el etanol es un compuesto polar, soluble en agua, mientras que el etano es apolar. c) La afirmación es **incorrecta**, pues en la molécula de agua se producen enlaces por puente de hidrógeno, que no se dan entre las moléculas de  $\text{H}_2\text{S}$ . Por tanto, el mayor punto de ebullición será el del agua.

14. a) Escribe la configuración electrónica de los iones  $\text{S}^{2-}$  y  $\text{Cl}^{2-}$ . ¿Cuál de los iones anteriores presenta mayor estabilidad? Razona la respuesta. b) Los valores de las energías reticulares de los compuestos NaF y NaI son, respectivamente,  $-910$  y  $-682$   $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Justifica la diferencia entre los valores de la energía reticular de los compuestos NaF y NaI. c) Explica la geometría de la molécula  $\text{H}_2\text{S}$  según la TRPECV.

**Respuesta:**

a) Las respectivas configuraciones electrónicas son:  $\text{S}^{2-} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  y  $\text{Cl}^{2-} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ . Presenta mayor estabilidad el ion  **$\text{S}^{2-}$ , debido a su configuración de gas noble.**

b) La energía reticular de un compuesto iónico depende directamente de las cargas de los iones, e inversamente, de la distancia interiónica. Al ser iguales las cargas de los iones en ambas sales, y mayor la distancia interiónica en el enlace Na-I, la energía reticular de **NaI es menor que la del NaF.**

c) En el  $\text{H}_2\text{S}$ , el azufre comparte un par de electrones con cada uno de los dos átomos de hidrógeno. Sobre el nitrógeno quedan dos pares de electrones no compartidos. Para minimizar la repulsión entre los pares de electrones S-H, la molécula tomará una forma **angular.**

15. a) Nombra los siguientes compuestos:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  y  $\text{CaCl}_2$ . b) Explica el tipo de hibridación que presentan los átomos de carbono en la molécula  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ . c) ¿Qué tipo de enlace químico presenta la molécula  $\text{CaCl}_2$ ? Justifica la respuesta.

**Respuesta:**

a) Los nombres son **eteno** y **cloruro de calcio.**

b) En la molécula de eteno, la hibridación de los átomos de C es  **$\text{sp}^2$** , con lo que la molécula de eteno será plana.

c) El enlace es **iónico**, debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos de Ca y Cl.

16. Indica de manera razonada si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas: a) El radio atómico del bromo es menor que el del calcio. b) El fósforo presenta dos electrones desapareados en su estado fundamental. c) La combinación de números cuánticos (2, 1, 3,  $-1/2$ ) está permitida. d) El flúor es el halógeno con mayor electronegatividad del grupo 17 de la tabla periódica.

**Respuesta:**

a) La afirmación es **correcta**, pues a lo largo de un periodo, el radio atómico disminuye de izquierda a derecha.

- b) La afirmación es **incorrecta**. Su configuración electrónica es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ , con lo que en su estado fundamental presenta tres electrones desapareados.
- c) La afirmación es **incorrecta**. El número cuántico  $m$  no puede ser mayor en valor absoluto que el número cuántico  $l$ .
- d) La afirmación es **correcta**, ya que la electronegatividad disminuye al bajar a lo largo de un grupo.
17. Considera las siguientes moléculas:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$  y  $\text{Cl}_2\text{O}$ . a) Escribe la estructura de Lewis de la molécula  $\text{Cl}_2\text{O}$ . b) Justifica la polaridad de las moléculas  $\text{CHCl}_3$  y  $\text{Cl}_2\text{O}$ . c) Indica, de forma razonada, si la molécula  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$  puede formar enlaces de hidrógeno con el agua.

**Respuesta:**

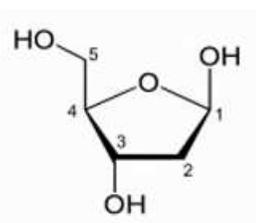
- a) La estructura de Lewis es la siguiente:



- b) La molécula de  $\text{CHCl}_3$  es tetraédrica, y al tener uno de los enlaces distinta polaridad que los demás, la molécula será **polar**. La molécula de  $\text{Cl}_2\text{O}$  es angular, debido a la presencia sobre el átomo de oxígeno de dos pares de electrones no enlazantes. Por tanto, la molécula es **polar**. c) Esta molécula **puede formar enlaces por puente de hidrógeno con el agua** debido a la electronegatividad de los átomos de oxígeno, que se unen a átomos de hidrógeno de la etilamina mediante ese tipo de enlace.
18. Indica, de manera razonada, si son ciertas las siguientes afirmaciones: a) El radio atómico del anión  $\text{F}^-$  es menor que el del elemento neutro F. b) El átomo de S tiene una mayor afinidad electrónica que el átomo de Cl. c) Los orbitales 2d no pueden existir. d) Las especies siguientes son isoelectrónicas:  $\text{K}^+$ , Ar y  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Respuesta:**

- a) La afirmación es **correcta**, ya que la fuerza del núcleo sobre los electrones externos aumenta al disminuir el efecto de pantalla. b) La afirmación es **incorrecta**, pues la afinidad electrónica es mayor cuanto más a la derecha se encuentre el elemento en la tabla periódica. c) La afirmación es **incorrecta**, pues el tipo de orbital viene determinado por el número cuántico  $l$ , que para  $n = 2$  sólo puede tomar los valores  $l = 0$  (orbital s) y  $l = 1$  (orbital p). d) La afirmación es **correcta**, pues la configuración del último nivel para todos ellos es la misma:  $3s^2 3p^6$ .
19. a) El premio Nobel de Química del año 2020 fue concedido a dos investigadores, Emmanuelle Charpentier y Jennifer A. Doudna, por el desarrollo de la técnica CRISPR-Cas9, o tijeras genéticas, la cual permite cortar el ADN en una posición concreta. Uno de los componentes estructurales del ADN es la desoxirribosa, que presenta la estructura química que se puede ver en la figura: i) Calcula el peso



molecular de la desoxirribosa. ii) ¿Qué tipo de hibridación presenta el átomo de carbono indicado con el número 3 en la figura de? Justifica la respuesta. b) Formula los compuestos siguientes: dietil éter y ácido fosfórico.

**Respuesta:**

a) i) La fórmula empírica es  $C_5H_{10}O_4$ , por lo que su masa molecular es:  $5 \cdot 12 + 10 \cdot 1 + 4 \cdot 16 = 134$ . ii) La hibridación del C 3 es  $sp^3$ , pues responde a una estructura  $-CH_2-$  donde no existen pares de electrones no compartidos sobre el átomo de carbono.

b) Las fórmulas pedidas son  $CH_3 - CH_2 - O - CH_2 - CH_3$  y  $H_3PO_4$ .

20. Considera las moléculas tricloruro de boro  $BCl_3$  y amoníaco,  $NH_3$  a) Escribe la estructura de Lewis de ambas moléculas. b) Indica la geometría de la molécula de tricloruro de boro según la TRPECV. c) Explica la polaridad de la molécula de amoníaco. d) ¿Cuál de las dos moléculas consideradas puede presentar enlaces de hidrógeno? Justifica la respuesta.

**Respuesta:**

a) Las respectivas estructuras de Lewis son las siguientes:



Al no poseer el átomo de boro ningún par de electrones no compartidos, la estructura de la molécula es **plana trigonal**.

c) La molécula de  $NH_3$  es piramidal, debido al par de electrones no compartidos sobre el átomo de N. Debido a que los vectores momento dipolar tienen los mismos valores y se disponen según las aristas de una pirámide, el momento dipolar resultante no es nulo, y la molécula es **polar**.

d) Debido al pequeño tamaño y elevada electronegatividad del nitrógeno, la molécula de  $NH_3$  puede presentar enlaces de hidrógeno.

21. Considerando los siguientes átomos: S, Cl, Ca y Fe; indica de forma razonada si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas. a) La primera energía de ionización del átomo de S es mayor que la del átomo de Cl. b) El radio atómico del átomo de Cl es mayor que el radio atómico del átomo de Ca. c) El átomo de Fe tiene mayor afinidad electrónica que el átomo de Cl. d) El átomo de S es más electronegativo que el átomo de Ca.

**Respuesta:**

a) La afirmación es **falsa**, pues el mayor número de protones en el núcleo del Cl atrae a los electrones externos (mismo nivel que en el S) con mayor fuerza.

b) La afirmación es **falsa**, pues el tamaño del radio atómico aumenta de derecha a izquierda en la tabla periódica.

c) La afirmación es **falsa**, pues al captar un electrón, el Cl adquiere una configuración de gas noble.

d) La afirmación es **correcta**, pues la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en la tabla periódica.

22. Considere las especies químicas siguientes: Ar,  $Ca^{2+}$  y  $Cl^-$ . Indica, de forma razonada, si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: a) Las especies  $Ca^{2+}$  y Ar son isoelectrónicas. b) El radio del Ar es menor que el radio del anión  $Cl^-$ . c) El  $Ca^{2+}$  y el  $Cl^-$  formaran un enlace de tipo covalente. d) El Ar presenta un potencial de ionización más elevado que el  $Ca^{2+}$ .

**Respuesta:**

a) Las respectivas configuraciones electrónicas son:  $Ca^{2+} : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ; Ar :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ , por tanto la afirmación es **correcta**. b) La configuración electrónica del  $Cl^-$  es :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ . Dado que el ion  $Cl^-$  tiene la misma configuración electrónica que el Ar, pero una mayor carga nuclear, al tener un protón más, el electrón más externo se verá más atraído por el núcleo, con lo que el tamaño del

$\text{Cl}^-$  será menor que el del Ar. Por tanto, la afirmación es **falsa**. c) La afirmación es **falsa**. Debido a la diferencia de electronegatividad entre ambos átomos, el enlace formado será iónico. d) La afirmación es **falsa**, al poseer el  $\text{Ca}^{2+}$  un mayor número de protones en su núcleo, y atraer más fuertemente a los electrones externos.

23. Considerando las moléculas siguientes:  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{BeCl}_2$  a) Explica la geometría de la molécula de  $\text{CCl}_4$  a partir de la teoría de la repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (TRPECV). b) ¿Qué tipo de hibridación presenta el átomo central de la molécula de  $\text{BeCl}_2$ ? Razona la respuesta. c) Indica de forma razonada la polaridad de las moléculas  $\text{NH}_3$  y  $\text{BeCl}_2$ .

**Respuesta:**

a) En esta molécula, se forman cuatro enlaces C-Cl, no existiendo sobre el átomo de carbono electrones solitarios. Según la TRPECV, los enlaces se dispondrán de tal manera que la forma de la molécula será **tetraédrica**. La configuración electrónica del Be es  $1s^2 2s^2$  por lo que se formarán dos enlaces Be-Cl, no quedando ningún electrón no compartido sobre el átomo de berilio. Según la TRPECV, la molécula será lineal, lo que es compatible con una hibridación de tipo **sp** para el Be. d) La molécula de  $\text{NH}_3$  es piramidal, por lo que la suma de los vectores momento dipolar no es nula, siendo la molécula **polar**. La molécula de  $\text{BeCl}_2$ , debido a su geometría lineal tendrá un momento dipolar neto nulo. Se trata de una molécula **apolar**.

24. Considere las sustancias siguientes: Ca (s),  $\text{CaCl}_2$  (s),  $\text{Cl}_2$  (g) y HCl (g). Conteste, de forma razonada, a las siguientes preguntas: a) ¿Qué tipo de enlace presenta la molécula de  $\text{Cl}_2$  (g)? b) ¿Qué sustancia presentará mayor conductividad eléctrica a temperatura ambiente? c) ¿Cuál de las sustancias consideradas puede presentar entre sus moléculas interacciones de Van der Waals del tipo dipolo instantáneo – dipolo inducido? d) ¿Se puede afirmar que la sustancia  $\text{CaCl}_2$  (s) es muy soluble en  $\text{CCl}_4$  (l)?

**Respuesta:**

a) La molécula de  $\text{Cl}_2$  presenta un enlace **covalente**, debido al alto valor de la electronegatividad del cloro. b) Aunque se trata de un compuesto iónico, a temperatura ambiente es  $\text{CaCl}_2$  es un sólido, y por tanto, no conduce. Sin embargo, el **Ca** es un metal, y por tanto, presenta la máxima conductividad. c) **La molécula de  $\text{Cl}_2$**  es apolar, aunque el movimiento de los electrones da lugar a dipolos temporales que, a su vez, inducen otros. d) El  $\text{CaCl}_2$  es un compuesto iónico, soluble en agua, **pero no en un disolvente apolar** como lo es el  $\text{CCl}_4$ .

25. El trihidruro de fósforo,  $\text{PH}_3$  (también conocido como fosfina), es, a temperatura ambiente, un gas incoloro que es reconocido con facilidad por su fuerte olor alíaceo. a) Explique la geometría de la molécula de  $\text{PH}_3$  según la teoría de la repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (TRPECV). b) Indique si se trata de una molécula polar o apolar. Justifique su respuesta. c) Justifique, de forma razonada, por qué el punto de ebullición del amoníaco,  $\text{NH}_3$  ( $-33\text{ }^\circ\text{C}$ ), es más elevado que el punto de ebullición del  $\text{PH}_3$  ( $-87,7\text{ }^\circ\text{C}$ ). d) ¿Cuál es el significado del siguiente pictograma, el cual aparece en la ficha técnica del  $\text{PH}_3$ ?



**Respuesta:**

a) y b) dada su situación en la tabla periódica, el fósforo posee cinco electrones en su último nivel. Tres de ellos se unen con sendos átomos de hidrógeno, quedando un par de electrones libre sobre el átomo de P. Según la TRPECV, para hacer mínima la repulsión entre electrones, la molécula tomará una forma **piramidal trigonal**, lo que hace que la suma de los momentos dipolares de los enlaces P-H no sea nula, y la molécula es **polar**. c) El punto de ebullición del  $\text{NH}_3$  es más elevado que el del  $\text{PH}_3$  debido a la mayor electronegatividad del

átomo de N con respecto al de P, lo que permite la **formación de enlaces por puente de hidrógeno en la molécula de  $\text{NH}_3$** , contribuyendo así a aumentar su punto de ebullición.

d) El pictograma indica que se trata de una sustancia **inflamable**.

26. Indica, de forma razonada, la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones relacionadas con la estructura atómica y las propiedades periódicas de los elementos: a) El valor del número cuántico principal,  $n$ , está asociado a la energía y la forma de un orbital. b) El radio del átomo de sodio ( $\text{Na}$ ) es mayor que el radio de su catión ( $\text{Na}^+$ ). c) La siguiente combinación de números cuánticos  $(2,0,0,+1/2)$  corresponde a un electrón del orbital  $2p$ . d) El litio ( $\text{Li}$ ) es más electronegativo que el flúor ( $\text{F}$ ).

**Respuesta:**

a) La afirmación es **falsa**: no está relacionado con la forma del orbital, que dependería del número cuántico  $l$ . b) Los electrones más externos estarán más cercanos al núcleo en el caso del ion  $\text{Na}^+$  que en el del átomo neutro, por lo que el radio de aquél es inferior. La afirmación es **verdadera**. c) La afirmación es **falsa**: corresponde a un electrón de un orbital  $2s$ . d) La afirmación es **falsa**: ambos elementos se encuentran en el mismo periodo, y la carga nuclear efectiva aumenta de izquierda a derecha a lo largo de un periodo de la tabla periódica. La electronegatividad está directamente relacionada con dicha carga nuclear efectiva, por lo que el  $\text{F}$  es más electronegativo que el  $\text{Li}$ .

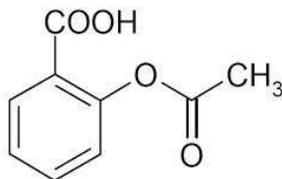
27. Dos elementos químicos, A y B, presentan las configuraciones electrónicas siguientes: A:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  B:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  a) Indica, de forma razonada, la posición (grupo y periodo) de cada uno de estos elementos en la tabla periódica. b) Si se sabe que los valores de las primeras energía de ionización son 496 y 1250 kJ/mol, justifica cuál es el valor que corresponde a cada uno de los dos elementos (A y B). c) Razona cuál de los dos elementos presenta mayor tendencia a formar enlaces de carácter metálico. d) Explica, de forma razonada, el tipo de enlace que presentará la molécula  $\text{A}_2$ .

**Respuesta:**

a) El elemento A se encuentra en el periodo **3 y grupo 17**, mientras el elemento B se encuentra en el **periodo 3, y grupo 1**. b) La primera energía de ionización está relacionada directamente con la carga nuclear efectiva del elemento, la cual aumenta a lo largo de un periodo, de izquierda a derecha. Según esto, la mayor energía de ionización (1250 kJ/mol) corresponderá al elemento situado más a la derecha, esto es, **el elemento A**, mientras que la energía de ionización de 496 kJ/mol corresponderá al elemento B. c) El elemento de menor electronegatividad (**B**) tendrá mayor tendencia a formar enlaces de carácter metálico. d) La molécula  $\text{A}_2$  presenta un enlace **covalente**, debido a la elevada electronegatividad de los átomos que se unen.

## 2. ESTEQUIOMETRÍA.

1. El ácido acetilsalicílico ( $C_9H_8O_4$ ) es el principio activo de la aspirina, medicamento que se utiliza como analgésico y antiinflamatorio. En un estudio publicado en 2012, en la revista Lancet se comprobó que un grupo de personas que habían ingerido diariamente y durante cinco años 70 mg de aspirina se redujo en un 20 % la incidencia de padecer un tumor gástrico respecto a les que no ingirieron este medicamento.
- a) Si la ingesta diaria de estos 70 mg de ácido acetilsalicílico se hace con 300 mL de agua, ¿se puede asegurar que la concentración ingerida es inferior a 0,01 M? Razona la respuesta. b) Indica dos grupos funcionales presentes en la molécula de ácido acetilsalicílico (ver figura)



### Respuesta:

- a) El número de moles del compuesto es:

$$n = \frac{7 \cdot 10^{-2} \text{ g ácido}}{(9 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 4 \cdot 16) \text{ g ácido} \cdot \text{mol}^{-1}} = 3,89 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

Siendo la concentración:

$$c = \frac{3,89 \cdot 10^{-4}}{0,3} = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ M} (< 0,01 \text{ M})$$

- b) Se encuentran el grupo ácido, **-COOH** y el grupo éster, **R-COO<sup>-</sup>**)

2. a) Nombra los siguientes compuestos:  $CH_3NO_2$  y  $CH_3CH_2OH$ . b) ¿Qué volumen de  $CH_3CH_2OH$  comercial del 80 % en peso y densidad 0,85 g/mL se necesitaría para preparar 500 mL de  $CH_3CH_2OH$  0,25 M? Indica el material de vidrio necesario para preparar la disolución.

### Respuesta:

- a)  $CH_3NO_2$  : **nitrometano**;  $CH_3CH_2OH$  : **etanol**

- b) A partir de la molaridad de la disolución:

$$0,25 = \frac{\frac{m}{46}}{0,5} \quad m = 5,75 \text{ g } CH_3CH_2OH$$

Como partimos de un etanol del 80 %, la masa necesaria será:

$$m' = \frac{5,75}{0,8} = 7,19 \text{ g}$$

El volumen necesario será:

$$V = \frac{m}{d} = \frac{7,19}{0,85} = 8,46 \text{ mL}$$

Se necesitaría una pipeta, para medir el volumen de etanol, y un matraz erlenmeyer para disolverlo en agua.

3. El ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) es, probablemente, uno de los reactivos más utilizados en el laboratorio de química. a) ¿Qué volumen de una disolución de ácido sulfúrico concentrado, cuya riqueza es del 96 % en peso y cuya densidad es de  $1,82 \text{ g/mL}$ , se necesita para preparar  $250 \text{ mL}$  de una disolución de ácido sulfúrico de concentración  $70 \text{ g/L}$ ? b) Explica el procedimiento y el material de laboratorio necesario para preparar dicha disolución.

**Respuesta:**

a) La masa de ácido en  $250 \text{ mL}$  es:

$$m = 70 \frac{250 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 17,5 \text{ g}$$

La masa de ácido sulfúrico concentrado será:

$$m' = 17,5 \text{ g} \frac{100 \text{ g}}{98 \text{ g}} = 17,86 \text{ g H}_2\text{SO}_4(\text{c})$$

Por último, el volumen será:

$$V = \frac{m}{d} = \frac{17,86 \text{ g}}{1,82 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = 9,81 \text{ mL}$$

Tomamos un **matraz aforado de 250 mL** y lo llenamos hasta la mitad con agua destilada. Con una **pipeta**, dotada de **pera de aspiración**, tomamos un volumen de  $9,81 \text{ mL}$  de ácido sulfúrico concentrado y lo introducimos en el matraz aforado lentamente y agitando. Una vez se ha introducido el ácido, completamos el volumen de  $250 \text{ mL}$  con agua destilada, enrasando con una **pipeta**.

### 3. CINÉTICA DE REACCIONES.

1. Indica razonadamente si son ciertas las siguientes afirmaciones: a) Las constantes cinéticas o de velocidad,  $k$ , dependen de la concentración de los reactivos. b) En general, los catalizadores aumentan la velocidad de los procesos químicos debido a que aumentan las energías de activación del mecanismo de la reacción. c) Las reacciones entre reactivos que se encuentran en estados de agregación sólido o líquido dan lugar a cinéticas más rápidas que las reacciones de los reactivos que se encuentran en estado gaseoso.

**Respuesta:**

a) La afirmación **no es correcta**. Es la velocidad de la reacción la que depende de las concentraciones de los reactivos.

b) La afirmación **no es correcta**, puesto que las energía de activación se ven disminuidas en lugar de aumentadas.

c) La afirmación **no es correcta**, pues la mayor velocidad de reacción se dará cuando los reactivos se encuentren en estado gaseoso, lo que implica una mayor superficie de contacto entre ellos.

2. La reacción  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O}$  presenta la siguiente ecuación de velocidad:  $v = k[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{NH}_3]$ , donde  $k = 5,0 \cdot 10^3 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , a  $25^\circ\text{C}$ . a) Calcula la velocidad de reacción cuando  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{NH}_3] = 0,02 \text{ M}$ . b) En general, se puede afirmar que un aumento de la temperatura disminuye la velocidad de la reacción? Razona la respuesta. c) Nombra el compuesto siguiente:  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$ .

**Respuesta:**

a) La velocidad es:

$$v = 5,0 \cdot 10^{-3} (0,02)^2 = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

b) La afirmación **no es correcta** pues, de acuerdo con la ecuación de Arrhenius:  $v = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$ , la constante ( $y$ , por tanto, la velocidad), aumenta con la temperatura.

c) El compuesto es la **etanamida (acetamida)**

3. Dada la siguiente reacción de descomposición térmica del  $\text{KClO}_3(\text{s})$ :



a) Nombra el compuesto  $\text{KClO}_3$ . b) ¿Se puede afirmar que en las reacciones químicas, al aumentar la concentración de los reactivos, disminuye la constante de velocidad? Razona la respuesta. c) ¿Qué efecto tiene la utilización de un catalizador sobre la energía de activación de las reacciones químicas? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

a) Se trata del **clorato de potasio**.

b) La afirmación **no es correcta**, pues la constante de velocidad **depende de la temperatura** de la reacción.

c) Un catalizador **disminuye la energía de activación** de las reacciones químicas, al formar con los reactivos un complejo activado de menor energía que el que se formaría en ausencia del catalizador.

4. La ecuación de velocidad del proceso  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C}$  es  $v = k \cdot [\text{A}] [\text{B}]$  Indica de manera razonada si las siguientes afirmaciones son correctas: a) La velocidad de reacción sigue una cinética de primer orden respecto al producto C. b) Cuando se duplica la concentración de B en el proceso anterior, la velocidad también se duplica. c) El valor numérico de la constante de velocidad no varía con la temperatura. d)

La velocidad de reacción depende del estado físico de los reactivos.

**Respuesta:**

- a) La afirmación es **incorrecta**. La velocidad es de orden 1 respecto de A y de B.
- b) La afirmación es **correcta**, como se deduce de la ecuación de velocidad.
- c) La afirmación es **incorrecta**. Según la ecuación de Arrhenius, la constante de velocidad depende de la temperatura, según la expresión:  $k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$ .
- d) La afirmación es **correcta**, pues las reacciones en disolución o en medio gaseoso son más rápidas que las reacciones en estado sólido.
5. a) El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), aparte de ser un gas corrosivo para la piel y el tracto respiratorio, es un gas contaminante que se forma en las reacciones de combustión a elevadas temperaturas y presiones. Los combustibles de origen fósil son los principales responsables de la contaminación por dióxido de nitrógeno. Este compuesto es uno de los causantes de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) puede reaccionar con el ozono presente en la atmósfera según la reacción química ajustada:  $2\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ . Diversos estudios experimentales han concluido que, a una determinada temperatura, esta reacción sigue una cinética de primer orden respecto del dióxido de nitrógeno, y también de primer orden respecto del ozono. i.) Escribe la ecuación de velocidad de la reacción. ii.) Además del dióxido de nitrógeno, nombra dos sustancias tóxicas producidas por los motores de combustión interna. b) Nombra las siguientes sustancias:  $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**Respuesta:**

- a) i) La ecuación de velocidad es del tipo:  $v = k [\text{NO}_2][\text{O}_3]$ . ii) Otras posibles sustancias son el monóxido de carbono, **CO** y el dióxido de azufre, **SO<sub>2</sub>**. b) **etanolamina** y **carbonato de sodio**.
6. La ecuación de velocidad para la siguiente reacción química:  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  es de orden 1 respecto a la molécula de hidrógeno, y también de orden 1 respecto de la molécula de yodo. a) Escribe la ecuación de velocidad e indica qué unidades tendrá la constante de velocidad. b) Explica de forma razonada cómo variará la velocidad de reacción si: i) aumenta la temperatura, ii) se añade un catalizador a la reacción.

**Respuesta:**

- a) La ecuación de velocidad tiene la forma:

$$v = k[\text{H}_2][\text{I}_2]$$

Despejando la constante de velocidad:

$$k = \frac{v}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}}$$

Por lo que las unidades de k serán:  $\text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$

7. En un laboratorio se ha estudiado la cinética de la siguiente reacción química ajustada:  $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$  y se ha comprobado experimentalmente que su ecuación de velocidad se puede expresar de la siguiente forma:  $v = k [\text{NO}_2]^2$ . Teniendo en cuenta esta información, indica de forma razonada la veracidad de las siguientes afirmaciones: a) Las unidades de la constante de velocidad (k) son:  $\text{mol L s}^{-1}$ . b) La constante de velocidad no depende de la temperatura, ya que la reacción se produce en fase gaseosa. c) El orden total de la reacción es igual a 1, ya que la velocidad depende de un único reactivo. d) La adición de un catalizador aumentará el valor de la constante de velocidad (k).

**Respuesta:**

a) La constante de velocidad es:

$$k = \frac{v}{[\text{NO}_2]^2} \frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}} = \text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$$

Por lo que la afirmación es falsa. b) La afirmación es **falsa**, pues la constante de velocidad aumenta con la temperatura, según la ecuación de Arrhenius:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

c) La afirmación es **falsa**, pues el orden total es la suma de los exponentes de las especies que aparecen en la ecuación de velocidad. El orden total será 2. d) La afirmación es **correcta**: La adición de un catalizador disminuye la energía de activación, con lo que el valor de  $k$  aumenta, según la ec. de Arrhenius.

#### 4. TERMOQUÍMICA.

## 5. EQUILIBRIO QUÍMICO.

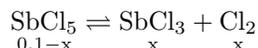
1. El  $\text{SbCl}_5$  se descompone según la siguiente reacción:  $\text{SbCl}_5 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{SbCl}_3 (\text{g}) + \text{Cl}_2 (\text{g}) \Delta H > 0$ . En un recipiente cerrado y vacío de 3.0 L se introducen 29,9 g de  $\text{SbCl}_5$  a 455 K. Una vez alcanzado el equilibrio químico a esta temperatura, se comprueba que la presión total es de 1,54 atm. a) Determina el grado de disociación del  $\text{SbCl}_5$ . b) Calcula el valor de  $K_c$  a 455 K. c) ¿Cómo afectaría al equilibrio químico un aumento de la temperatura? ¿Y la adición de un catalizador? Masas atómicas: Sb 121,8; Cl 35,5.

### Respuesta:

a) La masa molecular del  $\text{SbCl}_5$  es:  $121,8 + 5 \cdot 35,5 = 299,3$ . El número inicial de moles de  $\text{SbCl}_5$  será pues:

$$n_0 = \frac{29,9}{299,3} = 0,1$$

En el equilibrio tendremos:



El número total de moles en el equilibrio será:  $n = 0,1-x + x + x = 0,1 + x$ . Aplicando la ecuación de estado de los gases ideales, tendremos que:

$$1,54 \cdot 3 = (0,1 + x) 0,082 \cdot 455$$

De donde se obtiene  $x = 0,024$  moles. El grado de disociación será, entonces:

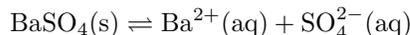
$$\alpha = \frac{0,024}{0,1} = 0,24$$

b) La constante  $K_c$  a 455 K será:

$$K_c = \frac{[\text{SbCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{SbCl}_5]} = \frac{\frac{0,024}{3} \frac{0,024}{3}}{\frac{0,1 - 0,024}{3}} = 2,53 \cdot 10^{-3}$$

c) Al ser endotérmica la reacción, un aumento de temperatura favorece el desplazamiento del equilibrio **hacia la derecha**, es decir, se favorece la descomposición del pentacloruro de antimonio a tricloruro de antimonio y cloro. la adición de un catalizador **no afecta** a la constante de equilibrio, sino solamente a la velocidad de la reacción, tanto directa como inversa.

2. El sulfato de bario es un compuesto poco soluble en agua que se utiliza de forma habitual en el análisis por rayos X del tracto intestinal Algunos estudios indican que, aproximadamente un 2 % de la población, es alérgica al  $\text{Ba}^{2+}(\text{ac})$  que procede del siguiente equilibrio químico:



Conteste de forma razonada a las siguientes preguntas: a) En caso de que un paciente sea ligeramente alérgico al  $\text{Ba}^{2+}(\text{ac})$ , ¿qué haría para disminuir los efectos de la alergia cuando tiene que ingerir una suspensión de  $\text{BaSO}_4(\text{s})$ ? ¿añadir  $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$ , compuesto muy soluble, o adicionar más  $\text{BaSO}_4$  a la suspensión? b) ¿Qué disolución puede provocar más alergia al  $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$ : una de  $\text{BaCO}_3$  o una de  $\text{BaSO}_4$ ?

Compuesto	$K_{ps}$
$\text{BaCO}_3$	$3,20 \cdot 10^{-9}$
$\text{BaSO}_4$	$1,10 \cdot 10^{-10}$

**Respuesta:**

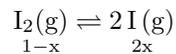
- a) Debería adicionarse  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  para que, por efecto del ion común, disminuya la concentración de  $\text{Ba}^{2+}$  en disolución.
- b) Producirá más alergia aquella en la que la concentración de  $\text{Ba}^{2+}$  en disolución sea mayor, es decir, la que posea un mayor producto de solubilidad, en este caso, el  $\text{BaCO}_3$ .
3. En un recipiente cerrado y vacío de 2,0 L se introduce 1,0 mol de  $\text{I}_2(\text{g})$ . Después, se mantiene la temperatura a  $300^\circ\text{C}$  hasta alcanzar el siguiente equilibrio:



- a) Calcula la concentración de  $\text{I}_2(\text{g})$  cuando se alcanza el equilibrio químico. b) ¿Cómo afectaría al equilibrio químico un aumento en la concentración de  $\text{I}_2(\text{g})$ ? c) Se ha observado que la concentración de  $\text{I}_2(\text{g})$  disminuye cuando aumenta la temperatura. Con esta información, ¿se puede deducir que la reacción de disociación del  $\text{I}_2(\text{g})$  es un proceso exotérmico? Razona la respuesta. d) Determina el valor de la constante de equilibrio  $K_c$  para el siguiente equilibrio químico:  $2\text{I}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{g})$ ,

**Respuesta:**

- a) En el equilibrio, tendremos:



Aplicando la constante de equilibrio, tendremos:

$$5 \cdot 10^{-2} = \frac{(2x/2)^2}{(1-x)/2} \quad \text{de donde se obtiene : } x = 0,146 \text{ mol}$$

La concentración de  $\text{I}_2$  en el equilibrio es:  $[\text{I}_2] = \frac{1-0,15}{2} = 0,43\text{M}$

- b) Un aumento en la concentración de reactivos produce un **desplazamiento del equilibrio hacia la formación de productos, en este caso, el  $\text{I}(\text{g})$**
- c) Para un proceso exotérmico, al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplazará en el sentido en que la reacción sea endotérmica, por lo que la descomposición del  $\text{I}_2(\text{g})$  no es un proceso exotérmico, sino **endotérmico**.
- d) Para la reacción inverso a la del enunciado, la constante  $K_c$  será:

$$K'_c = \frac{1}{K_c} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-2}} = 20$$

4. El  $\text{PbS}$  presenta el siguiente equilibrio:  $\text{PbS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}(\text{ac}) + \text{S}^{2-}(\text{ac})$   $K_{PS} = 1,0 \cdot 10^{-29}$  a) Indica, razonadamente, si precipitará  $\text{PbS}$  cuando se mezclen  $10^{-5}$  moles de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  con  $10^{-5}$  moles de  $\text{Na}_2\text{S}$  en un volumen de 10,0 L de agua b) Sabiendo que el producto de solubilidad ( $K_{PS}$ ) del  $\text{CuS}$  es  $4,0 \cdot 10^{-38}$ , ¿cuál de los dos compuestos es más soluble en agua el  $\text{CuS}$  o el  $\text{PbS}$ ? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) La concentración de los iones  $\text{Pb}^{2+}$  y  $\text{S}^{2-}$  será:

$$[\text{Pb}^{2+}] = [\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-5}}{10} = 10^{-6}\text{M}$$

sabiendo que la solubilidad del  $\text{PbS}$  es:  $s = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-29}} = 3,16 \cdot 10^{-15}\text{M}$ , y ser menor este valor que  $10^{-6}\text{M}$ , **se producirá la precipitación** del  $\text{PbS}$ ,

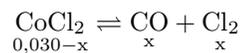
b) **Es más soluble aquel cuyo producto de solubilidad sea mayor**, ya que, en ambos casos,  $s = \sqrt{K_{ps}}$ , siendo:

$$s_{PbS} = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-29}} = 3,16 \cdot 10^{-15} M \quad y \quad s_{CuS} = \sqrt{4,0 \cdot 10^{-38}} = 2,0 \cdot 10^{-19} M,$$

5. En un recipiente cerrado de dos litros de capacidad y vacío se introduce 0,030 moles de gas fosgeno  $COCl_2(g)$  y se mantiene la temperatura a 800 K. Al alcanzarse el equilibrio químico:  $COCl_2(g) \rightleftharpoons CO(g) + Cl_2(g)$ . se observa que la presión parcial del  $CO(g)$  es de 0,497 atm. a) Calcula el valor de la constante de equilibrio,  $K_c$ , a 800 K. b) Calcula la presión total del sistema a 800 K. c) Si se aumenta la presión de  $CO(g)$ , ¿hacia donde se desplazará el equilibrio químico? Razona la respuesta. d) ¿Se puede asegurar que, si se introduce inicialmente un catalizador en la mezcla, tardará más tiempo en alcanzarse el equilibrio químico? Justifica la respuesta.

**Respuesta:**

a) El equilibrio es el siguiente:



Aplicando la ecuación de los gases:  $0,497 \cdot 2 = x \cdot 0,082 \cdot 800$ , con lo que se obtiene  $x = 0,015$  moles. Con este dato, la constante de equilibrio  $K_c$  será:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,015}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,030 - 0,015}{2}\right)} = 0,075$$

b) Conocidas la presión parcial del CO y su fracción molar, tendremos:

$$0,497 = P \frac{0,015}{0,045} \quad P = 1,49 \text{ atm}$$

c) El aumento en la presión de CO (y, por tanto, de su concentración) implica el desplazamiento del equilibrio hacia la izquierda, en aplicación del Principio de Le Chatelier, ya que un aumento en la concentración de alguno de los productos produce el desplazamiento del equilibrio hacia la formación de reactivos.

d) En general un catalizador incrementa la velocidad de una reacción (tanto la reacción directa como la inversa), por lo que **la frase es incorrecta**.

6. En un recipiente de volumen constante se genera  $SO_3(g)$  a 500 K según la siguiente reacción ajustada  $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 SO_3(g)$   $\Delta H = -1200 \text{ kJ}$ ;  $K_p(500 \text{ K}) = 2,5 \cdot 10^{10} \text{ atm}^{-1}$ . a) ¿Cómo afectaría al equilibrio químico una disminución del volumen total del recipiente? Justifica la respuesta. b) Determina el valor de la constante  $K_c$  a 500 K. c) Si la temperatura aumenta a 600 K, ¿se puede afirmar que aumentará la formación de  $SO_3(g)$ ? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

a) Una disminución del volumen produce un desplazamiento del equilibrio hacia donde el número de moles de sustancias gaseosas sea menor, en este caso, **hacia la derecha**.

A 500 K, la constante  $K_c$  tendrá el valor:

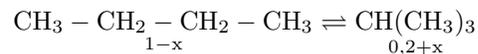
$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n} = 2,5 \cdot 10^{10} (0,082 \cdot 500) = 1,025 \cdot 10^{12}$$

c) Al ser exotérmica la reacción, un aumento de temperatura desplazará el equilibrio en el sentido en que la reacción sea endotérmica, en este caso, **hacia la izquierda**.

7. La reacción de isomerización del butano ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ ) en metilpropano ( $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$ ) viene dada por la reacción ajustada siguiente:  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}(\text{CH}_3)_3 (\text{g})$   $K_c (300 \text{ K}) = 2,5$  a) Si inicialmente se inyecta de manera simultánea 1 mol de butano y 0,2 moles de metilpropano en un reactor vacío de 2,0 L que se mantiene a 300 K, calcula la concentración de butano cuando se establece el equilibrio químico. b) Determina la presión parcial de metilpropano cuando se establece el equilibrio químico a 300 K. c) Si se aumenta la presión total del sistema, aumentará la formación de metilpropano? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio, tendremos:



Por lo que, aplicando la constante de equilibrio, podremos escribir:

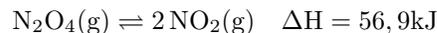
$$2,5 = \frac{0,2+x}{1-x} \quad x = 0,657 \text{ moles} \quad [\text{C}_4\text{H}_{10}] = \frac{1-0,657}{2} = 0,17 \text{ M}$$

b) Aplicando la ecuación de los gases:

$$p \cdot 2 = (0,2 + 0,657) 0,082 \cdot 300 \quad p = 10,54 \text{ atm}$$

c) **No se producirá variación**, pues el número de moles de sustancias gaseosas es el mismo en ambos miembros de la reacción.

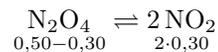
8. En un recipiente cerrado de cinco litros de capacidad y vacío, se introducen 0,50 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  y se mantiene la temperatura a 100 °C. Al alcanzarse el siguiente equilibrio químico:



Se observa que quedan 0,20 moles de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  sin reaccionar. a) Calcula el valor de la constante de equilibrio ( $K_c$ ) a 100 °C. b) Calcula la presión total del sistema. c) ¿Podemos asegurar que al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplazará hacia la formación de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ ? Justifica la respuesta. d) ¿Se puede afirmar que el valor de  $K_c$  a 100 °C para la reacción:  $\frac{1}{2} \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g})$  es la mitad del valor obtenido en el apartado a)? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio, podemos escribir:



El valor de  $K_c$  será:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,60}{5}\right)^2}{\frac{0,20}{5}} = 0,36$$

b) Aplicando la ecuación de los gases:

$$P \cdot 5 = (0,20 + 0,60) 0,082 \cdot 373 \quad P = 4,89 \text{ atm}$$

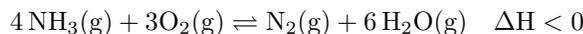
c) Un aumento en la temperatura desplazará el equilibrio hacia donde la reacción sea endotérmica. Al ser endotérmica la descomposición de  $\text{N}_2\text{O}_4$ , un aumento de temperatura desplazará el equilibrio hacia la derecha, es decir, hacia la formación de  **$\text{NO}_2$** .

d) El valor de  $K_c$  para este equilibrio sería:

$$K_c = \frac{\frac{0,60}{5}}{\left(\frac{0,20}{5}\right)^{1/2}} = 0,60$$

Por lo que **no sería** la mitad del valor obtenido en el apartado a).

9. El amoníaco reacciona con el oxígeno según la siguiente reacción ajustada:



Siendo  $K_c = 15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  a 500 K. a) ¿Qué efecto tendrá sobre el equilibrio químico anterior una disminución del volumen total del recipiente? Justifica la respuesta. b) Determina el valor de la constante  $K_p$  a 500 K. c) ¿Es cierto que la variación de entropía para la formación de  $\text{N}_2(\text{g})$  y  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  es negativa? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) Teniendo en cuenta que el número de moles gaseosos es el mismo en los dos miembros, una disminución del volumen **no afectará al equilibrio**.
- b) Por la razón expuesta en el apartado a), tendremos que  $K_p = K_c (\text{RT})^{\Delta n} = K_c (\text{RT})^0 = K_c$
- c) La afirmación es **incorrecta**, pues no hay variación en el número de moles gaseosos.
10. a) La solubilidad del  $\text{CaSO}_4$  en agua es de 0,67 g/L. Determina el valor del producto de solubilidad ( $K_{ps}$ ) para esta sal. b) Si se adiciona una pequeña cantidad de  $\text{CaCl}_2$  a la disolución anterior, ¿aumentará la solubilidad del  $\text{CaSO}_4$ ? Razona la respuesta. c) Nombra el siguiente compuesto:  $\text{CaCl}_2$ .

**Respuesta:**

- a) La solubilidad, expresada en  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  será:

$$s = \frac{0,67}{136} = 4,93 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

El producto de solubilidad será:

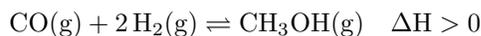
$$K_{ps} = s^2 = (4,93 \cdot 10^{-3})^2 = 2,43 \cdot 10^{-5}$$

- b) Por efecto del ion común, en este caso, el  $\text{Ca}^{2+}$ , **disminuirá la solubilidad** del sulfato de calcio. la constante quedaría así:

$$2,43 \cdot 10^{-5} = s'(s' + x)$$

Con lo que  $s' < s$

- c) El compuesto es el **cloruro de calcio**.
11. El  $\text{CH}_3\text{OH}$  se puede sintetizar mediante la reacción química ajustada:

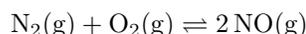


Responde de forma justificada a las siguientes preguntas: a) ¿Se puede afirmar que  $K_c = K_p$  para el equilibrio químico anterior? b) ¿Podemos afirmar que cuando se alcanza el equilibrio químico no reaccionan más moléculas de  $\text{CO}(\text{g})$  e  $\text{H}_2(\text{g})$ ? c) ¿Cómo se modificaría la composición del sistema en equilibrio si se añadiera un catalizador? d) ¿Es cierto que un aumento de la temperatura favorece la formación de  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ ?

**Respuesta:**

- a) La afirmación **no es correcta** pues, para que  $K_c$  fuera igual a  $K_p$ , el número de moles gaseosos en ambos miembros debería ser el mismo.
- b) La afirmación **no es correcta**, pues el equilibrio es un proceso dinámico, en el que se siguen produciendo las reacciones directa e inversa.

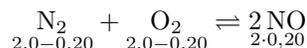
- c) La composición **no variaría**, pues la acción del catalizador es la de acelerar la velocidad, tanto del proceso directo como del inverso.
- d) La afirmación es **correcta**, pues, al tratarse de una reacción endotérmica, un aumento en la temperatura provoca un desplazamiento del equilibrio hacia la derecha.
12. En un recipiente cerrado y vacío de 5 L, se introducen 2,0 moles de  $N_2(g)$  y 2,0 moles de  $O_2(g)$ . Posteriormente, se calienta a 1000 K hasta que se alcanza el siguiente equilibrio químico:



- a) Sabiendo que en estas condiciones de equilibrio ha reaccionado un 10 % del  $N_2$  inicial, determina el valor de la constante de equilibrio,  $K_c$ , a 1000 K. b) Calcula la presión total del sistema a 1000 K. c) ¿Cómo afectaría al equilibrio químico una disminución de la concentración de  $N_2(g)$ ? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) En el equilibrio, podremos escribir lo siguiente:



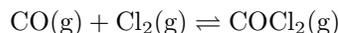
la constante de equilibrio será:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,40}{5}\right)^2}{\frac{1,80}{5} \frac{1,80}{5}} = 0,049$$

- b) Aplicando la ecuación de los gases, tendremos:

$$P \cdot 5 = 4 \cdot 0,082 \cdot 1000 \quad P = 65,6 \text{ atm}$$

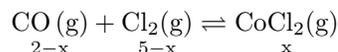
- c) Una disminución en la concentración de alguno de los reactivos desplaza el equilibrio **hacia la izquierda**, puesto que debe mantenerse el valor de  $K_c$ .
13. El fosgeno ( $COCl_2$ ) es un compuesto utilizado en la fabricación de polímeros, en metalurgia, en la industria farmacéutica y en la fabricación de algunos insecticidas. Se puede obtener a partir de monóxido de carbono y cloro, según la reacción química ajustada siguiente:



Introducimos una mezcla de 2 moles de  $CO(g)$  y 5 moles de  $Cl_2(g)$  en un reactor vacío y cerrado, y posteriormente, calentamos hasta 350 K. Cuando se establece el equilibrio químico, se observa que en el reactor hay una presión total de 17,4 atmósferas y que ha reaccionado 1 mol de  $CO(g)$ . a) Determina el volumen del reactor. b) Escribe las expresiones de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  para esta reacción, y determina sus valores a 350 K. c) La mezcla gaseosa anterior se trasvasa a un reactor de menor volumen y se deja que el sistema alcance de nuevo el equilibrio químico a 350 K. ¿Cómo afecta esta modificación al número total de moles de fosgeno? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) Del dato del enunciado se deduce que  $x = 1$  mol. El número total de moles en el equilibrio:



será:  $n = (2 - 1) + (5 - 1) + 1 = 6$ . Aplicando la ecuación de los gases, tendremos:

$$17,4 \cdot V = 6 \cdot 0,082 \cdot 350 \quad V \simeq 10 \text{ L}$$

b). Las presiones parciales de cada uno de los componentes de la mezcla en equilibrio son las siguientes:

$$p_{\text{CO}} = 17,4 \frac{1}{6} = 2,9 \text{ atm} \quad p_{\text{Cl}_2} = 17,4 \frac{4}{6} = 11,6 \text{ atm} \quad p_{\text{COCl}_2} = 17,4 \frac{1}{6} = 2,9 \text{ atm}$$

Con lo que  $K_p$  será:

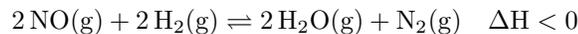
$$K_p = \frac{p_{\text{COCl}_2}}{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{Cl}_2}} = \frac{2,9}{2,9 \cdot 11,6} = 0,086$$

$K_c$  tendrá la expresión;

$$K_c = \frac{[\text{CoCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]} = K_p(\text{RT})^{-\Delta n} = 0,086 (0,082 \cdot 350)^{-1} = 3 \cdot 10^{-3}$$

c) Al disminuir el volumen, el equilibrio tenderá a desplazarse hacia donde el número de moles gaseosos sea menor, es este caso hacia la formación de fosgeno, con lo que el número de moles de este compuesto **aumentará**.

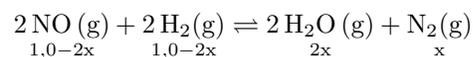
14. El monóxido de nitrógeno (NO) es un contaminante que se genera en ocasiones como un subproducto en un reactor químico. Una forma de eliminarlo consiste en hacerlo reaccionar con dihidrógeno, mediante la siguiente reacción química ajustada:



Se introducen 1,0 mol de NO (g) y 1,0 mol de H<sub>2</sub> (g) en un recipiente cerrado y vacío de 10 L, y la mezcla se calienta hasta una temperatura de 800 K. Cuando la reacción alcanza el equilibrio químico, se comprueba que la mezcla contiene 0,3 moles de dihidrógeno, aparte de monóxido de nitrógeno, dinitrógeno y agua a) Calcula la constante de equilibrio  $K_c$  a 800 K. b) ¿Se puede afirmar que  $K_p = K_c$  para la reacción química anterior? Justifica la respuesta. c) ¿Qué efecto tendría sobre la concentración de NO (g) una disminución de la temperatura? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio podremos escribir lo siguiente:



Puesto que  $1,0 - 2x = 0,3$ , tendremos que  $x = 0,35$  moles. Con este dato, la constante  $K_c$  será:

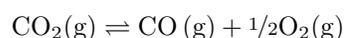
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2[\text{N}_2]}{[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^2} = \frac{\left(\frac{0,70}{10}\right)^2 \left(\frac{0,35}{10}\right)}{\left(\frac{0,3}{10}\right)^2 \left(\frac{0,3}{10}\right)^2} = 10 \frac{0,70^2 \cdot 0,35}{0,3^4} = 211,73$$

Mientras que  $K_p$  tendrá el valor:

$$K_p = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}^2 \cdot p_{\text{N}_2}}{p_{\text{NO}}^2 \cdot p_{\text{H}_2}^2} = K_c(\text{RT})^{\Delta n} = 211,73 (0,082 \cdot 800)^{-1} = 3,23$$

c) Al tratarse de una reacción exotérmica, una disminución de temperatura tendería a **desplazar el equilibrio hacia la formación de productos** (H<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>)

15. a) El CO<sub>2</sub> es un gas abundante en la Tierra, indispensable para la fotosíntesis de las plantas. En un laboratorio de Química, se ha estudiado el efecto de la temperatura sobre la reacción de disociación de CO<sub>2</sub> (g) según la reacción química ajustada siguiente:



Temperatura (° C)	[CO <sub>2</sub> ] <sub>eq</sub> (M)	[CO] <sub>eq</sub> (M)	[O <sub>2</sub> ] <sub>eq</sub> (M)	K (mol <sup>1/2</sup> · L <sup>-1/2</sup> )
1500				0,048
2000	0,10	0,20	0,25	
2500	0,0025	0,10	0,20	17,6

Cuadro 1: Concentraciones de equilibrio y constantes de equilibrio en función de la temperatura

Un químico ha completado algunas de las celdas de la tabla 1, donde se indican a tres diferentes temperaturas los valores de las concentraciones de reactivos y productos una vez alcanzado el equilibrio químico y el valor de algunas constantes de equilibrio.

- i) Determina el valor de la constante de equilibrio a 2000 °C. ii) A partir de los valores de la tabla 1, ¿se puede deducir si la reacción de disociación del CO<sub>2</sub>(g) es un proceso endotérmico? Razona la respuesta.  
b) Formula los compuestos siguientes: ácido carbónico y dietilamina.

**Respuesta:**

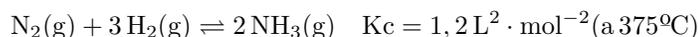
- i) La constante de equilibrio se expresa como:

$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{O}_2]^{1/2}}{[\text{CO}_2]} = \frac{0,20 \cdot 0,25^2}{0,10} = 0,125$$

ii) Al aumentar la temperatura, aumenta el valor de la constante de equilibrio, lo que implica un desplazamiento del equilibrio hacia la derecha. Un aumento de temperatura favorece el desplazamiento del equilibrio en el sentido de la reacción endotérmica, por lo que la descomposición del CO<sub>2</sub> **es un proceso endotérmico**.

- b) Los compuestos son H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y CH<sub>3</sub> - CH<sub>2</sub> - NH - CH<sub>2</sub> - CH<sub>3</sub>, respectivamente.

16. En el siglo pasado, el científico alemán Fritz Haber diseñó un proceso para la obtención de amoníaco a partir de la fijación del nitrógeno del aire, que responde a la siguiente reacción ajustada:



En un recipiente cerrado y vacío de 3 L, se introducen 6 moles de N<sub>2</sub> (g), 9 moles de H<sub>2</sub> (g) y 12 moles de NH<sub>3</sub> (g) a 375 °C. a) Justifica por qué el sistema no está en equilibrio y explica de forma razonada el sentido en el que se desplazará la reacción hasta alcanzarlo. b) Una vez alcanzado el equilibrio, ¿se obtendrá más amoníaco si disminuye el volumen del recipiente? Justifica la respuesta. c) Calcula el valor de K<sub>p</sub> a 375 °C.

**Respuesta:**

- a) El valor de Q para la reacción será:

$$Q = \frac{\left(\frac{12}{3}\right)^2}{\left(\frac{6}{3}\right)\left(\frac{9}{3}\right)^3} = 0,296$$

Al ser Q menor que la constante K<sub>c</sub>, **la reacción evoluciona de forma que aumente la concentración de NH<sub>3</sub>**, disminuyendo la de N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>, ya que Q deberá aumentar hasta igualar el valor de K<sub>c</sub>.

b) Una disminución de volumen producirá un desplazamiento del equilibrio hacia donde menor sea el número de moles gaseosos, esto es, hacia la derecha. Por tanto, al disminuir el volumen del recipiente, **se obtendrá mayor cantidad de amoníaco**.

c) El valor de  $K_p$  a  $375^\circ\text{C}$  será:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 1,2 [(0,082 \cdot (375 + 273))]^{-2} = 4,25 \cdot 10^{-4}$$

17. Para la obtención del ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), una de las etapas importantes es la oxidación del dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) para obtener trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ), mediante la siguiente reacción química ajustada:  $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$   $\Delta H < 0$ . Indica, de manera razonada, si las siguientes afirmaciones relacionadas con este proceso químico son verdaderas: a) Si aumentamos la temperatura de la reacción desde  $25^\circ\text{C}$  a  $500^\circ\text{C}$ , la producción de  $\text{SO}_3(\text{g})$  también aumentará. b) Si añadimos una cierta cantidad de  $\text{O}_2(\text{g})$  al sistema, el equilibrio se desplazará hacia la formación de  $\text{SO}_3(\text{g})$ . c) La utilización de un catalizador rebaja la energía de activación tanto para la reacción directa como para la reacción inversa. d) Si reducimos a la mitad el volumen del recipiente donde tiene lugar la reacción, el equilibrio químico se desplazará hacia la formación de  $\text{SO}_3(\text{g})$ .

**Respuesta:**

- a) Al ser exotérmica la reacción, el equilibrio se desplazará en el sentido en que la reacción sea endotérmica. **No aumentará la producción de  $\text{SO}_3$** . b) La afirmación es **correcta**, pues un aumento en la concentración de reactivos tiende a desplazar el equilibrio hacia la formación de productos. c) La afirmación es **correcta**. d) Una disminución en el volumen equivale a un aumento en la presión, que tiende a desplazar el equilibrio en el sentido en el que el número de moles gaseosos sea menor. La afirmación es, por tanto, **correcta**.
18. La formación de amoníaco en el proceso Haber, tiene lugar a través del equilibrio químico siguiente:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta H = -92 \text{ kJ mol}^{-1}$ ,  $K_c = 8,2 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2}$  (a  $300^\circ\text{C}$ ) a) Si inicialmente se introducen 1 mol de  $\text{N}_2(\text{g})$ , 2 moles de  $\text{H}_2(\text{g})$  y 3 moles de  $\text{NH}_3(\text{g})$  en un recipiente cerrado y vacío de 2 L, a  $300^\circ\text{C}$ , ¿se puede afirmar que el sistema se desplazará hacia la formación de amoníaco? Razona la respuesta. b) Indica si este proceso es espontáneo a cualquier temperatura. c) ¿Como modificarías la presión para aumentar la formación de  $\text{NH}_3(\text{g})$  en el proceso Haber?

**Respuesta:**

a) El cociente de la reacción es el siguiente:

$$Q = \frac{\left(\frac{3}{2}\right)^2}{\left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{2}{2}\right)^3} = 4,5 < 8,2$$

Al ser menor el cociente de la reacción que la constante  $K_c$ , **el sistema se desplaza hacia la formación de amoníaco**. b) Al disminuir el número de moles gaseosos, el valor de  $\Delta S$  para la reacción es negativo. Al ser  $\Delta H < 0$ , tendremos que:  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  no es negativo para cualquier temperatura, sino para valores de  $T$  inferiores a un determinado valor. Por tanto, la reacción **no es espontánea a cualquier temperatura**. c) Para aumentar la formación de amoníaco **se debe incrementar la presión**, pues un aumento de ésta tiende a desplazar el equilibrio en el sentido en que el número de moles gaseosos sea menor.

19. Las soluciones acuosas de nitrato de plata,  $\text{AgNO}_3$ , se utilizan para detectar la presencia de iones cloruro en soluciones problema, a causa de la precipitación de cloruro de plata,  $\text{AgCl}$ , que es de color blanco. a) Tenemos una disolución problema que contiene iones cloruro ( $3,0 \cdot 10^{-7} \text{ M}$ ). Indica razonadamente si precipitará  $\text{AgCl}$  cuando se mezclen 20 mL de la solución problema de iones cloruro con 10 mL de una solución  $9,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  de nitrato de plata, a  $298 \text{ K}$ . Datos: a  $298 \text{ K}$ , el valor del producto de solubilidad ( $K_{ps}$ ) del cloruro de plata es  $2,8 \cdot 10^{-10}$ . Los volúmenes de las disoluciones acuosas se consideran aditivos. b) En el frasco de nitrato de plata podemos ver los siguientes pictogramas de seguridad: ¿Cuál es el significado de cada uno de estos pictogramas?

**Respuesta:**



(1)



(2)

a) Las concentraciones de ambos iones al mezclar los dos volúmenes son las siguientes:

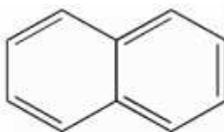
$$[\text{Cl}^-] = 3 \cdot 10^{-7} \frac{20}{30} = 2 \cdot 10^{-7} \text{M} \quad [\text{Ag}^+] = 9 \cdot 10^{-4} \frac{20}{30} = 6 \cdot 10^{-4} \text{M}$$

El producto de ambas concentraciones es:

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-7} = 1,2 \cdot 10^{-10} < K_{ps}$$

Por tanto **no se producirá precipitado** de AgCl b) El pictograma de la izquierda indica que la sustancia es **corrosiva**, mientras el de la derecha indica que es **perjudicial para el medio acuático**.

20. El naftaleno sólido,  $\text{C}_{10}\text{H}_8$  (s) (figura 3), se sublima en condiciones ambientales de presión y temperatura, y por ello se puede utilizar para la fumigación de espacios cerrados.



El proceso de sublimación se representa según el equilibrio químico siguiente:  $\text{C}_{10}\text{H}_8$  (s)  $\rightleftharpoons$   $\text{C}_{10}\text{H}_8$  (g) con  $K_c$  (a 298 K) =  $4,29 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$  y  $\Delta H^0$  (a 298 K) = 72,0 KJ/mol Inicialmente, se introducen 0,64 g de naftaleno sólido en un recipiente cerrado y vacío de 20,0 L a una temperatura de 298 K. a) Calcula el número de moles de naftaleno presentes en estado gaseoso una vez que se ha alcanzado el equilibrio químico a 298 K. b) Calcula el porcentaje de naftaleno sólido que habrá sublimado cuando se alcance el equilibrio. c) ¿Cuál es el signo de la variación de entropía estándar ( $\Delta S^0$ ) del proceso de sublimación del naftaleno? Justifica la respuesta. d) ¿Cuál es el efecto de la temperatura sobre la espontaneidad de este proceso? Justifica la respuesta.

**Respuesta:**

a) La constante de equilibrio, al tratarse de un equilibrio heterogéneo es:

$$K_c = [\text{C}_{10}\text{H}_8(\text{g})] = 4,29 \cdot 10^{-6}$$

$$4,29 \cdot 10^{-6} = \frac{n}{20} \quad n = 8,58 \cdot 10^{-5} \text{mol}$$

La masa de naftaleno en estado gaseoso es:

$$m = 8,58 \cdot 10^{-5} \text{mol} \cdot 128 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,011 \text{g}$$

El porcentaje de naftaleno sublimado es:

$$\% = \frac{0,011}{0,64} 100 = 1,72$$

- c) La entropía estándar **aumenta** debido a que el naftaleno pasa de un estado más ordenado (sólido) a otro más desordenado (gas).  
 d) La espontaneidad viene dada por el valor negativo de la energía libre de Gibbs:

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

Así, **si aumenta la temperatura**, el término  $-T\Delta S^0$  se hace más negativo, y **favorece la espontaneidad del proceso**.

21. El metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) es el alcohol de cadena más corta que se puede formular. En la industria química, la síntesis del metanol se produce por hidrogenación del monóxido de carbono (CO), según la siguiente reacción química ajustada, en fase gaseosa:  $\text{CO (g)} + 2 \text{H}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH (g)}$  En un reactor, se establece el equilibrio anterior a una temperatura de 673 K, y se comprueba que la presión parcial del CO (g) es de 0,27 atm, y la del  $\text{CH}_3\text{OH (g)}$  es de 0,20 atm, siendo la presión total de una atmósfera. a) Calcula las constantes de equilibrio  $K_p$  y  $K_c$ , ambas a 673 K. b) Indica de forma razonada qué efecto tendrían sobre la formación de metanol las acciones siguientes: i) Aumentar la presión total del sistema. ii) Aumentar la concentración de CO (g).

**Respuesta:**

- a) Las presiones parciales para cada uno de los componentes son, respectivamente:

$$p_{\text{CO}} = 0,27 \text{ atm} \quad p_{\text{CH}_3\text{OH}} = 0,20 \text{ atm} \quad p_{\text{H}_2} = 1 - (0,27 + 0,20) = 0,53 \text{ atm}$$

Con estos datos, las constantes  $K_p$  y  $K_c$  son, respectivamente:

$$K_p = \frac{p_{\text{CH}_3\text{OH}}}{p_{\text{CO}} \cdot p_{\text{H}_2}^2} = \frac{0,20}{0,27 \cdot 0,53^2} = 2,64$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n} = 2,64 (0,082 \cdot 673)^2 = 8040$$

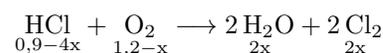
- b) i) Un aumento de presión desplaza el equilibrio hacia donde el número de moles gaseosos sea menor, es decir, **hacia la formación de metanol**. ii) El aumento en la concentración de un reactivo también desplaza el equilibrio **hacia la formación de metanol**.
22. El cloro es uno de los elementos más utilizados en nuestra sociedad, y forma parte de muchos productos que utilizamos en la vida cotidiana. Se puede utilizar directamente como agente desinfectante y blanqueante, y también como materia prima para la producción de polímeros como el PVC. En el proceso industrial llamado Deacon, el dicloro gaseoso se obtiene por oxidación del ácido clorhídrico (HCl) según la siguiente reacción ajustada:  $4 \text{HCl (g)} + \text{O}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O (g)} + 2 \text{Cl}_2 \text{(g)}$ ;  $\Delta H < 0$  Introducimos 32,85 g de HCl y 38,40 g de  $\text{O}_2$  en un reactor de 10 L en el que previamente se ha hecho el vacío. Calentamos la mezcla a 390 °C, y cuando se alcanza el equilibrio, observamos que hemos obtenido 28,40 g de  $\text{Cl}_2$ . a) Calcula la constante de equilibrio en concentraciones ( $K_c$ ), a 390 °C. b) Razona cómo se verá afectada la cantidad total de  $\text{Cl}_2$  obtenida si: i) Aumentamos la masa inicial de  $\text{O}_2$  (g). ii) Aumentamos la temperatura del reactor.

**Respuesta:**

- a) El número inicial de moles de HCl y  $\text{O}_2$  es, respectivamente:

$$n_{\text{HCl}} = \frac{32,85 \text{ g}}{36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,9 \text{ mol} \quad n_{\text{O}_2} = \frac{38,40 \text{ g O}_2}{32 \text{ g} \cdot \text{mol}} = 1,2$$

En el equilibrio, podemos escribir:



Sabiendo que en el equilibrio disponemos de  $\frac{28,40 \text{ g}}{71 \text{ g mol}} = 0,4 \text{ mol}$  de  $\text{Cl}_2$ , tendremos que  $2x = 0,4$ , y  $x = 0,2$  moles. Así pues, la constante de equilibrio  $K_c$  será:

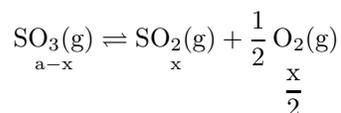
$$K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2[\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4[\text{O}_2]} = \frac{\left(\frac{0,4}{10}\right)^2 \left(\frac{0,4}{10}\right)^2}{\left(\frac{0,1}{10}\right)^4 \frac{1}{10}} = 2560$$

b) Por el Principio de Le Chatelier, un aumento en la concentración de alguno de los reactivos tiende a desplazar el equilibrio hacia la formación de productos, por lo que **aumentará** la cantidad total de cloro. Por el mismo principio, al ser la reacción exotérmica, un aumento de temperatura, producirá un desplazamiento del equilibrio hacia la izquierda (en el sentido endotérmico), con lo que la cantidad total de  $\text{Cl}_2$  **disminuirá**.

23. Actualmente se estudia la posible utilización de  $\text{SO}_3$  (g) para almacenar energía solar. Cuando los rayos de sol inciden sobre el  $\text{SO}_3$  (g) introducido en un recipiente cerrado a temperatura elevada se disocia y produce  $\text{SO}_2$  (g) y  $\text{O}_2$  (g) de acuerdo con la siguiente reacción química ajustada:  $\text{SO}_3$  (g)  $\rightleftharpoons$   $\text{SO}_2$  (g) +  $\frac{1}{2} \text{O}_2$  (g);  $\Delta H > 0$  a) Introducimos una cierta cantidad de  $\text{SO}_3$  en un recipiente cerrado de 0,8 L en el que se ha hecho previamente el vacío. Una vez alcanzado el equilibrio hay 2 moles de oxígeno. La  $K_c$  de la reacción química ajustada tiene un valor de 0,47 a la temperatura del experimento. Calcula la concentración de la especie  $\text{SO}_3$  (g) presente en el equilibrio. b) Explica, de forma razonada, en qué condiciones de presión y temperatura deberíamos trabajar para favorecer el proceso de disociación del  $\text{SO}_3$  (g).

**Respuesta:**

a) En el equilibrio podemos escribir:



Aplicando la constante de equilibrio, y teniendo en cuenta que  $\frac{x}{2} = 2$  moles, con lo que  $x = 4$  moles, tendremos:

$$0,47 = \frac{[\text{SO}_2][\text{O}_2]^{\frac{1}{2}}}{[\text{SO}_3]} = \frac{\frac{4}{0,8} \left(\frac{2}{0,8}\right)^{1/2}}{\left(\frac{a-4}{0,8}\right)} \quad a = 17,45$$

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

$$[\text{SO}_3]_{\text{eq}} = \frac{17,45 - 4}{0,8} = 16,81 \text{ M}$$

b) Al ser endotérmica la reacción, esta se favorecería a **temperaturas altas**. Por otra parte, una presión baja tendería a desplazar el equilibrio hacia donde el número de moles gaseosos sea mayor, por lo que será conveniente trabajar a **presiones bajas**.

24. El tolueno ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ) es un hidrocarburo aromático que se utiliza para la producción de explosivos, como el TNT, colorantes, detergentes y otros productos. El tolueno se puede obtener a partir de la deshidrogenación del metilciclohexano ( $\text{C}_7\text{H}_{14}$ ) por medio de la reacción química siguiente:  $\text{C}_7\text{H}_{14}$  (g)  $\rightleftharpoons$   $\text{C}_7\text{H}_8$  (g) +  $3 \text{H}_2$  (g);  $\Delta H > 0$  En un recipiente de un litro, inicialmente vacío, se introducen 0,6 moles de metilciclohexano y se calientan a 700 K, de forma que, una vez alcanzado el equilibrio, hay 0,45 moles de dihidrogeno en la mezcla gaseosa. a) Determina la constante de equilibrio en concentraciones ( $K_c$ ) y la constante de equilibrio en presiones ( $K_p$ ), ambas a 700 K. b) ¿Qué efecto tendrá sobre la

concentración de tolueno presente en la mezcla gaseosa en equilibrio un aumento de la temperatura? Justifique la respuesta.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio, podemos escribir:



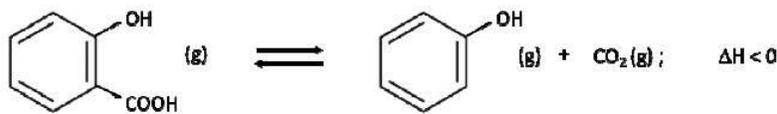
En el equilibrio, tendremos que  $3x = 0,45$  moles, por lo que  $x = 0,15$  moles. La concentración de cada especie es igual al número de moles, al ser 1 L el volumen del recipiente. Según esto, tendremos:

$$K_c = \frac{[\text{C}_7\text{H}_8][\text{H}_2]^3}{[\text{C}_7\text{H}_{14}]} = \frac{0,15 \cdot 0,45^3}{0,6 - 0,45} = 9,11 \cdot 10^{-2}$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 9,11 \cdot 10^{-2}(0,082 \cdot 700)^3 = 1,72 \cdot 10^5$$

b) Según el Principio de Le Chatelier, un aumento de temperatura tiende a desplazar la reacción en el sentido en que esta sea endotérmica, es decir, hacia la formación de tolueno, con lo cual **aumentará la concentración** de este producto.

25. El ácido salicílico ( $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ ) es un compuesto que se pueden encontrar en muchos productos utilizados en medicina. A una temperatura de 473 K, este ácido se descompone, produciendo fenol ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ ) y dióxido de carbono, según la reacción química ajustada siguiente:



En el laboratorio, introducimos 0,345 g de ácido salicílico en un recipiente de 50 mL y calentamos a 473 K. Una vez la mezcla alcanza el equilibrio químico, recogemos el el  $\text{CO}_2$  gaseoso obtenido en otro recipiente, y comprobamos que este gas ocupa un volumen de 48,9 mL, medido a 1 atm y a 298 K. a) Calcule la constante de equilibrio en concentraciones ( $K_c$ ) correspondiente a la reacción de descomposición del ácido salicílico a 473 K. b) Si realizáramos el mismo experimento en un recipiente de 1000 mL, manteniendo la temperatura a 473 K, ¿aumentaría la descomposición del ácido salicílico? Justifique la respuesta. c) Indique razonadamente si este proceso es espontáneo a cualquier temperatura.

**Respuesta:**

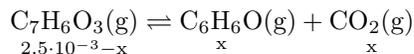
a) El número inicial de moles de ácido salicílico es:

$$n_{\text{ac}} = \frac{0,345 \text{ g}}{138 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

El número de moles de hidrógeno será:

$$1 \cdot 0,0489 = x \cdot 0,082 \cdot 298 \quad x = 2 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

El equilibrio se puede representar de la forma:



Con lo que la constante  $K_c$  será:

$$K_c = \frac{[\text{C}_6\text{H}_6\text{O}][\text{CO}_2]}{[\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3]} = \frac{\left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{0,050}\right)^2}{\frac{2,5 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}}{0,050}} = 0,16$$

b) Al aumentar el volumen del recipiente disminuye la presión. Según el Principio de Le Chatelier, una disminución en la presión desplaza el equilibrio hacia donde el número de moles gaseosos sea mayor, por lo que **aumentaría la descomposición** del ácido salicílico.

## 6. ÁCIDOS Y BASES.

1. a) Se mezclan 50 mL de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 0,1 M con 60 mL de KOH 0,1 M. Suponiendo que los volúmenes son aditivos, determina el pH de la disolución resultante. b) Determina el volumen de HCl 0,2 M que se necesita para neutralizar 10 mL de una disolución 0,1 M de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Razona la respuesta. c) ¿Se puede afirmar que una disolución de  $\text{NaNO}_3$  es ácida?

### Respuesta:

a) La reacción entre el  $\text{HNO}_3$  y el KOH se realiza mol a mol. Sabiendo que el número de moles de ácido y de base son, respectivamente:

$$n_{\text{HNO}_3} = 0,05 \cdot 0,1 = 0,005 \quad n_{\text{KOH}} = 0,06 \cdot 0,1 = 0,006$$

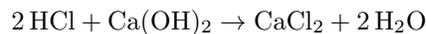
Al mezclar los volúmenes mencionados quedará un exceso de KOH sin reaccionar de  $0,006 - 0,005 = 0,001$  moles, en un volumen (suponiendo aditivos los volúmenes) de 0,11 L. La concentración de  $\text{OH}^-$  será, pues:

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,001}{0,11} = 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

El pH será:

$$\text{pH} = 14 + \text{pOH} = 14 + \log 9,1 \cdot 10^{-3} = \mathbf{11,96}$$

b) La reacción entre HCl y  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  será:



El número de moles de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  será:  $n = 0,01 \cdot 0,1 = 0,001$  moles. Puesto que un mol de hidróxido de calcio reacciona con dos moles de HCl, tendremos:

$$0,001 \cdot 2 = V \cdot 0,2 \quad V = \mathbf{0,01 \text{ L de HCl } 0,2 \text{ M}}$$

c) La afirmación **no sería correcta**, pues el  $\text{NaNO}_3$  es una sal de ácido fuerte y base fuerte, por lo que no experimenta hidrólisis.

2. a) Calcula el número de moles de ion  $\text{Cl}^-$  presentes en 100 mL de una disolución de HCl de  $\text{pH} = 3,0$ . b) Determina el volumen necesario de una disolución de NaOH 0,1 M para neutralizar 25 mL de una disolución acuosa 0,01 M de HCl. Sin realizar ningún cálculo numérico, razona si, en el punto de equivalencia, el pH será ácido, básico o neutro. c) Si se preparase una disolución acuosa de un ácido débil de la misma concentración que la del ácido del apartado a), sin realizar ningún cálculo, indica si el pH de la disolución será superior o inferior a 3,0.

### Respuesta:

a) Al ser el  $\text{pH} = 3$ , la concentración de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  (y la de iones  $\text{Cl}^-$ ) será  $10^{-3}$  M, al tratarse de un ácido fuerte y, por tanto, totalmente disociado. El número de moles de  $\text{Cl}^-$  en un volumen de 100 mL de disolución será, pues:  $n = 0,1 \cdot 10^{-3} = \mathbf{10^{-4}}$

b) Puesto que la reacción se produce mol a mol, podremos escribir lo siguiente:

$$V_a \cdot M_a = V_b \cdot M_b \quad 25 \cdot 0,01 = V_b \cdot 0,1 \quad V_b = 2,5 \text{ mL}$$

En el punto de equivalencia **el pH es neutro** al formarse una sal de ácido fuerte y base fuerte, que no experimenta hidrólisis.

c) El pH sería **superior a 3,0** al no estar el ácido totalmente disociado

3. En un laboratorio se disuelven 0,01 g de NaOH y 0,01 g de KOH en 500 mL de agua destilada. a) Determina el pH de la disolución resultante. b) Explica cómo prepararías en el laboratorio 100 mL de una disolución de NaOH de concentración 0,01 g/mL, indicando el material de vidrio que utilizarías. c)

En la ficha de seguridad química del NaOH aparece el siguiente pictograma:



Indica su significado.

**Respuesta:**

a) La concentración de  $\text{OH}^-$  será:

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,01/40 + 0,01/56}{0,5} = 8,57 \cdot 10^{-4} \quad \text{pH} = 14 + \log[\text{OH}^-] = 10,93$$

Para preparar la disolución, pesamos 1 g de NaOH y disolvemos, agitando, en un vaso de precipitados con un volumen de agua inferior a 100 mL. Una vez disuelto el NaOH, se incorpora a un matraz aforado de 100 mL, añadiendo agua hasta completar dicho volumen.

b)

c) El pictograma indica que la sustancia es **corrosiva**.

4. Justifica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas: a) Cuando se mezclan 10 mL de HCl 0,1 M con 20 mL de NaOH 0,1 M, se obtiene una disolución neutra. b) El pH de una disolución acuosa de ácido nítrico es menor que el de una disolución de la misma concentración de ácido acético. c) La constante de basicidad ( $K_b$ ) del  $\text{NH}_3$  coincide con la constante de acidez ( $K_a$ ) de su ácido conjugado ( $\text{NH}_4^+$ ). Datos:  $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ,  $K_a(\text{NH}_4^+) = 5,6 \cdot 10^{-10}$ .

**Respuesta:**

a) La afirmación es **falsa**, pues el número de moles de la base es superior al número de moles del ácido. La disolución es básica.

b) La afirmación es **correcta** pues, cuanto más fuerte sea el ácido, menor será su pH a igualdad de concentración.

c) La afirmación es **falsa**. La constante de acidez del ácido conjugado de una base es:

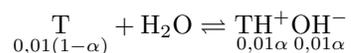
$$K_a = \frac{K_w}{K_b} \quad \text{en este caso : } K_a = 5,6 \cdot 10^{-10} = \frac{10^{-14}}{K_b} \quad K_b = 1,78 \cdot 10^{-5}$$

5. La trimetilamina  $[\text{N}(\text{CH}_3)_3]$  es un compuesto orgánico, producto de la descomposición de animales y plantas. Este compuesto es una base débil monobásica. a) Calcula el pH de una disolución de trimetilamina 0,01 M que presenta un grado de disociación de 0,1. b) Calcula la constante de basicidad ( $K_b$ ) de la trimetilamina. c) Determina el volumen de una disolución de HCl  $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ M}$  necesario para neutralizar 50 mL de la disolución de trimetilamina 0,01 M. d) Indica el material de vidrio (su nombre) que utilizarías de los representados en la figura para realizar una valoración ácido-base en el laboratorio de química.

**Respuesta:**



a) Representando la trietanolamina por T, tendremos que su equilibrio de disociación será:



El pH será:

$$pH = 14 + \log [OH^-] = 14 + \log 0,01 \cdot 0,1 = 11$$

b) La constante de basicidad será:

$$K_b = \frac{[TH^+][OH^-]}{[T]} = \frac{(10^{-3})^2}{0,01(1 - 0,1)} = 1,11 \cdot 10^{-4}$$

c) Teniendo en cuenta que la reacción entre trietanolamina y HCl se produce mol a mol, podremos establecer la igualdad:

$$5,0 \cdot 10^{-2} \cdot V = 5,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,01 \quad V = 0,01 \text{ L HCl}$$

d) Se utilizarían los dos elementos situados a la izquierda de la fotografía. De izquierda a derecha, un **matraz Erlenmeyer** y una **bureta**.

6. a) En un matraz aforado se mezclan 10 mL de  $Ca(OH)_2$  0,0015 M y 10 mL de agua destilada. Suponiendo que los volúmenes son aditivos, determina el pH de la disolución resultante. b) Calcula el volumen necesario de una disolución de NaOH 0,1 M para neutralizar 20,0 mL de  $HNO_3$   $10^{-2}$  M. Sin hacer cálculo numérico alguno, razona si la disolución en el punto de equivalencia tendrá un pH ácido, básico o neutro. c) Nombra el siguiente compuesto:  $NaNO_3$ .

**Respuesta:**

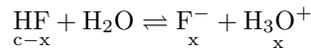
a)

7. En un laboratorio se dispone de una disolución de HF de concentración desconocida. a) Determina la concentración del ácido sabiendo que el pH de la disolución es de 1,85. Datos:  $K_a (HF) = 6,7 \cdot 10^{-4}$ . b) Calcula el volumen de una disolución 1,0 M de HF que se necesita para preparar 500 mL de una disolución 0,01 M de HF. Indica el material de vidrio que utilizarías en el laboratorio para preparar la disolución 0,01 M de HF. c) En la ficha de seguridad química del HF aparece el siguiente pictograma. Indica su significado.

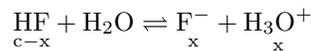


**Respuesta:**

a) A partir del equilibrio de disociación:



Y sabiendo que  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log x = 1,85$ , tendremos que:



Y sabiendo que  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log x = 1,85$ , tendremos que:

$$x = 10^{-1,85} = 1,41 \cdot 10^{-2} \text{M}$$

Conocida la constante de equilibrio, podremos escribir:

$$6,7 \cdot 10^{-4} = \frac{(1,41 \cdot 10^{-2})^2}{c - 1,41 \cdot 10^{-2}} \quad c = 0,31 \text{ M}$$

b) Para preparar la disolución, tendremos que:

$$0,01 = \frac{n}{0,5} \quad n = 5 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

$$5 \cdot 10^{-3} = 1,0 \cdot V \quad V = 5 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

De una manera más simple, para reducir la concentración a una centésima parte de la inicial, bastará con hacer el volumen cien veces mayor. Al ser el volumen final de 500 mL, el inicial será de 5 mL.

c) El pictograma indica que la sustancia es **corrosiva**.

8. a) ¿Qué cantidad de NaOH del 90 % de pureza debe pesarse para preparar 250 mL de una disolución de NaOH de pH 13,0? b) Calcula el volumen necesario de una disolución de HCl 0,1 M para neutralizar 20,0 mL de una disolución 0,2 M de NaOH. Sin realizar ningún cálculo numérico, razona si la disolución tendrá un pH ácido, básico o neutro en el punto de equivalencia. c) Si se dispone de una disolución acuosa de  $\text{NH}_3$  de la misma concentración que la base del apartado a), ¿se puede asegurar que el pH de la disolución de  $\text{NH}_3$  es inferior a 13,0? Razona la respuesta. Dato:  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

### Respuesta:

a) Para un  $\text{pH} = 13$ , teniendo en cuenta  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$ , la concentración de iones  $\text{OH}^-$  (igual a la concentración de NaOH, al tratarse de una base fuerte) será:  $[\text{OH}^-] = 10^{-1} \text{ M}$ . Con este dato, tendremos:

$$0,1 = \frac{m}{0,25} \quad m = 1 \text{ g NaOH puro}$$

la masa de NaOH del 90 % será:

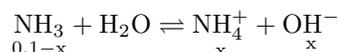
$$m' = \frac{1}{0,90} = 1,11 \text{ g}$$

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

$$V \cdot 0,1 = 20 \cdot 0,2 \quad V = 40 \text{ mL HCl}$$

El el punto de equivalencia la disolución será **neutra**, al obtenerse una sal procedente de un ácido fuerte y de una base fuerte, y no producirse ningún proceso de hidrólisis.

c) Para el  $\text{NH}_3$ , podemos escribir el siguiente equilibrio:



$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{0,1-x} \quad x = [\text{OH}^-] = 1,33 \cdot 10^{-3}$$

Con lo que  **$\text{pH} = 14 + \log [\text{OH}^-] = 11,12 < 13$** , como afirma el enunciado.

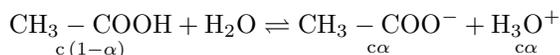
9. En un laboratorio se dispone de una disolución acuosa de ácido etanoico de concentración desconocida.
- Determina la concentración inicial del ácido sabiendo que  $[H_3O^+] = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  y que el ácido está disociado un 1,3 %.
  - Calcula la constante de acidez ( $K_a$ ) del ácido etanoico.
  - Indica el procedimiento y el material de vidrio que utilizarás en el laboratorio para valorar una disolución de ácido etanoico con una disolución de NaOH.
  - En la ficha de seguridad química del ácido etanoico aparece el siguiente pictograma:



Indica su significado.

**Respuesta:**

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



Conocida la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  podremos escribir:

$$1,34 \cdot 10^{-3} = 0,013 c \quad c = 0,1 \text{ M}$$

- b) La constante de acidez es la siguiente:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3 - \text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3 - \text{COOH}]} = \frac{0,1 \cdot 0,013^2}{1 - 0,013} = 1,71 \cdot 10^{-5}$$

c) Se coloca en un matraz erlenmeyer una muestra de la disolución de ácido etanoico de concentración desconocida. En carga una bureta con disolución de NaOH. Se añaden unas gotas de fenolftaleína como, indicador, ya que el intervalo de viraje de éste se produce en una zona de pH básico, como corresponde al punto de equivalencia de la disolución. Se deja caer lentamente el NaOH sobre el contenido del matraz erlenmeyer, agitando, hasta que se produce el viraje del indicador.

- d) El significado del pictograma es el de que la sustancia de que se trata es **inflamable**.

10. En una revista de enología se ha publicado la información siguiente: "La acidez es un parámetro importante en la elaboración de un vino, ya que determina las propiedades organolépticas. En general, el pH de los vinos blancos se encuentra alrededor de 3,0; mientras que en la mayoría de vinos tintos se encuentra en el intervalo de 3,4-3,6. Por otra parte, los ácidos más importantes que surgen en las distintas etapas de fermentación de los vinos son los ácidos málico, succínico y tartárico". Responde de manera razonada a las siguientes preguntas: a) ¿Es cierto que el aumento de media unidad de pH (de 3,0 a 3,5) en el vino supone que la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  ha disminuido 10 veces? b) En la tabla se indica la primera constante de disociación ( $K_{a1}$ ) de ácidos dipróticos presentes en los vinos. ¿Se puede afirmar que el ácido succínico es el más débil de los ácidos presentes en los vinos?

	$K_{a1}$
Ácido málico	$3,50 \cdot 10^{-4}$
Ácido succínico	$6,30 \cdot 10^{-5}$
Ácido tartárico	$1,00 \cdot 10^{-3}$

**Respuesta:**

a) La concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  para los pH respectivos de 3 y 3,5 es:

$$\text{pH} = 3 : [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3}\text{M} \quad \text{pH} = 3,5 : [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,5} = 3,16 \cdot 10^{-4}\text{M}$$

Con lo que la relación entre las concentraciones es:

$$\frac{3,16 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} = 0,316$$

Por lo que la concentración de iones  $\text{H}_3\text{O}^+$  disminuye en una cantidad inferior a 10 veces. La afirmación es **incorrecta**.

b) La afirmación es **correcta**, ya que la constante  $K_{a1}$  es la menor de los tres ácidos indicados, y un ácido es tanto más débil cuanto menor sea su constante  $K_a$ .

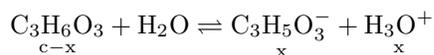
11. a) El ácido láctico ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) es un ácido monoprótico que se encuentra en la leche agria. Cuando se disuelven 1,10 g de ácido láctico en 500 mL de agua destilada se comprueba que el pH de la disolución obtenida es de 2,70. Calcula el valor de su constante de acidez. b) ¿Qué volumen de una disolución de NaOH 0,2 M se necesita para neutralizar 25 mL de una disolución de ácido láctico 0,1 M? c) En la ficha de seguridad química del ácido láctico se indica que se trata de un compuesto corrosivo y que puede causar daños en la piel en caso de contacto. ¿Corresponden estas características del ácido láctico con el siguiente pictograma? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

a) La concentración inicial de la disolución de ácido láctico es:

$$c = \frac{1,10}{\frac{90}{0,5}} = 0,024\text{M}$$

El equilibrio de ionización es el siguiente:



Sabiendo que el pH es de 2,70; tendremos:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 10^{-2,70} = 2 \cdot 10^{-3}\text{M}$$

La constante de acidez es:

$$K_a = \frac{[\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3]} = \frac{(2 \cdot 10^{-3})^2}{0,024 - 2 \cdot 10^{-3}} = 1,82 \cdot 10^{-4}$$

b) La reacción se produce mol a mol, por lo que podemos escribir:

$$V \cdot 0,2 = 25 \cdot 0,1 \quad V = 12,5\text{mL}$$

c) Este pictograma **no corresponde** a las características especificadas del ácido láctico, sino que corresponde a las de un producto **dañino para el medio ambiente acuático**.

Vaso de precipitados	A	B	C
pH medido	7,0	1,5	4,0

12. En el laboratorio disponemos de tres vasos de precipitados (A, B y C) que contienen 50 mL de soluciones acuosas de la misma concentración, a una temperatura de 25 °C. Uno de los vasos contiene una solución de HCl, otro contiene una disolución de KCl, y el tercero contiene una solución del ácido débil CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOH. Medimos el pH de las tres disoluciones y obtenemos los siguientes resultados:
- a) Identifica el contenido de los vasos A y C, justificando la respuesta. b) Si añadimos 100 mL de agua destilada a cada uno de los vasos y mantenemos la temperatura a 25 °C, ¿aumentará, disminuirá o se mantendrá el pH de los vasos A y B? Explica de forma razonada la respuesta.

**Respuesta:**

a) El **vaso A** contiene la disolución de **KCl** que, al tratarse de una sal de ácido y base fuertes, tiene un pH neutro. La **disolución C** es la del **ácido propanoico**, más débil que el HCl y, por tanto de mayor pH a igualdad de concentración.

b) **El pH del vaso A no cambia**, al tratarse de una disolución neutra. Por el contrario, el **pH de la disolución B aumentará**, debido al descenso en la concentración del ácido.

13. a) En un laboratorio se han preparado dos disoluciones por separado de CH<sub>3</sub>COOH y CH<sub>3</sub>COONa. Sin hacer ningún cálculo numérico, indica de forma razonada si estas disoluciones son ácidas, básicas o neutras. Datos: K<sub>a</sub>(CH<sub>3</sub>COOH) = 1,8 · 10<sup>-5</sup> b) ¿Qué cantidad (en gramos) de Mg(OH)<sub>2</sub> se ha de utilizar para neutralizar completamente 100,0 mL de una disolución 0,5 M de HCl? c) Indica el material de laboratorio necesario para llevar a cabo una valoración ácido-base.

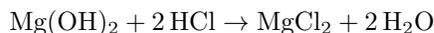
**Respuesta:**

a) La disolución de CH<sub>3</sub>-COOH es **ácida**, al tratarse de un ácido débil. La disolución de CH<sub>3</sub>-COONa es una disolución de ácido débil y base fuerte, por lo que el ion CH<sub>3</sub>-COO<sup>-</sup> experimentará el siguiente proceso de hidrólisis:



Por tanto, la disolución es **básica**.

b) La reacción es la siguiente:



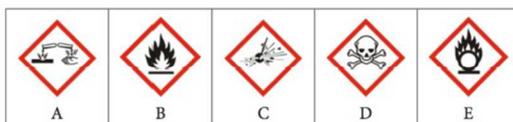
Por tanto, 1 mol de Mg(OH)<sub>2</sub> reaccionará con 2 moles de HCl, por lo que podremos escribir:

$$\frac{(24,3 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1) \text{ g Mg}(\text{OH})_2}{2, \text{ mol HCl}} = \frac{x \text{ g Mg}(\text{OH})_2}{0,10 \cdot 0,5, \text{ mol HCl}} \quad x = 1,46 \text{ g Mg}(\text{OH})_2$$

14. El ácido fluorhídrico (HF) es una sustancia tóxica y corrosiva. La constante de acidez de este ácido, a 25 °C, es 6,6 · 10<sup>-4</sup>. a) ¿Qué volumen de HF comercial, del 40 % en masa y densidad 1,15 g/mL, se necesita para preparar 500 mL de una disolución de HF 0,5 M? b) ¿Cuál es el pH de una disolución de HF 0,5 M a 25 °C? c) Indica los dos pictogramas de la figura siguiente (A-E) que deben aparecer en la etiqueta de una botella de ácido fluorhídrico. Justifica la respuesta. **Respuesta:**

a) la concentración será:

$$0,5 = \frac{\text{mg HF}}{\frac{20 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ HF}}{0,5}} \quad m = 5 \text{ g HF}$$



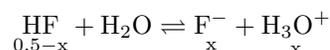
Puesto que se parte de un ácido comercial:

$$m_{a.c.} = 5 \frac{100}{40} = 12,5 \text{ g}$$

Y su volumen será:

$$V = \frac{m}{d} = \frac{12,5}{1,15} = 10,87 \text{ mL}$$

b) El equilibrio de ionización será:



Aplicando la constante  $K_a$ :

$$6,6 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,5-x} \quad x = 0,018$$

Siendo el pH:

$$\text{pH} = -\log x = -\log 0,018 = 1,74$$

c) Los pictogramas correspondientes serán: **D (tóxico)** y **A (corrosivo)**.

15. La disolución acuosa del gas cloruro de hidrógeno (HCl) da como resultado un ácido fuerte, el ácido clorhídrico, que se disocia totalmente. Este compuesto se utiliza en numerosos procesos químicos. a) ¿Cuál es el pH de 100 mL de una disolución acuosa de HCl 0,2 M? b) Dentro de un matraz aforado vacío de 500 mL de capacidad, ponemos 100 mL de la disolución anterior de HCl y enrasamos con agua destilada hasta obtener un volumen final de 500 mL. ¿Cuál será el pH de la nueva disolución? c) Describe el procedimiento que debe seguirse para preparar 100 mL de una disolución de HCl 0,05 M a partir de la disolución del apartado a). Realiza los cálculos numéricos necesarios.

**Respuesta:**

a) Al encontrarse totalmente disociado, la concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  será la misma que la del ácido, por lo que el pH será:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log 0,2 = 0,70$$

b) La nueva concentración del ácido será:

$$c' = \frac{0,2 \cdot 100}{500} = 0,04 \text{ M}$$

El pH será ahora:  $\text{pH} = -\log 0,04 = 1,40$ . c) Para preparar 100 mL de una disolución 0,05 M, el número de moles de ácido necesario es:

$$n = 0,1 \cdot 0,05 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Puesto que partimos de una disolución 0,2 M, el volumen de ésta que deberemos tomar, se calcula a partir de:

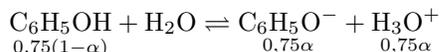
$$5 \cdot 10^{-3} = 0,2 \cdot V \quad V = 0,025 \text{ L}$$

Para preparar la disolución 0,05 M, tomamos con una pipeta 25 mL de la disolución 0,2 M y la vertemos en un matraz aforado de 100 mL. Por último, enrasamos con agua destilada hasta 100 mL.

16. El fenol ( $C_6H_5OH$ ) es un ácido monoprótico muy débil. Una disolución acuosa 0,75 M de este compuesto presenta un  $pH = 5,0$ . Calcula: a) El grado de disociación de la disolución de  $C_6H_5OH$  0,75 M. b) El valor de la constante de acidez ( $K_a$ ) del fenol. c) Dentro de un recipiente vacío se mezclan 100 mL de la disolución de fenol 0,75 M con 100 mL de una disolución de  $NaOH$  0,75 M. Considerando que los volúmenes son aditivos, ¿se puede afirmar que el  $pH$  de la mezcla resultante será neutro? Justifica la respuesta.

**Respuesta:**

- a) El equilibrio se puede representar de la forma:



$$5 = -\log [H_3O^+] = -\log 0,75\alpha \quad \alpha = 1,33 \cdot 10^{-5}$$

- b) La constante de acidez es:

$$K_a = \frac{[C_6H_5O^-][H_3O^+]}{[C_6H_5OH]} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha} = 1,33 \cdot 10^{-10}$$

- c) La mezcla resultante **no es neutra**, pues el ion  $C_6H_5O^-$  tiene carácter básico, experimentando el siguiente proceso de hidrólisis:

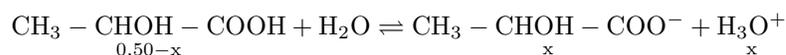


Por lo que la disolución tiene **carácter básico**.

17. El ácido láctico ( $CH_3-CHOH-COOH$ ) es un compuesto orgánico sólido y de color blanco que se obtiene por síntesis química o por fermentación microbiana de diferentes carbohidratos. En solución acuosa actúa como un ácido monoprótico débil ya que su molécula contiene un único grupo funcional carboxilo ( $-COOH$ ). a) Sabiendo que el valor de la constante de acidez ( $K_a$ ) del ácido láctico (a 25 °C) es de  $1,41 \cdot 10^{-4}$ ; calcula el  $pH$  de una disolución de ácido láctico 0,50 M. b) En el laboratorio tenemos otra solución de ácido láctico de concentración desconocida. Para determinar su concentración, se valoran 25,0 mL utilizando una disolución acuosa de una base fuerte de concentración conocida. Indica cuáles de los materiales de la lista siguiente son necesarios para realizar esta valoración en el laboratorio, y explica cuál es su respectiva función en el proceso de valoración: - balanza - matraz Erlenmeyer - bureta - pila - calorímetro - puente salino - espátula - voltímetro.

**Respuesta:**

- a) El equilibrio de ionización será el siguiente:



$$1,41 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,50-x} \quad x = 8,32 \cdot 10^{-3}$$

$$pH = -\log 8,32 \cdot 10^{-3} = 2,08$$

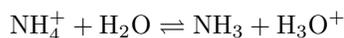
- b) Se necesitan: **matraz Erlenmeyer**, para depositar la muestra de ácido a valorar, y **bureta**, donde colocamos la disolución de la base,
18. Indica de manera razonada si las afirmaciones siguientes son verdaderas o falsas: a) El grado de disociación de un ácido débil aumenta cuando añadimos  $OH^-$  (ac) a la disolución. b) El  $pH$  de una disolución acuosa de ácido nítrico ( $HNO_3$ ) es superior al de una disolución de la misma concentración de ácido clorhídrico ( $HCl$ ). c) El pictograma siguiente, que aparece en una botella de ácido clorhídrico ( $HCl$ ) concentrado, nos indica que se trata de una sustancia peligrosa para el medio acuático. d) Una disolución acuosa de cloruro amónico ( $NH_4Cl$ ) presenta un  $pH$  superior a 7.



Datos:  $K_b(\text{NH}_3)$  a  $25\text{ }^\circ\text{C} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

**Respuesta:**

- a) La afirmación es **verdadera**: la adición de  $\text{OH}^-$  provoca la disminución de  $\text{H}_3\text{O}^+$  y, por tanto, el desplazamiento del equilibrio hacia la derecha, donde aparece esta especie.
- b) La afirmación es **incorrecta**. Tendrán el mismo valor de pH pues ambos son ácidos fuertes.
- c) La afirmación es **incorrecta**. Se trata del pictograma que indica que la sustancia es tóxica o irritante.
- d) La afirmación es **incorrecta**. El catión  $\text{NH}_4^+$  experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



Con lo que el pH será menor que 7.

19. El ácido láctico ( $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$ ) es un compuesto orgánico sólido y de color blanco que puede ser obtenido por síntesis química o por fermentación microbiana de diferentes carbohidratos. En solución acuosa actúa como un ácido monoprótico débil porque su molécula contiene un único grupo funcional carboxílico ( $-\text{COOH}$ ). a) Calcula el pH, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , de una solución acuosa de ácido láctico  $0,50\text{ M}$ , sabiendo que la constante de acidez ( $K_a$ ) del ácido láctico, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , es igual a  $1,41 \times 10^{-4}$ . b) En el laboratorio, disponemos de otra disolución acuosa de ácido láctico de concentración desconocida. Para determinar su concentración, valoramos  $20,0\text{ mL}$  utilizando una disolución acuosa de una base fuerte de concentración conocida que teníamos preparada. Indica que material de la siguiente lista se necesita para llevar a cabo esta valoración en el laboratorio, y explique el procedimiento que seguiría. - Pila - Matraz aforado - Pipeta - Termómetro - Puente salino - Balanza - Bureta - Voltímetro - Erlenmeyer - Calorímetro.

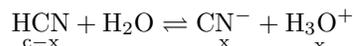
**Respuesta:**

Ver problema **17** de esta sección.

20. La industria química produce gran cantidad de ácido cianhídrico ( $\text{HCN}$ ) por todo el mundo. Se utiliza para fabricar explosivos, fibras sintéticas, plásticos, pesticidas, etc. Una disolución acuosa de este compuesto, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , presenta un  $\text{pH} = 4,3$ . Calcule: a) La concentración, en mol/L, de esta disolución. b) El grado de disociación del ácido cianhídrico. c) Sin necesidad de realizar cálculos numéricos, explica si una disolución de  $\text{NaCN}$  presentará un pH ácido, básico o neutro. Datos: constante de acidez del ácido cianhídrico a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $K_a = 6,2 \times 10^{-10}$ .

**Respuesta:**

- a) El equilibrio de ionización se puede representar de la siguiente forma:



Del enunciado se desprende que  $x = 10^{-4,3} = 5,01 \cdot 10^{-5}$ . Aplicando la constante de acidez:

$$6,2 \cdot 10^{-10} = \frac{[\text{CN}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCN}]} = \frac{x^2}{c-x} = \frac{(5,01 \cdot 10^{-5})^2}{c-x} \simeq \frac{(5,01 \cdot 10^{-5})^2}{c} \quad c = 0,25\text{ M}$$

- b) El grado de disociación es:

$$\alpha = \frac{5,01 \cdot 10^{-5}}{0,25} \cdot 100 = 0,02\%$$



## 7. OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN.

1. Se construye una pila galvánica formada por un electrodo de Ag(s) sumergido en una disolución de AgNO<sub>3</sub>, y un electrodo de Pb(s) sumergido en una disolución de Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. a) Indica la reacción que tendrá lugar en el ánodo. b) Determina el potencial de la pila. c) Además de los electrodos Ag(s) / AgNO<sub>3</sub> (aq) , y Pb(s) / Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (aq) y de un voltímetro, ¿qué otros elementos son necesarios para el montaje de la pila galvánica? Indica su función. Datos: E<sup>0</sup> (Ag<sup>+</sup> / Ag) = 0,80 V; E<sup>0</sup> (Pb<sup>2+</sup> / Pb) = -0,13 V

### Respuesta:

a) De los potenciales normales de los electrodos se deduce que el ion Ag<sup>+</sup> actúa como oxidante y el Pb como reductor. Dado que en el ánodo se produce la reacción de oxidación, esta será:

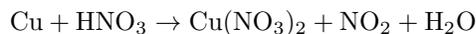


b) El potencial de la pila será:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 0,80 - (-0,13) = 0,93 \text{ V}$$

c) Además de los elementos indicados, se precisa de un **punto salino**, que puede construirse introduciendo en un tubo en U una disolución de un electrolito fuerte relativamente inerte, por ejemplo, el KNO<sub>3</sub>. Dicho puente se coloca entre los dos electrodos para cerrar el circuito eléctrico, desplazándose el ion K<sup>+</sup> hacia uno de los electrodos y el ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> hacia el otro.

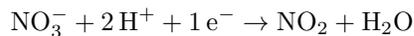
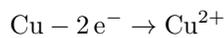
2. Dada la siguiente reacción no ajustada:



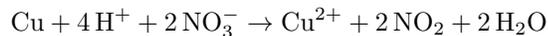
a) Ajusta la reacción por el método del ion-electrón. b) Indica qué especie química actúa como oxidante. Razona la respuesta.

### Respuesta:

a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando por 2 la segunda semirreacción, y sumándole la primera, tendremos:



En forma molecular:



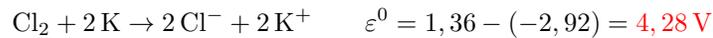
b) **El HNO<sub>3</sub> actúa como oxidante**, al disminuir el estado de oxidación del N, desde + 5 hasta + 4.

3. Dados los siguientes potenciales de reducción:  $\varepsilon^0(\text{Na}^+/\text{Na}) = -2,71 \text{ V}$  ;  $\varepsilon^0(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = +1,36 \text{ V}$  ;  $\varepsilon^0(\text{K}^+/\text{K}) = -2,92 \text{ V}$  ;  $\varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ , contesta razonadamente a las siguientes preguntas: a) ¿Qué combinación de electrodos permitirá construir una pila de mayor potencial? Indica su valor y la reacción redox ajustada que tiene lugar. b) Si se introduce una barra de cobre en una disolución de NaCl, ¿se producirá algún proceso redox? c) Defina el proceso de electrolisis.

### Respuesta:

a) La formada por los elementos que tengan mayor y menor potencial de reducción, en este caso, la

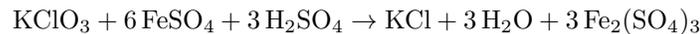
pila formada por los electrodos  $K^+/K$  (ánodo : oxidación) y  $K^+/K$  (cátodo: reducción). La reacción que se producirá es:



b) **No se producirá ningún proceso redox**, pues el Cu no puede reducir al  $Na^+$  a Na al ser negativo el potencial de la pila formada por los electrodos  $Na^+/Na$  y  $Cu^{2+}/Cu$  ( $\varepsilon^0 = -2,71 - 0,34$ )

c) La electrolisis es el procedimiento que permite, por aplicación de una corriente eléctrica, producir una reacción redox no espontánea.

4. El clorato de potasio reacciona con el sulfato de hierro (II) en medio ácido según la siguiente reacción ajustada::



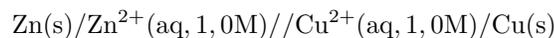
a) Indica el número de oxidación del cloro en las especies  $KClO_3$  y  $KCl$ . b) ¿Cuál es la especie reductora? ¿Y la especie oxidante? Razona la respuesta. c) Determina el volumen de sulfato de hierro(II) 1,0 M necesario para reaccionar con 1 g de muestra que contiene un 80 % de  $KClO_3$ .

**Respuesta:**

- a) El número de oxidación del Cl en la especie  $KClO_3$  es **+ 5**, mientras que en la especie  $KCl$  es **- 1**.  
 b) **El  $KClO_3$  actúa como oxidante**, pues se reduce a  $KCl$ . **El  $FeSO_4$  actúa como reductor**, pues se oxida a  $Fe_2(SO_4)_3$ .  
 c) La masa efectiva de  $KClO_3$  será:  $m = 1 \cdot 0,8 = 0,8$  g. A partir de la ecuación ajustada, podemos establecer la siguiente relación:

$$\frac{(39,1 + 35,5 + 16 \cdot 3) \text{ g } KClO_3}{6 \text{ mol } FeSO_4} = \frac{0,8 \text{ g } KClO_3}{1,0 \text{ V mol } FeSO_4} \quad \mathbf{V = 0,039 L disolución}$$

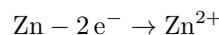
5. La notación convencional de la pila Daniell es la siguiente:



a) Escribe la semirreacción que tiene lugar en el ánodo. b) La FEM estándar de la pila Daniell es de + 1,10 V. Sabiendo que el potencial estándar de reducción del  $Cu^{2+}/Cu(s)$  es de + 0,34 V, ¿cuál es el potencial estándar de reducción del  $Zn^{2+}/Zn(s)$ ? c) Si se cambiase el electrodo de  $Zn^{2+}/Zn$  por uno de  $Pb^{2+}/Pb$ , aumentaría o disminuiría la FEM de la pila? Razona la respuesta. d) Explica qué función tiene un puente salino en una celda galvánica. Datos:  $E^0 [Pb^{2+}/Pb] = -0,13$  V

**Respuesta:**

- a) En el ánodo se produce la reacción del Zn:



- b) La fuerza electromotriz de la pila es:

$$\varepsilon_{pila}^0 = \varepsilon_{cátodo}^0 - \varepsilon_{ánodo}^0 = 1,10 \text{ V} \quad 1,10 = 0,34 - \varepsilon_{ánodo}^0 \quad \mathbf{\varepsilon_{ánodo}^0 = -0,76 \text{ V}}$$

c) Al cambiar el electrodo de Zn por uno de plomo (que seguiría actuando como ánodo, al ser su potencial menor que el del electrodo de Cu), la f.e.m. sería:

$$\varepsilon_{pila}^0 = \varepsilon_{cátodo}^0 - \varepsilon_{ánodo}^0 = 0,34 - (-0,13) = \mathbf{0,47 \text{ V}}$$

Con lo que el potencial de la pila disminuiría.

d) El puente salino **sirve para cerrar el circuito eléctrico** entre las celdas, actuando como un interruptor abierto, a la vez que **mantiene la neutralidad eléctrica** en cada una de ellas.

6. Un diodo emisor de luz (LED) es un dispositivo semiconductor que emite luz cuando se le aplica un determinado voltaje. La tecnología LED está muy extendida actualmente en iluminación, en medicina y en la industria de automoción. Unos alumnos de Química quieren construir una pila formada por electrodos de plata y plomo para iluminar un LED rojo que requiere un voltaje aproximado de 1,4-1,7 voltios. Responde justificadamente a las preguntas siguientes: a) ¿Se puede afirmar que este montaje permitirá el correcto funcionamiento del LED rojo? b) En caso negativo, ¿qué combinación de los electrodos indicados en la tabla utilizarías para que el LED pueda emitir luz roja? Indica la reacción redox global ajustada que tendría lugar .

Reacción	$\varepsilon^0 (V)$
$Ag^+ + 1 e^- \rightarrow Ag$	+0,80
$Cu^{2+} + 2 e^- \rightarrow Cu$	+ 0,34
$Pb^{2+} + 2 e^- \rightarrow Pb$	- 0,13
$Zn^{2+} + 2 e^- \rightarrow Zn$	- 0,76

**Respuesta:**

- a) El potencial de la pila  $Pb|Pb^{2+}||Cu^{2+}|Cu$  tiene un potencial:  $\varepsilon^0 = 0,80 - (-0,13) = 0,93 < 1,4 V$ , La pila **no permite en funcionamiento** del LED rojo.  
 b) La combinación de electrodos que hace posible el funcionamiento del LED es  **$Zn^{2+}/Zn$  y  $Cu^{2+}/Cu$** , cuyo potencial sería:  $\varepsilon^0 = 0,80 - (-0,76) = 1,56 > 1,4 V$

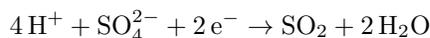
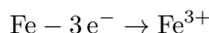
7. El Fe reacciona con el  $H_2SO_4$  según la siguiente reacción no ajustada:



- a) Escribe y ajusta la reacción iónica y molecular por el método del ion-electrón. b) ¿Cuál es la especie oxidante? Justifica la respuesta. c) Indica un procedimiento para prevenir la corrosión del hierro por la acción del medio ambiente.

**Respuesta:**

- a) Las semirreacciones son las siguientes:



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



En forma molecular:



- b) la especie oxidante es la que experimenta el proceso de reducción, esto es, el  $SO_4^{2-}$ .

c) Un procedimiento podría ser el **galvanizado, es decir, el recubrimiento de hierro con una fina capa de Zn**, puesto que éste reacciona con el oxígeno del aire, produciendo un óxido estable que protege al Fe.

8. Hasta los años setenta, era muy habitual utilizar tuberías de plomo en los hogares y en la toma de agua de las instalaciones públicas para llevarlas a los aquellos. A partir de los años ochenta, las tuberías de cobre reemplazaron a las de plomo en la mayoría de viviendas. Un estudiante de Química quiere eliminar obstrucciones de cal en una tubería de cobre utilizando ácido nítrico ( $HNO_3$ ). Responde de forma razonada a las siguientes preguntas: a) ¿Se puede utilizar ácido nítrico para eliminar la obstrucción de cal sin oxidar la tubería de cobre? Datos:  $E^0[HNO_3/NO_2] = + 0,80 V$ ,  $E^0[Cu^{2+}/Cu] = + 0,34 V$ . b) El NaOH también se utiliza en los hogares como producto de limpieza. ¿Cuál es su utilidad?

**Respuesta:**

a) Para la reacción  $\text{Cu} + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{NO}_2$  el potencial sería:  $\varepsilon^0 = 0,80 - 0,34 = +0,46 \text{ V}$ , por lo que **el ácido nítrico oxidaría al cobre**, no pudiéndose, por tanto, utilizar este ácido.

b) El NaOH se utiliza en el hogar, fundamentalmente como **desatascador de tuberías**, pues puede descomponer la materia orgánica.

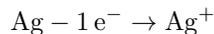
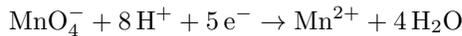
9. El  $\text{KMnO}_4$  reacciona con la plata metálica según la siguiente reacción no ajustada:



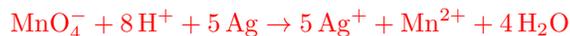
a) Escribe y ajusta las reacciones iónica y molecular por el método del ion-electrón. b) ¿Cuál es la especie reductora? Justifica la respuesta. c) Calcula el volumen de una disolución de  $\text{KMnO}_4$  0,20 M que reaccionará con 6,0 g de plata.

**Respuesta:**

a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la segunda semirreacción por 5, y sumando miembro a miembro a la primera, tendremos:



En forma molecular:

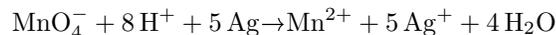


b) La especie reductora es la que experimenta la oxidación, es decir la **plata**.

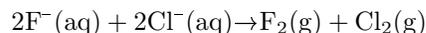
c) A partir de la igualdad:

$$\frac{1 \text{ mol KMnO}_4}{V \cdot 0,2 \text{ mol KMnO}_4} = \frac{5 \cdot 107,9 \text{ g Ag}}{6,0 \text{ g Ag}} \quad V = 0,056 \text{ L}$$

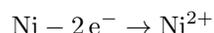
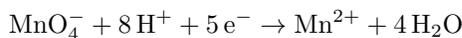
10. Dada la siguiente reacción sin ajustar:



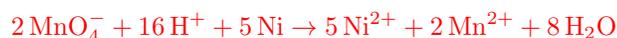
a) Ajusta la reacción iónica por el método del ion-electrón. b) Determina el porcentaje en níquel de una muestra que tiene impurezas inertes si 10 g de la muestra reaccionan completamente con 50 mL de una disolución ácida de  $\text{KMnO}_4$  1,2 M. c) Justifica por qué la siguiente reacción no puede producirse:

**Respuesta:**

a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por 2, la segunda por 5, y sumando miembro a miembro, tendremos:



b) A partir de la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ mol KMnO}_4}{0,05 \cdot 1,2 \text{ mol KMnO}_4} = \frac{5 \cdot 58,7 \text{ g Ni}}{x \text{ g Ni}} \quad x = 8,81 \text{ g Ni}$$

El porcentaje de níquel será:

$$\% \text{ Ni} = \frac{8,81}{10} 100 = 88,1$$

c) La reacción es imposible pues se producirían dos semirreacciones de oxidación ( $\text{F}^-$  a  $\text{F}_2$  y  $\text{Cl}^-$  a  $\text{Cl}_2$ ) y ninguna de reducción.

11. Indica, razonadamente, si son ciertas las afirmaciones siguientes: a) En una celda galvánica espontánea, los electrones circulan por el puente salino. b) En una celda galvánica espontánea, el ánodo es el electrodo donde se produce la reacción de oxidación. c) En disolución acuosa y a  $25^\circ\text{C}$ , los iones  $\text{Pb}^{2+}$  se reducen espontáneamente a Pb en presencia de Zn(s). d) El  $\text{Pb}^{2+}$  es más oxidante que el  $\text{Fe}^{3+}$ . Datos:  $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = +0,77 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0,13 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$

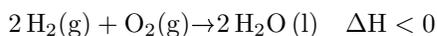
**Respuesta:**

- a) La afirmación es **incorrecta**. Por el puente salino se desplazan iones positivos y negativos.  
 b) La afirmación es **correcta**.  
 c) La afirmación es **correcta**. El potencial para esta reacción sería:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = -0,13 - (-0,76) = +0,63 \text{ V}$$

d) La afirmación es **incorrecta**. Un mayor carácter oxidante está asociado a un mayor potencial de reducción, por lo que el  $\text{Fe}^{3+}$  es más oxidante que el  $\text{Pb}^{2+}$

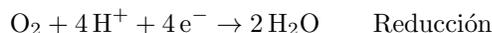
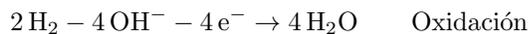
12. a) Teniendo en cuenta la escasez y el elevado precio de los derivados del petróleo, se piensa en el dihidrógeno como un combustible que podría sustituirlos. El dihidrógeno reacciona con el oxígeno y produce energía por medio del siguiente proceso:



i) Justifica que se trata de una reacción de oxidación-reducción. ii) Explica, de forma razonada, si esta reacción química es espontánea a temperaturas bajas. b) Nombra los compuestos:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$  y  $\text{KCl}$ .

**Respuesta:**

- i) El estado de oxidación del hidrógeno pasa de 0 a +1, mientras el del oxígeno pasa de 0 a -2:



ii) Al ser una reacción exotérmica, y ser negativo el incremento de entropía, ya que el grado de desorden del sistema disminuye, las temperaturas bajas **no favorecerían** la espontaneidad de la reacción.

- b) Los productos son **ácido propanoico** y **cloruro de potasio**, respectivamente,

13. Se construye una pila galvánica formada por un electrodo de Ag sumergido en una disolución de  $\text{AgNO}_3$ , un electrodo de Pb sumergido en una disolución de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , un puente salino y un voltímetro. a) Calcula el potencial de la pila. b) Escribe las reacciones redox que tendrán lugar en el ánodo y el cátodo. c) ¿Es posible afirmar que si se introduce una barra de aluminio en una disolución de  $\text{AgNO}_3$ , la barra se recubrirá de plata? Razona la respuesta. Datos:  $E^0[\text{Ag}^+/\text{Ag}] = +0,799 \text{ V}$ ;  $E^0[\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}] = -0,130 \text{ V}$ ;  $E^0[\text{Al}^{3+}/\text{Al}] = -1,660 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

a) El potencial de la pila es el siguiente:

$$\varepsilon_{\text{pila}} = \varepsilon_{\text{cátodo}} - \varepsilon_{\text{ánodo}} = 0,799 - (-0,130) = 0,931 \text{ V}$$

b) Las reacciones son las siguientes:



c) Para que esto suceda el ion  $\text{Ag}^+$  debería reducirse y el Al oxidarse a  $\text{Al}^{3+}$ . El potencial de la pila sería:

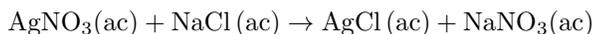
$$\varepsilon_{\text{pila}} = \varepsilon_{\text{cátodo}} - \varepsilon_{\text{ánodo}} = 0,799 - (-1,660) = 2,459 \text{ V}$$

Al ser positivo el potencial, la barra se aluminio **se recubrirá** de plata.

14. La siguiente reacción química ajustada corresponde a un proceso redox:

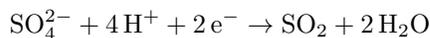
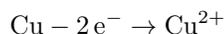


a) Identifica la especie oxidante. Justifica la respuesta. b) Calcula el volumen de  $\text{SO}_2$  (g) que se obtendrá al hacer reaccionar 12,71 g de Cu (s) con un exceso de ácido sulfúrico, a 27 °C de temperatura y a una presión de 750 mm Hg. c) Indica de forma razonada si la reacción siguiente corresponde a un proceso redox.

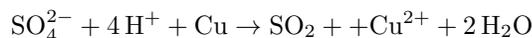
**Respuesta:**

a) La especie oxidante es el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (concretamente, el ion  $\text{SO}_4^{2-}$ , que se reduce a  $\text{SO}_2$ ). El Cu actúa como reductor, al oxidarse a  $\text{Cu}^{2+}$

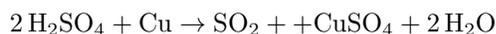
b) Las semirreacciones de oxidación y de reducción son las siguientes:



Sumando miembro a miembro:



En forma molecular:



A partir de la ecuación ajustada, podemos escribir:

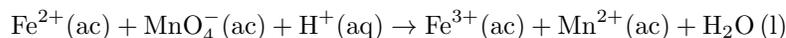
$$\frac{63,546 \text{ g Cu}}{1 \text{ mol SO}_2} = \frac{12,71 \text{ g Cu}}{x \text{ mol SO}_2} \quad x = 0,20 \text{ mol SO}_2$$

Aplicando la ecuación de los gases:

$$\frac{750}{760} \text{ V} = 0,20 \cdot 0,082 \cdot 300 \quad \text{V} = 4,99 \text{ L SO}_2$$

c) La reacción  $\text{AgNO}_3(\text{ac}) + \text{NaCl (ac)} \rightarrow \text{AgCl (ac)} + \text{NaNO}_3(\text{ac})$  **no es un proceso redox**, al no variar el estado de oxidación de ninguno de los elementos.

15. Para determinar de forma cuantitativa el contenido de hierro que contiene una muestra, se disuelve ésta en ácido y se lleva a cabo la valoración del ion  $\text{Fe}^{2+}$  mediante una solución de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) de concentración conocida. La reacción de valoración que tiene lugar es la siguiente:



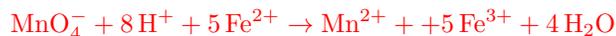
- a) Ajusta la reacción iónica utilizando el método del ion-electrón. b) Indica, de forma razonada, cuál de los reactivos actúa como reductor. c) ¿Es espontánea la reacción anterior en condiciones estándar? Justifica la respuesta. Datos: potenciales estándar de reducción:  $E^0(\text{MnO}_4^{-}/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

- a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando por 5 la primera semirreacción y sumando a la segunda, tendremos:



- b) El ion  $\text{Fe}^{2+}$  actúa como **reductor**, al oxidarse a  $\text{Fe}^{3+}$ , mientras que el ion  $\text{MnO}_4^{-}$  actúa como **oxidante**, reduciéndose a  $\text{Mn}^{2+}$ .

- c) El potencial para esta reacción sería:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 1,51 - 0,77 = +0,74 \text{ V}$$

La reacción es, por tanto, **espontánea**.

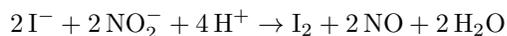
16. La reacción química siguiente, que tiene lugar en medio ácido, corresponde a un proceso redox:  $\text{KI}(\text{ac}) + \text{KNO}_2(\text{ac}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{ac}) \rightarrow \text{I}_2(\text{ac}) + \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{K}_2\text{SO}_4(\text{ac})$  a) Ajusta la reacción iónica y molecular por el método del ion-electrón. b) Calcula el volumen de  $\text{NO}(\text{g})$  que se genera cuando, en un medio ácido, reaccionan 2 moles de  $\text{KI}(\text{ac})$  con un exceso de  $\text{KNO}_2(\text{ac})$ , medido a 1 atm y 25 °C.

**Respuesta:**

- a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando por 2 la segunda semirreacción y sumándole algebraicamente la primera:



En forma molecular:



- b) A partir de la reacción ajustada, podemos comprobar que a partir de 2 mol de  $\text{KI}$  se obtienen 2 moles de  $\text{NO}$ . Aplicando la ecuación de los gases, tendremos:

$$1 \cdot V = 2 \cdot 0,082 \cdot 298 \quad V = 48,87 \text{ L NO}$$

17. Se construye una pila galvánica formada por un electrodo de Ag sumergido en una disolución de  $\text{AgNO}_3$ , un electrodo de Zn sumergido en una disolución de  $\text{ZnSO}_4$ , un puente salino y un voltímetro. a) Escribe las reacciones que tienen lugar en el ánodo y en el cátodo de la pila. b) Calcula el potencial de la pila. c) Explica cuál es la función del puente salino en la pila galvánica. Datos:  $E^0 [\text{Ag}^+/\text{Ag}] = + 0,799 \text{ V}$ ;  $E^0 [\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}] = - 0,763 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

- a) En el ánodo se produce la oxidación del Zn:



Mientras que en cátodo tiene lugar la reducción del ion  $\text{Ag}^+$ :



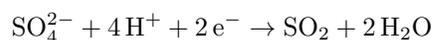
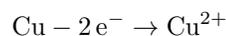
El potencial de la pila es:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}} - \varepsilon_{\text{ánodo}} = 0,799 - (-0,763) = 1,562 \text{ V}$$

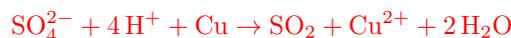
- c) La función del puente salino es la de cerrar el circuito, permitiendo el paso de iones positivos hacia el cátodo, y de iones negativos hacia el ánodo.
18. El sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) se utilizó durante muchos años como aditivo para la eliminación de algas en piscinas. Este compuesto se puede preparar tratando cobre metálico con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) según la siguiente reacción química no ajustada:  $\text{Cu} (\text{s}) + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{ac}) \rightarrow \text{CuSO}_4 (\text{ac}) + \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$  a) Ajusta las reacciones iónica y molecular por el método del ion-electrón. b) Calcula el volumen (en mL) de ácido sulfúrico, de densidad 1,98 Kg/L y riqueza del del 95 % (en peso), necesario para reaccionar con 10 g de cobre metálico.

**Respuesta:**

- a) Las semirreacciones son las siguientes:



Sumando ambas semirreacciones:



En forma molecular:



- b) A partir de la reacción ajustada:

$$\frac{298 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{63,546 \text{ g Cu}} = \frac{x \text{ g H}_2\text{SO}_4}{10 \text{ g Cu}} \quad x = 30,84 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ puro}$$

La masa de ácido sulfúrico comercial que se precisa es:

$$m = 30,84 \frac{100}{95} = 32,46 \text{ g}$$

Y el volumen:

$$V = \frac{32,46}{1,98} = 16,40 \text{ mL}$$

Semirreacciones	$\varepsilon^0$ (V)
$\text{Au}^+(\text{ac}) + 1 \text{e}^- \rightarrow \text{Au}$	1,69
$\text{Pb}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Sn}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Sn}$	-0,14
$\text{Cd}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Zn}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76

19. Considerando las siguientes especies químicas en condiciones estándar: Au (s), Pb (s), Sn (s), Cd (s), Zn (s),  $\text{Au}^+$  (ac),  $\text{Pb}^{2+}$  (ac),  $\text{Sn}^{2+}$  (ac),  $\text{Cd}^{2+}$  (ac),  $\text{Zn}^{2+}$  (ac) y los valores de la tabla, contesta a las siguientes preguntas, justificando todas las respuestas

a) ¿Cuál es la especie química que presenta mayor poder reductor? b) ¿Cuál es la especie con mayor poder oxidante? c) ¿Cuáles de las especies químicas consideradas tienen capacidad para reducir al  $\text{Sn}^{2+}$ ? d) ¿Qué especies químicas combinarías para construir una pila galvánica que presentase un valor máximo de la fuerza electromotriz?

**Respuesta:**

a) La especie química de mayor poder reductor es aquella para la que su potencial de reducción sea menor, es decir, el **Zn**.

b) La especie química de mayor poder oxidante es aquella para la que su potencial de reducción sea mayor, es decir, el  **$\text{Au}^+$** .

c) Reducirán al  $\text{Sn}^{2+}$  aquellas especies que tengan menor potencial de reducción, es decir, el **Cd** y el **Zn**.

d) la pila con mayor fuerza electromotriz será la representada por:  **$\text{Au} \mid \text{Au}^+ \parallel \text{Zn}^{2+} \mid \text{Zn}$** , con un potencial:  $\varepsilon^0 = 1,69 - (-0,76) = 2,45 \text{ V}$

20. a) El premio Nobel de Química del año 2019 fue concedido a los investigadores John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham y Akira Yoshino, por el desarrollo de las baterías de ion litio. Estas baterías se encuentran en dispositivos como teléfonos móviles, ordenadores portátiles y vehículos eléctricos. En concreto, y de forma simplificada, la pila de ion litio está basada en la utilización de litio (Li) y óxido de cobalto (CoO). La reacción global de esta pila se podría representar de la siguiente forma:  $2 \text{Li} + \text{Co}^{2+} \rightarrow 2 \text{Li}^+ + \text{Co}$ . i) Indica, de forma razonada, cuál es la especie que actúa como oxidante en la pila anterior. ii) Calcula la fuerza electromotriz (FEM) de la pila a partir de los siguientes potenciales normales de reducción:  $E^0 (\text{Li}^+/\text{Li}) = -3,05 \text{ V}$ ;  $E^0 (\text{Co}^{2+}/\text{Co}) = -0,28 \text{ V}$  b) Nombra o formula los siguientes compuestos: LiOH y sulfato de cobalto (II).

**Respuesta:**

a) i) Actúa como oxidante la especie que se reduce, es decir, el  **$\text{Co}^{2+}$** .

ii) La fuerza electromotriz de la pila es:

$$\varepsilon_{\text{pila}}^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = -0,28 - (-3,05) = +2,77 \text{ V}$$

b) Los compuestos son: **hidróxido de litio** y  **$\text{CoSO}_4$** .

21. El monóxido de nitrógeno (NO), a pesar ser un compuesto muy inestable, tiene numerosas aplicaciones directas, tanto en medicina como en otros ámbitos de las ciencias de la salud. Este compuesto se puede obtener a partir del ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) y el cobre según la siguiente reacción química no ajustada:  $\text{Cu} (\text{s}) + \text{HNO}_3 (\text{ac}) \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 (\text{ac}) + \text{NO} (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$  a) Ajusta la reacción iónica y molecular utilizando el método del ion electrón. b) Calcula la masa de cobre que se necesita para obtener 0,2 L de NO gaseoso, medidos a una presión de 750 mm Hg y a una temperatura de 20 °C.

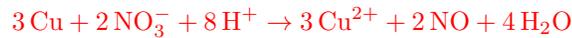
**Respuesta:**

a) Las semirreacciones son las siguientes:

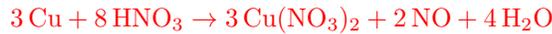




Multiplicando la primera semirreacción por tres, la segunda por dos, y sumando miembro a miembro, tendremos:



En forma molecular:



b) Aplicando la ecuación de los gases ideales, el número de moles de NO que debemos obtener es:

$$\frac{750}{760} \cdot 0,2 = n \cdot 0,082 \cdot 293 \quad n = 8,21 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

A partir de la ecuación ajustada, podemos escribir:

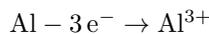
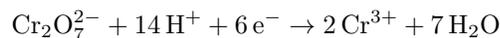
$$\frac{3 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol NO}} = \frac{x \text{ mol Cu}}{8,21 \cdot 10^3 \text{ mol NO}} \quad x = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol Cu}$$

La masa de Cu es:  $m_{\text{Cu}} = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot 65,55 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,808 \text{ g Cu}$

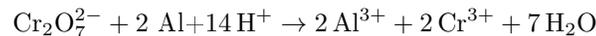
22. Una industria química obtiene aluminio metálico, Al (s), a partir del mineral criolita. Posteriormente, y para protegerlo de la corrosión, la capa superficial de aluminio metálico se transforma en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (s) mediante la siguiente reacción química no ajustada:  $\text{Al} (\text{s}) + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} (\text{ac}) + \text{H}^+ (\text{ac}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s}) + \text{Cr}^{3+} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$  a) Ajuste la reacción iónica por el método del ion-electrón. b) Indique cuál es la especie que actúa como oxidante. Justifique la respuesta. c) Explique, de forma razonada, por qué en la mismas condiciones ambientales es más fácil que se corroa el magnesio que el aluminio. Datos: potenciales estándar de reducción a 25 °C,  $E^0(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1,66 \text{ V}$  y  $E^0(\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}) = -2,37 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando por dos la segunda semirreacción, y sumando la primera:



b) El  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  es la especie oxidante, reduciéndose a  $\text{Cr}^{3+}$ . La especie reductora es el Al, que se oxida a  $\text{Al}^{3+}$ .

Al tener el magnesio un menor potencial de reducción (es más reductor) que el aluminio, tiene una mayor tendencia a oxidarse que éste.

## 8. QUÍMICA ORGÁNICA.

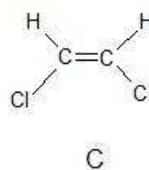
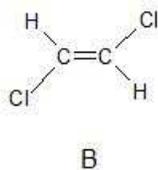
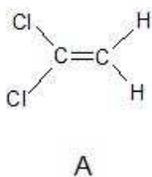
1. a) Formula o nombra los siguientes compuestos 3-metil-2-butanol, y  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  b) En la ficha de seguridad química del  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$  aparece el siguiente pictograma: Cu



Indica su significado.

**Respuesta:**

- a) 3-metil-2-butanol:  $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$ .  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ : **etanoato de metilo (acetato de metilo)**
- b) El pictograma indica que se trata de una **sustancia inflamable**.
2. a) Sean los siguientes compuestos:  $\text{CH}_4$  y  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . ¿qué compuesto es soluble en agua? Razona la respuesta. b) Formula y nombra un isómero del 1-propanol.
- a) Es soluble en agua el  **$\text{CH}_3\text{Cl}$** , al tratarse de un compuesto polar.
- b)  **$\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$  (2-propanol)**
3. En la siguiente figura se muestran tres isómeros de fórmula molecular  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ . Responde razonadamente a las preguntas siguientes: a) Indica el tipo de isomería que presentan las estructuras A y B. b) Indica el tipo de isomería que presentan las estructuras B y C. c) Indica cuál es la hibridación de orbitales atómicos que presentan los átomos de carbono en la estructura C.



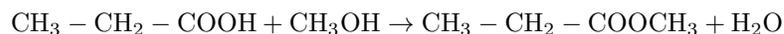
**Respuesta:**

- a) Los isómeros A y B son isómeros **de cadena**.
- b) Las estructuras B y C presentan **isomería geométrica (cis-trans)**
- c) Los átomos de carbono presentan una hibridación de tipo  **$sp^2$** , formándose entre los dos carbonos un enlace de tipo  $\sigma$ , entre híbridos  $sp^2$ , y un enlace de tipo  $\pi$  entre orbitales p.
4. Dada la siguiente reacción de adición de  $\text{Br}_2$  a un alqueno:  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_2\text{Br}$
- a) Nombra los compuestos  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$  y  $\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_2\text{Br}$ . b) En general, ¿se puede afirmar que si aumentamos la concentración de los reactivos disminuirá la velocidad de reacción? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) El  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$  es el **propeno**, y el  $\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH}_2\text{Br}$ , el **1,2-dibromopropano**.  
 b) La afirmación es **falsa**, pues el número de choques que se producen entre los reactivos (y, por tanto, la velocidad de la reacción), es directamente proporcional a la concentración de aquellos.

5. Dada la siguiente reacción química:



- a) Nombra el compuesto  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOCH}_3$ . b) Formula y nombra un isómero de función del  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ . c) ¿Por qué motivo la temperatura de ebullición del metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) es superior a la del metano? Razona la respuesta.

**Respuesta:**

- a) El compuesto es el **propanoato de metilo**.  
 b) Un isómero de función puede ser el  **$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  (ácido butanoico)**.  
 c) En el metanol se producen enlaces por puente de hidrógeno, a diferencia del metano, donde no existe un elemento de elevada electronegatividad, como el oxígeno. En las moléculas de metano (moléculas apolares), la única interacción existente es la debida a las fuerzas de dispersión de London, mucho menos intensas que las debidas a los puentes de hidrógeno.
6. Una botella de vidrio de un laboratorio químico está etiquetada con la siguiente fórmula química :  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ . a) Nombra el compuesto  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$ . b) Formula un isómero de posición de este compuesto. c) Formula un isómero de función del mismo d) Uno de los pictogramas que aparecen en la botella del compuesto  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$  es el siguiente. Indica su significado.

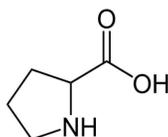
**Respuesta:**

- a) El nombre del compuesto es **2-butanol**. b) Un isómero de posición puede ser el  **$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$  (1-butanol)**. c) Un posible isómero de función es  **$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (dietileter)**. d) El significado del pictograma es el de que se trata de una sustancia **tóxica o irritante**.
7. a) Nombra el siguiente compuesto:  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ . b) Formula y nombra un isómero de posición del compuesto del apartado a). c) Formula y nombra un isómero de función del compuesto del apartado a). d) ¿Cuál es el significado del siguiente pictograma, que aparece en la ficha de seguridad del compuesto  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ ?



**Respuesta:**

- a) El compuesto es el **1-butanol**. b) Un posible isómero de posición es el  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$  (**2-butanol**).  
c) Un posible isómero de función podría ser el  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  (**dietileter**). d) El pictograma corresponde a una sustancia **corrosiva**.
8. El premio Nobel de Química de 2021 fue concedido a los investigadores Benjamin List y David WC MacMillan por el desarrollo de nuevos tipos de catalizador, los cuales regulan la obtención de moléculas de una forma más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. En concreto, estos investigadores utilizaron la prolina como catalizador para la producción de nuevos compuestos de gran interés para la industria farmacéutica.



- a) Nombre los grupos funcionales que aparecen en la prolina. b) Indique, de forma razonada, la veracidad de la siguiente afirmación: “el uso de un catalizador disminuye la constante de velocidad de la reacción”.  
c) Nombra los siguientes compuestos:  $\text{HNO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

**Respuesta:**

- a) Los grupos funcionales son  $-\text{OH}$  (alcohol) y  $-\text{NH}-$  (amina secundaria).  
b) La afirmación es **incorrecta**, pues un catalizador no influye sobre la constante de velocidad, sino sobre la energía de activación.  
c) Los compuestos son, respectivamente: **ácido nítrico** y **cloruro de amonio**.