

Olimpiada de Química 2023

1.- Para la reacción $4 \text{NH}_3 (\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 4 \text{NO} (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es falsa?

- a) Cuando 8 moles de NH_3 reaccionan con 10 moles de O_2 se forman 12 moles de agua.
- b) Cuando 5 moles de O_2 reaccionan con la cantidad estequiométrica de NH_3 se forman $6,022 \times 10^{23}$ moléculas de NO .
- c) Cuando reaccionan 7,5 moles de O_2 se forma una cantidad de NO que contiene 6 moles de átomos de nitrógeno.

2.- Un depósito de 10 L de capacidad, que contiene un gas a la presión de 5 atm a 20 °C, se conecta a través de una válvula con otro depósito de 20 litros que contiene el mismo gas a la misma presión y temperatura. ¿Cuál será la presión cuando se abra la llave que conecta ambos depósitos?

- a) 5 atm
- b) 7,5 atm
- c) 10 atm

3.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre electrones y protones es falsa?

- a) La carga del electrón es la misma que la del protón en valor absoluto.
- b) La masa de un electrón es mucho mayor que la masa de un protón.
- c) El protón forma parte del núcleo del átomo.

4.- El ion Sr^{2+}

- a) tiene dos protones más que un átomo de estroncio neutro.
- b) tiene la siguiente configuración electrónica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$.
- c) tiene una configuración electrónica igual que la del gas noble xenón.

5.- El hidróxido de litio reacciona con el dióxido de carbono para dar carbonato de litio y agua. ¿Cuántos gramos de carbonato de litio se obtendrán cuando reaccione completamente 1 g de hidróxido de litio?

- a) 1,54 g
- b) 3,08 g
- c) 6,17 g

Masas atómicas. O = 16,00; C = 12,01; Li = 6,94; H = 1,01

6.- Se desea preparar 100 mL de una disolución acuosa 1,0 M de HCl. Se dispone de una botella que contiene una disolución de HCl concentrado de densidad $1,18 \text{ g/cm}^3$ y riqueza del 37 %. El volumen de la disolución de HCl concentrado a utilizar será:

- a) 12,53 mL
- b) 8,35 mL
- c) 4,18 mL

Masas atómicas. Cl = 35,45; H = 1,01

7.- Los siguientes números cuánticos $n = 4$, $l = 1$, $m_l = 1$, $m_s = \frac{1}{2}$ representan a un electrón de valencia de un elemento su estado fundamental. ¿Cuál es ese elemento?

- a) Ca
- b) Br
- c) Si

8.- ¿Cuál de las siguientes configuraciones electrónicas corresponde a un estado excitado?

- a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3 3p^1$
- b) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^{10} 4s^2 4p^7$
- c) $1s^2 2s^2 2p^3 3s^2 3p^5$

9.- ¿Qué ordenación de menor a mayor radio iónico es correcta?

- a) $Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^+$
- b) $Na^+ < Mg^{2+} < Al^{3+}$
- c) $Mg^{2+} < Al^{3+} < Na^+$

10.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

- a) El átomo de K y su catión K^+ tienen el mismo radio.
- b) El átomo de B es más electronegativo que el átomo de F.
- c) El átomo de S tiene una menor energía de ionización que el átomo de P.

11.- De entre las definiciones siguientes, elige la que corresponde al término *alcohol*.

- a) Compuesto orgánico en el cual el átomo de carbono de un grupo carbonilo está unido a un grupo hidroxilo.
- b) Compuesto orgánico con un grupo hidroxilo unido a un átomo de carbono.
- c) Compuesto orgánico en el cual el átomo de carbono de un grupo carbonilo está unido a un átomo de hidrógeno.

12.- ¿Qué pareja de estos compuestos orgánicos no son isómeros estructurales?

- a) Pentano y dimetilpropano
- b) 2-Propanol y etilmetiléter
- c) Metanol y metanal

13.- El cloro (Cl_2) es un germicida que se emplea para desinfectar el agua potable y para matar microbios en las piscinas. Cuando se transforma en el ion cloruro, Cl^- ,

- a) se ha oxidado.
- b) se ha reducido.
- c) no cambia su estado de oxidación.

14.- De las siguientes semirreacciones, elija el proceso de oxidación.

- a) $Fe^{3+} + 3 e^- \rightarrow Fe$
- b) $NO_3^- + 3 e^- \rightarrow NO$
- c) $MnO_4^{2-} - 1e^- \rightarrow MnO_4^-$

15.- De las siguientes especies, ¿cuál no tiene geometría tetraédrica?

- a) NH_4^+
- b) $SiCl_4$
- c) SF_4

16.- ¿Para cuál de estas especies el momento dipolar es nulo?

- a) agua
- b) tricloruro de boro
- c) amoniaco

17.- Cuanto más débiles son las fuerzas intermoleculares en una sustancia,

- a) mayor es su punto de fusión.
- b) más se desvía del comportamiento ideal.
- c) mayor es su presión de vapor a una determinada temperatura.

18.- La fenolftaleína es un indicador ácido-base que en medio ácido es incoloro y toma color rosa en medio alcalino. Si se añade fenolftaleína a disoluciones incoloras de concentración 1 M de las siguientes sustancias, ¿en cuál de ellas no cambiará el color?

- a) NH_4Cl
- b) NH_3
- c) NaF

K_b de $\text{NH}_3 = 1,8 \times 10^{-5}$, K_a de $\text{HF} = 6,3 \times 10^{-4}$

Cl

19.- El pH de una disolución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es

- a) 8,6
- b) 9,3
- c) 12,4

K_{ps} de $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 7,9 \times 10^{-6}$

20.- ¿Cuál de los siguientes enunciados es verdadero?

- a) El CO_2 es una molécula lineal en la que el C presenta una hibridación sp .
- b) El SH_2 forma enlaces de hidrógeno muy fuertes y por ello su temperatura de ebullición es mayor que la del agua.
- c) Un fundido de NaCl no conduce la corriente eléctrica porque en los compuestos iónicos los iones ocupan posiciones fijas en la red cristalina.

21.- De las siguientes especies en disolución acuosa: H_3PO_4 , PO_4^{3-} , H_2PO_4^- , ¿cuál de ellas es anfótera?

- a) H_3PO_4
- b) PO_4^{3-}
- c) H_2PO_4^-

22.- ¿Cuál de los siguientes enunciados es verdadero?

- a) La base conjugada de un ácido fuerte es débil y la base conjugada de un ácido débil es fuerte.
- b) Si la disolución de un ácido fuerte se diluye a la mitad de su concentración original, el pH se duplica.
- c) A igual concentración inicial, cuanto más débil es un ácido mayor es el pH de sus disoluciones.

23.- Según el tipo de enlace, indique qué sustancia podría ser un gas en condiciones ambientales.

- a) Un compuesto iónico.
- b) Un compuesto molecular.
- c) Un compuesto que forma una red covalente.

24.- ¿Qué ordenación de puntos de fusión y ebullición es correcta?

- a) $K > Na > Li$
- b) $I_2 > Br_2 > Cl_2$
- c) $NH_3 > PH_3 > AsH_3$

25.- Para la formación de $PH_3(g)$ mediante la reacción de $P_4(s)$ con $H_2(g)$, $\Delta H > 0$.

- a) El proceso no es espontáneo en ningún caso.
- b) El proceso será espontáneo a bajas temperaturas.
- c) El proceso siempre será espontáneo.

26.- La siguiente reacción exotérmica: $A + B \rightarrow C + D$ tiene una energía de activación de $100 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. De los valores siguientes ¿cuál puede corresponder a la energía de activación del proceso inverso?

- a) $183 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- b) $100 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- c) $67 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

27.- Un compuesto orgánico que contiene exclusivamente C, H y O tiene la siguiente composición: 64,80 % de C, 13,52 % de H y 21,68 % de O. ¿Cuál es su fórmula empírica?

- a) $C_5H_{10}O$
- b) $C_4H_{12}O$
- c) $C_4H_{10}O$

Masas atómicas. O = 16,00; C = 12,01; H = 1,01

28.- Considere el equilibrio $A(g) + 2 B(g) \rightleftharpoons AB_2(g)$ con $\Delta H < 0$ y $K_p = 1,3 \times 10^{-5}$ a 20°C . ¿Cuál de los siguientes enunciados es verdadero?

- a) Al aumentar la temperatura disminuye el rendimiento en la obtención de AB_2 .
- b) En presencia de un catalizador aumentará el rendimiento en AB_2 .
- c) Al aumentar la presión aumenta el valor de K_p .

29.- ¿Cuál de las siguientes frases es verdadera?

- a) El pH de una disolución 0,1 M de HCN es 1.
- b) Las disoluciones de KCN tienen el pH básico.
- c) Al añadir 0,1 mol de KCN a 1 L de una disolución 0,1 M de HCN el pH disminuye.

K_a de HCN = $6,2 \times 10^{-10}$

30.- Indique cuál de los siguientes enunciados es verdadero.

- a) Si se mezclan 10 mL de disolución 0,1 M de NaCl y 30 mL de disolución 0,01 M de $Pb(NO_3)_2$ se obtiene un precipitado de $PbCl_2(s)$. Considere que los volúmenes son aditivos.
- b) Al añadir NaCl a una disolución saturada de $Pb(NO_3)_2$ se forma $PbCl_2(s)$.
- c) Si se disuelve una pequeña cantidad de $PbCl_2(s)$ en agua, la concentración de los iones $[Pb^{2+}]$ y $[Cl^-]$ es la misma.

K_{ps} de $PbCl_2 = 1,2 \times 10^{-5}$

Olimpiada de Química 2023

Problema 1

Se va a llevar a cabo la reacción $\text{KOH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{Fe}(\text{OH})_3$ (sin ajustar). Para ello se dispone de disoluciones acuosas de los reactivos, con las siguientes características:

- disolución de KOH: 20 % de riqueza en peso y densidad $d = 1,10 \text{ g/mL}$
- disolución de FeCl_3 : 3,0 M y densidad $d = 1,16 \text{ g/mL}$

a) ¿Qué volumen de la disolución de hidróxido de potasio es necesario tomar para que reaccione completamente con 300 mL de la disolución de tricloruro de hierro?

b) Se añade 1,0 L de la disolución de KOH a los 300 mL de la disolución de FeCl_3 . Calcule la masa (en gramos) que se obtendrá de cloruro de potasio, suponiendo que la reacción transcurre con un 80 % de rendimiento.

c) Calcule el porcentaje en peso de la disolución de FeCl_3 .

d) Se mezclan 50 mL de la disolución de hidróxido de potasio con 50 mL de una disolución de ácido acético ($\text{CH}_3\text{COOH} = \text{HAc}$) 7,8 M. Escriba la reacción que tendrá lugar y calcule el pH de la disolución resultante (suponga los volúmenes aditivos).

Masas atómicas (g/mol): Fe: 55,8; K: 39,1; Cl: 35,5; O: 16,0; H: 1,0.

$K_a(\text{HAc}) = 1,8 \times 10^{-5}$

Problema 2

El monóxido de carbono, CO, es un gas muy peligroso que puede provocar asfixia por inhalación. Ello es debido a que el CO tiene mayor afinidad que el oxígeno por la hemoglobina de la sangre, por lo que su presencia impide que la hemoglobina pueda transportar el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta las células.

a) En una sala de dimensiones $8,00 \times 4,50 \times 2,50$ m hay una estufa que, debido a su deficiente combustión, emite CO a una velocidad de 0,45 mol por minuto. ¿En cuánto tiempo se alcanzarán niveles peligrosos de CO si se estima que estos aparecen cuando el CO está presente en una proporción de 0,40 % en volumen? La habitación se encuentra a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a una presión de 1 atm.

b) La ecuación $\text{C(s)} + \text{CO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO(g)}$ ($\Delta H^{\circ} = 172,2\text{ kJ}$) representa el equilibrio de Boudouard. A 1000 K, la constante de equilibrio de esa reacción vale $K_p = 1,72$ y la presión total alcanza el valor de 8 atm. En esas condiciones, ¿cuáles serán las presiones parciales de CO y CO_2 ?

c) Se tienen dos recipientes de 10 litros de capacidad. Después de añadir las cantidades de que se indica en los casos i y ii, se eleva la temperatura a 1000 K. ¿Cuáles serán las presiones parciales finales en cada uno de esos casos?

i) En el primer recipiente se introduce 1 mol de C (s) y 1 mol de $\text{CO}_2\text{(g)}$.

ii) En el segundo recipiente se introducen 1 mol de C (s), 1 mol de $\text{CO}_2\text{(g)}$ y 1 mol de CO (g).

d) ¿Qué efecto tendrá en el equilibrio de Boudouard cada uno de los siguientes cambios?

i) Disminuye la temperatura a 800 K

ii) En el caso del apartado c) ii) se introduce adicionalmente en el recipiente 1 mol de un gas inerte (argón).

Olimpiada de Química 2023

Caso práctico

Estás haciendo prácticas en un laboratorio farmacéutico y tienes que confirmar que un lote de pastillas para tratar la anemia ferropénica tiene la cantidad correcta de hierro. Para ello has tenido que informarte acerca de cuál es la composición de las pastillas y cómo se mide la cantidad de hierro. Esta es la información que has encontrado al respecto.

- 1) Hay varias formas de suministrar hierro a través de los medicamentos. Normalmente se hace en forma de derivados de Fe^{2+} , los más habituales son sulfatos, fumaratos o gluconatos, y el derivado de hierro puede acompañarse de vitaminas como el ácido fólico o la vitamina B12.
- 2) La forma habitual de indicar la cantidad de hierro es dar los **mg que hay en cada comprimido** o cada vial, y ese es el dato que aparece en el prospecto del medicamento (por ejemplo: 80 mg, 40 mg).
- 3) El sulfato de hierro(II) que se suele utilizar en el medicamento de tu empresa se presenta en forma de *sesquihidrato*. Para comprender esta información, consultas libros de química y compruebas que muchos compuestos químicos, al cristalizar a partir de agua o disolventes que la contienen, incorporan agua en su red cristalina. Cuando el agua de cristalización está asociada a una sal, el compuesto resultante se denomina *hidrato*. Para representar la fórmula de los hidratos se emplea un punto (·) después de la fórmula del compuesto, indicando las moléculas de agua adicionales. Para nombrar estas moléculas hidratadas, hay que indicar el número de moléculas de agua mediante un prefijo. El prefijo “*sesqui*” significa 1,5. Por tanto, la fórmula del sulfato de hierro(II) sesquihidratado es $\text{FeSO}_4 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$. Para sintetizar el medicamento también se pueden utilizar como fuentes de hierro otras sales hidratadas de sulfato de hierro(II), como el pentahidrato (con 5 moléculas de agua de cristalización) o el heptahidrato (con 7 moléculas de agua).
- 4) En el laboratorio en el que haces las prácticas, el medicamento que comercializan son comprimidos de sulfato de hierro(II) recubiertos por una fina película que protege la mucosa intestinal y asegura la liberación lenta y continuada del fármaco. Cada comprimido pesa 325 mg, y además del sulfato de hierro(II) sesquihidratado, hay una serie de compuestos que no tienen actividad farmacológica pero que se añaden para mejorar la calidad del medicamento y su asimilación por el organismo (lo hacen más estable, de mejor sabor, de color atractivo, menos agresivos para el intestino, etc.). Es lo que se conoce como excipientes. En el caso del medicamento que tú estudias, el excipiente está formado, mayoritariamente, por almidón de patata, aceite de ricino, almidón de arroz, colorante, y sacarosa, además de los compuestos que forman la película externa que rodea al comprimido.
- 5) La cantidad de hierro contenido en un suplemento de sulfato de hierro(II) se determina empíricamente por medio de una valoración redox: se oxida todo el Fe^{2+} de la muestra a Fe^{3+} con una disolución de concentración conocida de permanganato de potasio (KMnO_4),

que pasa a su vez a Mn^{2+} . Este tipo de valoración con permanganato se conoce como **permanganimetría**. En las permanganimetrías, el propio permanganato de potasio (de color púrpura en disoluciones acuosas) sirve como indicador del final de la valoración: mientras la reacción transcurre, el color púrpura del KMnO_4 va desapareciendo ya que se transforma en Mn^{2+} (incolore) y cuando ya se ha consumido todo el Fe^{2+} , el color púrpura se mantiene.

1. Planteamiento del problema

Tu rutina de trabajo en la empresa consiste en comprobar la cantidad de hierro que hay en los comprimidos del lote de medicamentos que se producen cada día a través de una permanganimetría, y determinar la proporción de sulfato de hierro(II)/excipiente que hay en cada comprimido. Como se ha comentado, la empresa utiliza sulfato de hierro(II) sesquihidratado como fuente de hierro, y los comprimidos son de 325 mg.

Un día, cuando has terminado tus valoraciones rutinarias, te dan una muestra adicional porque están experimentando con el sulfato de hierro(II) de un nuevo proveedor y quieren saber si con la nueva sal y utilizando la misma proporción sulfato de hierro(II)/excipiente que se usa habitualmente se consigue un producto de las mismas características.

Ese día, por tanto, anotarás en tu cuaderno los resultados de la muestra habitual y de la muestra nueva, y tendrás que compararlos para decidir si se compra al nuevo proveedor o no.

2. Determinación del hierro (permanganimetría)

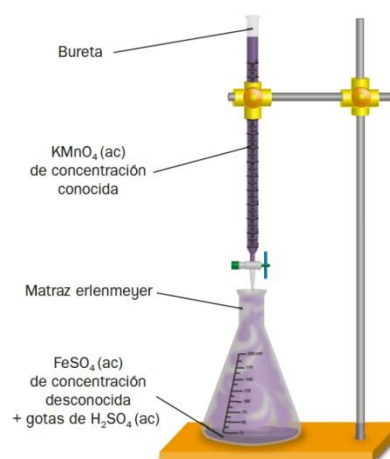
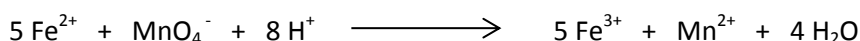
Material

- Vaso de precipitados de 250 mL
- Varilla de vidrio
- Matraz aforado de 250 mL
- Erlenmeyer de 250 mL
- Pipeta de 10 mL
- Pera de goma para pipetar
- Bureta de 25 mL
- Soporte y pinzas para bureta
- Placa eléctrica para calentar

Reactivos

- Disolución patrón de KMnO_4 0,020 M recién valorada
- Disolución de H_2SO_4 1 M

Reacción



Procedimiento experimental

- Se disuelven tres comprimidos en un vaso de precipitados con 100 mL de agua y 25 mL de ácido sulfúrico 1,0 M, calentando sin que llegue a hervir. Quedará un pequeño residuo sin disolver debido a alguno de los excipientes como el almidón.
- La mezcla se enfría y se traslada a un matraz aforado de 250 mL y se enrasa con agua destilada para tener 250 mL de disolución con Fe^{2+} . Se deja reposar unos momentos para que quede transparente.
- Se toman con una pipeta 10 mL y se pasan a un Erlenmeyer para valorarlos.
- Se llena la bureta con la disolución de permanganato de potasio y se enrasa.
- Se valoran los 10 mL de la disolución de iones Fe^{2+} , añadiendo gota a gota la disolución de permanganato, hasta que el color púrpura se mantenga.
- La valoración se realiza por duplicado y se toma el valor promedio del volumen de las dos medidas para el cálculo de los mg de hierro.

Datos adicionales necesarios: masas atómicas H = 1,01 O = 16,00 S = 32,06 Fe = 55,85

3. Resultados experimentales de la valoración del sulfato de hierro(II)

A continuación se dan los mL de disolución de KMnO_4 0,02M consumidos en la valoración de los 10 mL de la disolución final de los comprimidos en $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$ (que es la valoración de los iones Fe^{2+} presentes en la disolución)

Muestra del proveedor habitual

*valoración de la disolución obtenida a partir de **3 comprimidos** en su composición habitual utilizando sulfato de hierro(II) sesquihidratado del proveedor habitual

Experimento 1: 1,73 mL

Experimento 2: 1,74 mL

Muestra del nuevo proveedor

*valoración de la disolución obtenida a partir de **3 comprimidos** hechos utilizando el nuevo sulfato de hierro(II)

Experimento 3: 1,10 mL

Experimento 4: 1,11 mL

4. Informe y cuestiones relacionadas

- 1) Escribe las semirreacciones de reducción y de oxidación del proceso redox implicado en la valoración

- 2) Con el volumen promedio de la disolución de KMnO_4 consumida en la valoración, completa la tabla obtenida con los comprimidos tradicionales hechos a partir de $\text{FeSO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ del proveedor habitual (*Experimentos 1 y 2*).

volumen promedio de KMnO_4 (mL)	mmol de KMnO_4	mmol de Fe^{2+} en 10 mL	mmol totales de Fe^{2+} en disolución	mmol de Fe^{2+} por comprimido	masa de Fe por comprimido (mg)

- 3) Con el dato obtenido en la tabla anterior, y sabiendo que cada comprimido pesa 325 mg, calcula la cantidad de excipiente y la relación sal de hierro(II)/excipiente en los comprimidos tradicionales de tu empresa.

mmol de Fe^{2+} por comprimido	masa de $\text{FeSO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ por comprimido (mg)	masa de excipiente por comprimido (mg)	sal de hierro(II) /excipiente

- 4) Con el volumen promedio de la disolución de KMnO_4 consumida, completa la tabla obtenida con los nuevos comprimidos hechos a partir del sulfato de hierro(II) del nuevo proveedor (*Experimentos 3 y 4*).

volumen promedio de KMnO_4 (mL)	mmol de KMnO_4	mmol de Fe^{2+} en 10 mL	mmol totales de Fe^{2+} en disolución	mmol de Fe^{2+} por comprimido	masa de Fe por comprimido (mg)

- 5) A la vista de los resultados, ¿aconsejarías que se comprara el sulfato de hierro(II) al nuevo proveedor?

- 6) Tú sospechas que el problema con los nuevos comprimidos puede estar en que el sulfato de hierro(II) del nuevo proveedor es un hidrato con un número de moléculas de agua de cristalización diferente del sesquihidrato que soléis usar. Puesto que sabes cuánta masa de sal se ha usado para hacer cada comprimido, porque este valor se ha mantenido igual que en el proceso habitual y tú lo conoces porque lo has calculado, ¿podrías saber de qué hidrato se trata?