

Olimpiada de Química 2025

1.- ¿Cuál es la configuración electrónica del estado fundamental del ion Fe^{2+} ?

- a. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$
- b. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$
- c. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4$

2.- De las siguientes combinaciones de números cuánticos, ¿cuál es posible para un electrón que está en un orbital 3p?

- a. (3, 2, -1, +1/2)
- b. (3, 1, -2, +1/2)
- c. (3, 1, -1, +1/2)

3.- Al bombardear una lámina de oro con partículas alfa, la mayoría de las partículas atraviesa la lámina sin desviarse. Esto indica que...

- a. la mayor parte del átomo de oro son neutrones.
- b. la mayor parte del átomo es espacio no ocupado.
- c. la mayor parte del átomo también son partículas alfa.

4.- El nitrógeno molecular reacciona con oxígeno molecular a altas temperaturas para formar dióxido de nitrógeno. Para la reacción se parte de 90 L de nitrógeno, medidos a 1 atm. de presión y 273 K, y de 4 moles de oxígeno. ¿Cuál es la mayor cantidad de dióxido de nitrógeno que se puede obtener?

- a. 4 moles
- b. 250 g
- c. 180 L, medidos a 1 atm y 273 K

Masas atómicas. N: 14,0; O: 16,0.

5.- El Al reacciona con NH_4ClO_4 para dar Al_2O_3 , AlCl_3 , NO y H_2O . Si se lleva a cabo la reacción entre 5,5 g de Al y 7,2 g de NH_4ClO_4 , ¿cuál es el reactivo limitante?

- a. NH_4ClO_4
- b. Al
- c. Ambos reactivos se agotan

Masas atómicas: Cl: 35,5; Al: 27,0; O: 16,0; N: 14,0; H: 1,0.

6.- Ajuste la siguiente semi-reacción de oxidación-reducción llevada a cabo en medio acuoso $\text{MnO}_4^- (\text{ac}) + \text{H}^+ (\text{ac}) \rightarrow \text{Mn}^{2+} (\text{ac}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l})$. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es FALSA?

- a. El catión manganeso es el agente reductor y cede 5 moles de electrones por cada mol de anión permanganato.
- b. El anión permanganato es la especie oxidante y el estado de oxidación del manganeso disminuye en cinco unidades.
- c. El coeficiente estequiométrico del anión permanganato es 1 cuando la reacción se ajusta para 8 moles de catión hidrógeno.

7.- La fórmula empírica de una sustancia es CHO_2 . A partir de esta información se puede afirmar que...

- la masa de carbono en este compuesto representa menos del 25 % de la masa total.
- su masa molecular no puede ser 180 u.
- si una muestra de dicha sustancia tiene 5,1 g de oxígeno también tiene 0,16 g de hidrógeno.

Masas atómicas. O: 16,0; C: 12,0; H: 1,0.

8.- ¿Cuáles son los productos de la reacción entre cloruro de hierro(III) y sulfato de sodio?

- cloruro de sodio y sulfato de hierro(II)
- cloruro de sodio, cloruro de hierro(II) y sulfato de hierro(II)
- cloruro de sodio y sulfato de hierro(III)

9.- Seleccione la afirmación verdadera.

- Todos los compuestos iónicos, a 1 atm. de presión y 298 K, son sólidos.
- Los compuestos iónicos no son solubles en agua.
- Puesto que el radio iónico del yoduro es mayor que el radio del fluoruro, la temperatura de fusión de NaI es mayor que la de NaF, a presión atmosférica.

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

- La unión química de un metal con un no metal se produce a través de un enlace covalente.
- El punto de ebullición normal del agua es más alto que el del amoníaco, medidos ambos a la misma presión, por la presencia de enlaces de hidrógeno más fuertes.
- La molécula de metano es polar debido a la diferencia de electronegatividad entre C y H.

11.- El anión cloruro y el catión potasio son especies isoelectrónicas. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

- El radio del anión cloruro es menor que el del catión potasio.
- El radio del anión cloruro es mayor que el del catión potasio.
- El radio del anión cloruro es igual que el del catión potasio.

12.- Indique cuál de las siguientes afirmaciones es FALSA.

- La molécula de dióxido de carbono tiene geometría lineal como resultado de la hibridación sp de orbitales atómicos del átomo de carbono.
- La molécula de dióxido de carbono tiene geometría angular como resultado de la hibridación sp^2 de orbitales atómicos del átomo de carbono.
- El momento dipolar de la molécula de dióxido de carbono es nulo.

13.- Los radios atómicos de los átomos X, Y y Z, que pertenecen al mismo periodo, guardan la siguiente relación: $r_X > r_Y > r_Z$. Entonces, también se cumple que...

- la carga nuclear efectiva sobre un electrón de valencia será mayor en el elemento X.
- la primera energía de ionización será más grande en el elemento X.
- la electronegatividad será mayor en el elemento Z.

14.- ¿Qué especies de las siguientes pueden reaccionar de forma espontánea con iones Fe^{2+} ? (suponer que la concentración en disolución es 1 M y la temperatura es 298 K)

- a. Cu^{2+} y Sn^{2+}
- b. Al y Zn
- c. Sn^{4+} y Al

$\varepsilon^{\circ}(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1.68 \text{ V}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34 \text{ V}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = +0.15 \text{ V}$, $\varepsilon^{\circ}(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76 \text{ V}$,
 $\varepsilon^{\circ}(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0.44 \text{ V}$

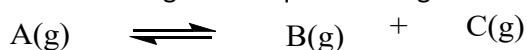
15.- Se dispone de un recipiente vacío de un volumen V en el que se introducen 10 moles de un gas a la temperatura T. ¿Qué afirmación es FALSA?

- a. Si se duplica la temperatura manteniendo el volumen constante, la presión en el interior del recipiente se reduce a la mitad.
- b. Si se duplica el volumen del recipiente manteniendo la temperatura constante, la presión se reduce a la mitad.
- c. Si se duplica el volumen del recipiente y se introducen 10 moles adicionales del mismo gas, la presión no varía.

16.- Se dispone de 250 mL de una disolución acuosa saturada de AgCl. Si el volumen de esa disolución se reduce por la evaporación de 50 mL de agua...

- a. aumentará la concentración de AgCl en la disolución.
- b. disminuirá la concentración de AgCl en la disolución.
- c. no variará la concentración de AgCl en la disolución.

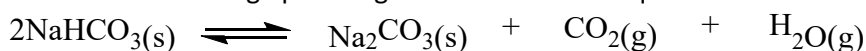
17.- Para el siguiente equilibrio de gases se cumple que $\Delta H^{\circ} = 0$.



¿Cómo afectará al equilibrio un aumento de la temperatura a volumen constante?

- a. No sufrirá ningún cambio.
- b. El equilibrio se desplazará hacia los reactivos.
- c. El equilibrio se desplazará hacia los productos.

18.- La descomposición del hidrogenocarbonato de sodio para dar carbonato de sodio en un reactor cerrado se rige por la siguiente reacción de equilibrio:



Indica cuáles de las siguientes acciones genera una mayor cantidad de carbonato de sodio.

- a. Añadir más hidrogenocarbonato de sodio a la mezcla.
- b. Añadir un gas inerte al reactor a presión y temperatura constantes.
- c. Aumentar la presión de la mezcla a temperatura constante.

19.- Se quiere preparar 1 L de disolución acuosa de ácido clorhídrico de concentración 0,15 M. Para ello se dispone de ácido comercial de 38 % (m/m) de riqueza y densidad $1,19 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$. ¿Cuántos mL se necesitarán del ácido comercial?

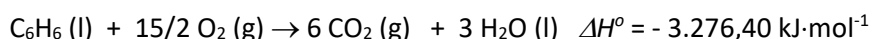
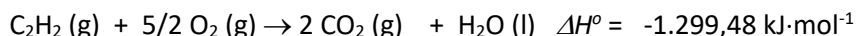
- a. 12,1 mL
- b. 14,2 mL
- c. 16,3 mL

20.- Prediga el signo de ΔS para la siguiente reacción: $2 \text{Fe (s)} + 3 \text{Cl}_2 \text{(g)} \rightarrow 3 \text{FeCl}_3\text{(s)}$.

- a. $\Delta S > 0$
- b. $\Delta S = 0$
- c. $\Delta S < 0$

21.- Calcule la entalpía de la formación de benceno según la reacción

$3 \text{C}_2\text{H}_2 \text{(g)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 \text{(l)}$ a partir de los siguientes datos termoquímicos:



- a. $\Delta H^\circ = +1.967,92 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- b. $\Delta H^\circ = -631,04 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- c. $\Delta H^\circ = -4.566,88 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

22.- Para la reacción $2 \text{HI(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \text{I}_2\text{(g)}$ el valor de K_c es 0,022 a 490°C . Si en un recipiente de 1 litro se introducen 0,5 moles de HI, 0,2 moles de H_2 y 0,3 moles de I_2 a 490°C , ¿en qué dirección se desplazará la reacción?

- a. La reacción está en equilibrio y no se desplaza
- b. Hacia la derecha: descomposición de HI(g)
- c. Hacia la izquierda: formación de HI(g)

23.- La primera energía de ionización (I_1) de los elementos sodio, aluminio y magnesio varía de la forma siguiente:

- a. $I_1(\text{Al}) < I_1(\text{Mg}) < I_1(\text{Na})$
- b. $I_1(\text{Na}) < I_1(\text{Mg}) < I_1(\text{Al})$
- c. $I_1(\text{Na}) < I_1(\text{Al}) < I_1(\text{Mg})$

24.- Para todas las reacciones químicas, ¿cuál de estas afirmaciones es verdadera?

- a. En presencia de un catalizador, la velocidad de la reacción debe aumentar.
- b. La constante de la velocidad tiende a disminuir con el tiempo, ya que la concentración de los reactivos disminuye.
- c. El orden de la reacción depende tanto del número de reactivos como de los coeficientes estequiométricos de estos.

25.- En una reacción, si se duplica la concentración de uno de los reactivos, la velocidad de la reacción se cuadruplica. ¿Cuál es el orden de reacción con respecto a este reactivo?

- a. 1
- b. 2
- c. 3

26.- ¿Cuál de las siguientes especies es un ácido según la teoría de Lewis pero no lo es según la teoría de Brønsted-Lowry?

- a. BF_3
- b. NH_4^+
- c. H_2O

27.- Una disolución A tiene un pH = 2,0 y otra disolución B tiene un pH = 5,0. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la verdadera?

- a. La $[H_3O^+]$ en B es 1000 veces la $[H_3O^+]$ en A.
- b. La $[OH^-]$ en B es 1000 veces la $[OH^-]$ en A.
- c. La $[H_3O^+]$ en A es 2/5 veces la $[H_3O^+]$ en B.

28.- ¿Qué tipo de reacción es la conversión de un alcohol primario en un aldehído?

- a. Oxidación
- b. Reducción
- c. Eliminación

29.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre los alquenos es FALSA?

- a. Pueden presentar isomería geométrica debido a la rigidez del doble enlace.
- b. Su reactividad se debe a la presencia de electrones π en el doble enlace.
- c. A una misma presión, todos los alquenos tienen el mismo punto de ebullición que el alcano con igual número de átomos de carbono.

30.- La fórmula molecular de un compuesto orgánico es $C_4H_8O_2$. ¿Qué tipo de compuesto podría ser?

- a. Un ácido carboxílico
- b. Una amida
- c. Un alcano

Problema 1

Se pretende llevar a cabo la valoración de 50 mL de una disolución de ácido acético, que realmente tiene una concentración 0,1 M, con una disolución patrón de hidróxido de sodio de concentración 0,2 M.

a) Calcule el pH cuando se haya añadido los siguientes volúmenes de la disolución patrón:

- a.1) 20 mL
- a.2) 25 mL
- a.3) 30 mL

b) Se dispone de dos indicadores: el rojo de metilo, cuyo intervalo de viraje, en valores de pH, es de 4,4 a 6,2, y la fenolftaleína, cuyo intervalo de viraje va de 8,3 a 10,0. Indique razonadamente cuál elegiría para llevar a cabo la valoración anterior.

Dato:

$$K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \times 10^{-5}$$

Observaciones:

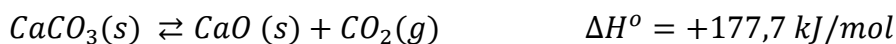
Considere los volúmenes como aditivos

Indique los valores del pH con 1 cifra decimal

Problema 2

La cal, compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3), puede acumularse en las tuberías, causando obstrucciones no deseadas.

a) La descomposición de CaCO_3 se produce de acuerdo a la siguiente reacción:



a.1) Calcule la entalpía de formación de CaCO_3

a.2) ¿A qué temperatura puede tener lugar la descomposición espontánea de $\text{CaCO}_3(s)$ en $\text{CaO}(s)$ y $\text{CO}_2(g)$?

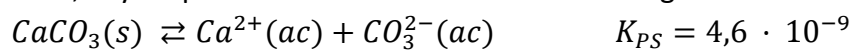
Datos:

$$\Delta H_{\text{CaO}}^\circ = -635,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{CO}_2}^\circ = -393,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

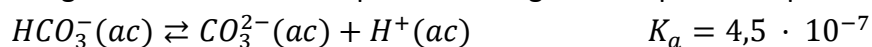
$$S_{\text{CaO}}^\circ = 39,7 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}; S_{\text{CO}_2}^\circ = 213,8 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}; S_{\text{CaCO}_3}^\circ = 92,9 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

b) En las tuberías con agua, la cal se forma debido a la presencia de iones calcio y de iones carbonato, cuyo equilibrio de solubilidad a 25 °C es el siguiente:



b.1) En un agua que contiene carbonato de calcio 0,001 M, ¿cuál es la concentración máxima de cloruro de calcio que puede haber para evitar que precipite cal?

b.2) Suponga que, en lugar de carbonato de calcio, el agua tiene una concentración 0,001 M de hidrogenocarbonato de sodio (NaHCO_3) y se encuentra a $\text{pH} = 5,0$. Calcule la concentración máxima de CaCl_2 antes de que precipite cal. El hidrogenocarbonato sódico presenta el siguiente equilibrio a $\text{pH} = 5$:



CASO PRÁCTICO 2025

Acabas de empezar a trabajar en una *Estación de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)* y te están explicando los distintos procesos que se llevan a cabo para potabilizar el agua desde que se capta (embalses, ríos, canales, pozos) hasta que se almacena en depósitos y se canaliza para distribuirla a la población.

El objetivo principal de la potabilización es la eliminación de partículas en suspensión, microorganismos, compuestos químicos, metales pesados y cualquier otro contaminante que pueda representar un riesgo para la salud, haciéndola apta para el consumo humano.

Una vez ha llegado el agua a la **ETAP** y se han eliminado los sólidos de gran tamaño pasando el agua a través de rejillas, el proceso de potabilización consta de varias etapas, como se ve en la figura:



OFICINA TÉCNICA DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA – Servicio de Explotación del Agua Potable



A) Pretratamiento: el agua se trata con distintos reactivos químicos para eliminar materia orgánica, microorganismos, eliminar turbidez, corregir el pH, etc.

a) Oxidación: se añaden agentes químicos que, por oxidación, ayudan a eliminar la materia orgánica e inorgánica (causantes en gran medida del olor, color y sabor del agua) y parte de los microorganismos que contiene. El oxidante más frecuente es el cloro (habitualmente en forma de hipoclorito de sodio).

b) Ajuste del pH: normalmente mediante inyección de CO_2 .

c) Coagulación-floculación: se adicionan sales para que las partículas coloidales (responsables de la turbidez del agua) se agrupen en partículas de mayor tamaño y puedan separarse en la etapa de decantación

B) Sedimentación y decantación: con el agua casi en reposo, se depositan en el fondo las partículas en suspensión y los coloides formados por el proceso anterior, formando un fango que se extrae y quedando el agua clarificada.

Al final de estos procesos se han eliminado virus, bacterias, el 99 % de la materia en suspensión y el 60 % de la materia orgánica.

C) Filtración: retención de las partículas que no pudieron ser extraídas por el proceso anterior haciendo pasar el agua por unos filtros de arena y de carbón activo.

D) Desinfección: una vez filtrada, el agua se desinfecta para eliminar microorganismos patógenos y prevenir la contaminación microbiológica. El cloro es el desinfectante más efectivo para las bacterias y los virus y, además, su efecto biocida es duradero, ya que se mantiene hasta que el agua de la ETAP llega a los hogares. En la actualidad, la mayor parte de las plantas potabilizadoras utilizan hipoclorito de sodio para la desinfección.

Prácticamente en todas las etapas interviene un químico. Tú vas a trabajar en dos etapas: en el pretratamiento de oxidación y la etapa final de desinfección.

TAREA 1: OXIDACIÓN

Se realiza a la entrada de la planta de tratamiento, para eliminar allí mismo la mayor parte de la materia inorgánica y orgánica que lleva el agua (incluidos microorganismos) por reacciones de oxidación. Los derivados de cloro son los oxidantes más utilizados porque oxidan fácilmente muchos compuestos. Además, su efecto oxidante se combina con su acción como desinfectante.

Esta etapa de oxidación está relacionada con la medida de la **DQO**, o *Demanda Química de Oxígeno* de las muestras de agua. La DQO mide la cantidad total de oxígeno necesario para oxidar todas las sustancias presentes en el agua, incluidos microorganismos, y es una medida directa del nivel de contaminación del agua: cuanto mayor sea la DQO, el agua tiene peor calidad y es necesario un pretratamiento de oxidación más intenso. **La DQO se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/L)**. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las concentraciones óptimas deberían ser **inferiores a 10 mg/L** en agua apta para el consumo.

Tú vas a determinar la DQO a la entrada del agua en la estación potabilizadora, y también al final del ciclo de tratamiento, para comprobar que la oxidación con hipoclorito ha sido efectiva y el agua es apta para el consumo humano.

La determinación de la DQO la vas a llevar a cabo realizando una oxidación con un oxidante fuerte, el dicromato de potasio, y midiendo cuánto oxidante se ha consumido en el proceso mediante una *valoración por retroceso*. Cuando ya se tiene ese dato, se puede calcular cuánto oxígeno molecular se habría consumido si se hubiera usado como oxidante el oxígeno molecular en lugar de dicromato. Este es el procedimiento:

- 1) Se añade a la muestra de agua que se va a analizar (volumen medido) una cantidad conocida de una disolución patrón de dicromato de potasio en medio fuertemente ácido, y se calienta para que se oxide la materia orgánica e inorgánica presente en la muestra. Se suele añadir un catalizador de plata para que la oxidación sea más eficaz. La cantidad de sustancias oxidables presentes en la muestra es directamente proporcional a la cantidad de dicromato consumido en esa reacción.
- 2) Una vez acabada la reacción de oxidación se determina el dicromato que ha quedado sin reaccionar por medio de una valoración redox: se reduce todo el $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ de la muestra a Cr^{3+} utilizando una disolución patrón de Fe^{2+} , que se oxida a su vez a Fe^{3+} . Como indicador de la reacción se utiliza ferroína, que en su forma reducida es de color rojo y en su forma oxidada es de color azul claro. Al principio de la valoración, mientras quede $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, la ferroína estará en la forma oxidada (azul claro). Cuando se consuma todo el exceso de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ la ferroína pasará a su forma reducida, de color rojo intenso, indicando el punto final de la valoración.
- 3) Se calcula el dicromato consumido en la oxidación de la materia oxidable de la muestra de agua por diferencia entre el dicromato añadido inicialmente y el dicromato valorado tras dicha oxidación. La existencia de pequeñas cantidades de impurezas oxidables en los reactivos que se utilizan para la valoración puede afectar al resultado final de la determinación, por eso en el procedimiento suelen incluirse *muestras en blanco*: se sustituye la muestra de agua por igual cantidad de agua destilada y se sigue el mismo proceso que para la muestra real. Como en el agua destilada no hay materia orgánica, en teoría todo el dicromato que se ha añadido estará allí. Por eso el número de moles iniciales de dicromato de potasio se calcula a partir de la valoración de estas muestras en blanco.
- 4) Para calcular la **DQO** (mg de oxígeno molecular necesario para oxidar un volumen determinado de muestra) necesitas encontrar la relación estequiométrica entre oxidar con dicromato y

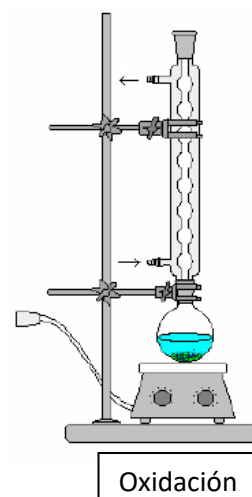
oxidar con oxígeno molecular. Para eso tienes que saber que cuando se usa como oxidante dicromato de potasio este se reduce ganando $6e^-$, mientras que si se usa oxígeno molecular como oxidante éste se reduce ganando $4e^-$. Es decir, para tener la misma capacidad oxidante, hay que usar más oxígeno molecular que dicromato, y la relación estequiométrica viene dada por los electrones que intervienen en cada proceso.

- 5) Habiendo calculado los moles de oxígeno necesarios para oxidar los contaminantes presentes en el volumen de agua estudiado, ya se puede expresar esa concentración de oxígeno molecular en mg/L, que es la DQO.

Oxidación con dicromato y valoración del exceso no consumido

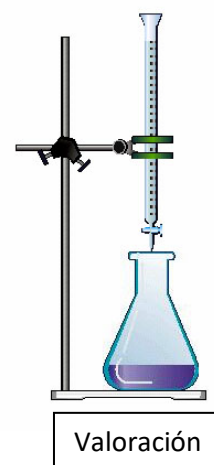
Material

- Matraces de 250 mL con boca esmerilada
- Tubo refrigerante con boca esmerilada para acoplar al matraz
- Soporte y pinzas para colocar el tubo refrigerante
- Conexiones de goma para hacer circular el agua por el refrigerante
- Placa eléctrica para calentar
- Bureta de 25 mL con precisión de 0,01 mL
- Soporte y pinzas para bureta
- Erlenmeyer de 500 mL
- Probetas

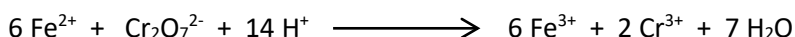


Reactivos

- Agua destilada
- Disolución de ferroína
- Ácido sulfúrico del 98 % (m/m)
- Sulfato de plata
- Disolución de $K_2Cr_2O_7$ de concentración 0,025 M
- Disolución patrón de sulfato de hierro (II) y amonio $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ (*sal de Mohr*) de concentración 0,101 M, recién valorada



Reacción



Procedimiento experimental

- Se introducen 50 mL de agua a analizar en un matraz de boca esmerilada de 250 mL.
- Se añaden 25 mL de disolución de dicromato de potasio 0,025 M y después 75 mL de disolución de ácido sulfúrico concentrado.
- Se añaden 0,5 g de sulfato de plata.
- Se llevar a ebullición durante 2 horas a reflujo, colocando un refrigerante en la boca del matraz.
- Se enfría, se traspasa cuantitativamente a un Erlenmeyer, lavando bien con agua destilada y completando hasta un volumen de unos 350 mL.
- Se añaden algunas gotas de disolución de ferroína.

- Se empieza la valoración del dicromato que ha quedado sin reaccionar, determinando la cantidad necesaria de disolución de sulfato de hierro(II) y amonio, añadiendo gota a gota la disolución, para obtener el viraje al rojo violáceo.
 - Se repite el procedimiento empleando ahora 50 mL de agua destilada.
- Masas atómicas: H = 1,01; O = 16,00; S = 32,06; Fe = 55,85; Cr = 51,99; K = 39,09; N = 14,01

Resultados experimentales de la valoración con sulfato de hierro(II) y amonio

A continuación se dan los mL de disolución de sal de Mohr 0,101 M consumidos en la valoración de los 50 mL de agua valorada

*valoración del agua obtenida a la entrada de la planta potabilizadora

Muestra de agua (Exp. 1): 18,05 mL

Blanco (agua destilada) (Exp. 2): 20,15 mL

*valoración del agua obtenida a la salida de la planta potabilizadora

Muestra de agua (Exp. 3): 19,83 mL

Blanco (agua destilada) (Exp. 4): 20,13 mL

Preguntas:

- 1) Con los volúmenes de la disolución de sulfato de hierro(II) y amonio obtenidos en la valoración de las muestras de agua tomadas a la entrada y salida de la potabilizadora (experimentos 1 y 3), y sus correspondientes blancos (experimentos 2 y 4), completa las siguientes tablas. Ten en cuenta la estequiometría de la reacción para conocer los mmol del oxidante.

Experimento	Volumen consumido de $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ (mL)	mmol de Fe^{2+}	mmol de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ presentes en la muestra
1 (muestra: entrada a planta)			
2 (blanco)			

Experimento	Volumen consumido de $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ (mL)	mmol de Fe^{2+}	mmol de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ presentes en la muestra
3 (muestra: salida de planta)			
4 (blanco)			

- 2) Con los datos del apartado anterior completa la siguiente tabla y calcula la DQO a la entrada y a la salida de la planta potabilizadora, una vez terminado el proceso de purificación. Para calcular los datos relativos a los mmol de oxígeno, considera la capacidad oxidante relativa de ambos oxidantes. Para calcular la DQO ten en cuenta que has valorado 50 mL de agua.

Toma de muestra	mmol de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ consumidos en la oxidación	mmol de O_2 equivalente	mg de O_2	DQO (mg O_2 /L)
Entrada a planta				
Salida de planta				

- 3) A la vista de los resultados obtenidos, ¿en qué porcentaje se ha rebajado la DQO con el tratamiento? ¿El agua tratada por esta planta potabilizadora cumple con las recomendaciones de la OMS?

TAREA 2: DESINFECCIÓN

En lo relativo a la desinfección, el cloro y sus derivados son muy efectivos como biocidas y garantizan la rápida eliminación de microorganismos patógenos, que son responsables de muchas enfermedades (tifus, cólera, gastroenteritis, salmonelosis...). Además, proporciona una desinfección que no desaparece rápidamente, sino que permanece por un tiempo en el sistema de abastecimiento (habitualmente se mantiene durante 72 h, tiempo suficiente para que el agua llegue desde la red de abastecimiento hasta los hogares).

Cuando el cloro gaseoso se disuelve en agua, se transforma en ácido hipocloroso y ácido clorhídrico. Si en vez de utilizar agua se utiliza una disolución de hidróxido de sodio, el cloro gaseoso se transforma en hipoclorito de sodio y cloruro de sodio (disolución conocida como lejía). Esta reacción es un proceso muy rápido y completo.

El ácido hipocloroso es un ácido débil, de manera que utilizando disoluciones de hipoclorito de sodio y modificando el pH, podemos alcanzar un equilibrio en que coexisten ácido hipocloroso e iones hipoclorito en distintas proporciones. Los valores que toma la constante de acidez del ácido hipocloroso a distintas temperaturas se recogen en la siguiente tabla:

Temperatura	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C
K_a	$1,5 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,2 \times 10^{-8}$	$2,5 \times 10^{-8}$	$2,7 \times 10^{-8}$

La suma de las concentraciones de las dos especies, ácido hipocloroso e iones hipoclorito, es lo que se conoce como **cloro residual libre**. Se recomienda que, de forma general, al menos existan niveles de **0,2 mg/L** de cloro libre en todos los puntos de la red de distribución para asegurar un **efecto bactericida**, sin sobrepasar 1,0 mg/L.

El ácido hipocloroso tiene mayor poder bactericida que el ion hipoclorito (entre 80 y 100 veces mayor), probablemente porque penetra a través de las membranas de las bacterias debido a su carácter neutro y puede destruir a las bacterias desde dentro. Este aspecto es muy importante, ya que la proporción de ácido hipocloroso e ion hipoclorito es función del pH. De forma ideal se debería trabajar al pH más idóneo para lograr una desinfección más eficiente. Esto no siempre es posible, porque la distinta procedencia del agua que llega a las plantas potabilizadoras hace que en algunas poblaciones sea más básica que en otras.

En la planta potabilizadora en que trabajas el pretratamiento de oxidación se ha realizado con derivados de cloro, por lo que al principio del tratamiento se ha añadido suficiente cantidad de cloro para llevar a cabo dichas reacciones y además las de desinfección. Es decir, el cloro que efectúa la desinfección constituye una parte de la demanda total de cloro que se calcula al principio. Como el cloro interviene en muchos procesos, no vale con los cálculos iniciales: para asegurar que en la etapa inicial se ha añadido suficiente cantidad de cloro, hay que ir haciendo medidas de cloro libre residual en distintas zonas de la ETAP, y rectificar las cantidades si es necesario. En la zona de desinfección, según sea el remanente de cloro, suele ser necesario añadir más hipoclorito de sodio. No solo para que tenga la cantidad adecuada en ese momento, sino también para asegurar que el agua llegue a los hogares con un nivel suficiente de cloro libre residual para mantener la desinfección, ya que los derivados de cloro se van degradando con el tiempo y también se pierde algo en las tuberías de conducción. En esta *ETAP*, dadas sus características de distribución y los parámetros habituales del agua de abastecimiento, lo ideal es conseguir **una concentración de cloro libre de 0,65 ppm en el depósito**.

Sabiendo todo esto, en este punto tú vas a anotar el pH del agua en el depósito de potabilización, la medida del cloro libre residual y la temperatura.

El pH y la temperatura son fáciles de medir. La cantidad de cloro residual libre (que, como se ha dicho antes, es la suma de las concentraciones de ácido hipocloroso e iones hipoclorito) se determina mediante un método colorimétrico utilizando DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamina) que, en su forma oxidada, da una coloración rosa que puede ser medida cuantitativamente con un colorímetro (la intensidad del color medido está directamente relacionado con la concentración).

Las medidas que tomas son:

pH = 7,8 T: 15 °C cloro residual libre = 0,2 ppm

Datos adicionales:

ppm = parte por millón (en disoluciones acuosas muy diluidas, 1 ppm equivale a 1 mg/L)

