



Análisis volumétrico del agua del grifo: cinco experiencias para la enseñanza secundaria post-obligatoria

G. Jiménez Valverde¹; A. Llitjós Viza²

¹ IES Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona);

² Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica. Universitat de Barcelona

RESUMEN

Este artículo proporciona cinco métodos volumétricos de análisis para determinar la alcalinidad, la dureza, los cloruros, el oxígeno disuelto y la materia orgánica de una muestra de agua del grifo. Estas cinco volumetrías pueden ser realizadas en niveles post-obligatorios de la enseñanza secundaria ya que son sencillas de realizar y cubren los cuatro tipos de volumetrías, según el tipo de reacción (ácido-base, complejación, precipitación y redox) y los tres tipos según el método operativo (directa, indirecta y por retroceso).

ABSTRACT

This article provides five volumetric procedures to analyse the alkalinity, the hardness, the chloride, the dissolved oxygen and the organic matter contents in tap water samples. These five titrations can be realized in non-compulsory levels of the secondary education since they are simple to carry out due to their easiness and they cover acid-base, complexation, precipitation and redox titrations as well as direct, indirect and back titrations.

Los profesores de química de secundaria nos encontramos ante la necesidad de realizar prácticas de laboratorio con nuestros alumnos. Una de las maneras de afrontar esta situación consiste en que el profesorado prepare la actividad práctica de laboratorio con el consabido consumo de tiempo (además del de reactivos) que acarrea el tener que ensayar y probar hasta conseguir el procedimiento deseado. Otra manera, más sostenible y económica consiste en recurrir a manuales de prácticas de laboratorio, aunque no siempre encontramos la experiencia práctica que se adecua a nuestras necesidades o no disponemos del material o los reactivos necesarios o, simplemente, el guión que nos ofrece dicho manual induce a cometer algún error durante la realización de la experiencia práctica o, directamente, el guión contiene algún error o está obsoleto.

En este artículo ofrecemos la descripción detallada de cinco actividades prácticas, en concreto cinco volumetrías, para ser realizadas por los alumnos en el laboratorio.

¿Qué hace de estas cinco volumetrías algo interesante para el profesorado de química de secundaria?

- Las cinco volumetrías cubren los cuatro tipos de volumetrías, según el tipo de reacción: ácido-base, complejación, precipitación y oxidación-reducción.
- Las cinco volumetrías cubren los tres tipos de volumetrías, según el método operativo: volumetría directa, volumetría indirecta y volumetría por retroceso.
- En las cinco volumetrías, la muestra a analizar es agua del grifo, por lo que la disponibilidad de muestra para realizar los análisis está más que garantizada para cualquier instituto o centro de nuestro país. Las variables en cada volumetría (cantidad de muestra a valorar, concentración de reactivos, capacidad del material volumétrico...) están adaptadas a la muestra de agua de grifo, habiendo tenido en cuenta variaciones habituales en todos los parámetros analizados.
- Los cinco métodos volumétricos que se proponen son procedimientos que se aplican en industrias y laboratorios de análisis y, por tanto, acercan al alumno a la realidad del análisis químico.
- En ninguna de las volumetrías se hace uso de material o de reactivos difíciles de encontrar en cualquier suministrador de material y reactivos de laboratorio (tabla 1).

Estas volumetrías han sido realizadas durante los últimos cuatro cursos académicos en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental (dentro del módulo "Depuración de Aguas") del IES Mercè Rodoreda, si bien también pueden realizarse en segun-

Número	Volumetrías descritas	Tipo de volumetría ¹	Tipo de volumetría ²
1	Determinación de la alcalinidad	Ácido-Base	Directa
2	Determinación de la dureza	Complejación	Directa
3	Determinación de los cloruros	Precipitación	Directa
4	Determinación del oxígeno	Reducción-Oxidación	Indirecta
5	Determinación de la oxidabilidad al permanganato	Reducción-Oxidación	Retroceso (doble)

¹ según el tipo de reacción; ² según el método operativo.

Tabla 1.

do curso de Bachillerato o en otros ciclos formativos, tanto de grado medio como de grado superior. Las cinco volumetrías se presentan con la siguiente estructura:

- Título
- Introducción
- Objetivos
- Material
- Reactivos
- Procedimiento
- Resultados
- Observaciones (si procede)

VOLUMETRÍA 1

Título

Determinación de la alcalinidad de una muestra de agua

Introducción

La alcalinidad se determina mediante una valoración ácido-base con HCl (o H_2SO_4) diluido utilizando indicadores colorimétricos (o potenciométricos). Se suele determinar la alcalinidad a la fenolftaleína (también llamada "Título Alcalimétrico" o TA) cuyo viraje concluye a $pH=8,3$ y la alcalinidad al naranja de metilo (denominada en este caso "Título Alcalimétrico Complejo" o TAC) cuyo viraje concluye a $pH=3,2$. El viraje de la fenolftaleína está próximo al punto de equivalencia para las concentraciones de carbonato (y es posterior al punto de equivalencia para el OH^-) y representa la valoración de, aproximadamente, todo el OH^- y la mitad del CO_3^{2-} presentes. El viraje del naranja de metilo está próximo al punto de equivalencia para el HCO_3^- y permite la determinación de la alcalinidad total de la muestra. De las relaciones entre estas dos valoraciones se obtiene aproximadamente la cantidad de HCO_3^- , CO_3^{2-} y OH^- de una muestra de agua, mediante ciertas relaciones matemáticas. Esta volumetría es una volumetría ácido-base directa.

Objetivos

- Determinación de la alcalinidad a la fenolftaleína (TA) y de la alcalinidad total (TAC), del contenido de OH^- , CO_3^{2-} y HCO_3^- de una muestra de agua.
- Utilización correcta del material de vidrio, en concreto, uso de una pipeta aforada y de una bureta. Enrase correcto, sin cometer error de paralaje.

Material

Buretas de 25 mL, pipetas aforadas de 100 mL, erlenmeyers de 250 mL, Pinzas, nuez, soporte para la bureta, placa calefactora (imprescindible si el indicador utilizado para la determinación del TAC es el rojo de metilo).

Reactivos

Solución patrón de ácido clorhídrico 0,04 M.

Indicadores: fenolftaleína y naranja de metilo (alternativamente, rojo de metilo).

Procedimiento

a) Alcalinidad a la fenolftaleína

Pipetea 100 mL del agua problema en un Erlenmeyer. Añade 3 ó 4 gotas de fenolftaleína. Si la solución no toma coloración rosada el TA de la muestra será cero y se procederá a aplicar la valoración de TAC. Si la muestra toma coloración rosa, procede a su valoración con adiciones de la disolución de HCl 0,04 M, gota a gota, desde la bureta. Homogeneiza la muestra después de cada

adición de valorante. Sigue la valoración hasta decoloración de la disolución (Viraje: rosa \rightarrow incoloro). Sean "A" los mL de ácido gastados.

b) Alcalinidad al naranja (o rojo) de metilo o TAC

A la disolución anterior, después de haber determinado el TA, se le añaden 3 ó 4 gotas de naranja de metilo (o rojo de metilo). La disolución tomará ahora una coloración amarillenta (o anaranjada, si utilizaste rojo de metilo). Si la solución ha tomado color rojo significa que ya ha virado y por tanto, $TAC=TA$. Sin rellenar la bureta, continua valorando hasta viraje del indicador (viraje: naranja (o amarillo, si utilizaste el rojo de metilo) \rightarrow rojo/rosado). Para apreciar mejor este viraje: al acercarnos al punto de equivalencia, se calienta el matraz hasta ebullición, se deja enfriar y se continua la valoración. Si se ha utilizado rojo de metilo, es IMPRESCINDIBLE hervir la solución en las proximidades del punto de equivalencia.

Sean "B" los mL totales de HCl 0,04 M gastados en las dos valoraciones.

Resultados

a) Cálculo de TA y TAC

$TA=0,4 \times f \times A$ donde:

- TA: Título Alcalinométrico en mmol/L.
- f: factor de la solución de HCl.
- A: volumen (en mL) de HCl 0,04 M consumidos hasta el viraje de la fenolftaleína.

$TAC=0,4 \times f \times B$ donde:

- TAC: Título Alcalinométrico Complejo en mmol/L.
- f: factor de la solución de HCl.
- A: volumen (en mL) de HCl 0,04 M consumidos hasta el viraje del naranja de metil.

Tanto el TA como el TAC se suelen expresar en mg $CaCO_3/L$. Para pasar de mmol/L a mg $CaCO_3/L$ basta con multiplicar el valor de TA (o TAC) en mmol/L por 50,05.

b) Cálculo de (OH^-) , (HCO_3^-) y (CO_3^{2-}) .

Para hallar las concentraciones anteriores (en mmol/L) ten en cuenta que:

- $TA(\text{mmol/L}) = (CO_3^{2-}) + (OH^-)$
- $TAC(\text{mmol/L}) = 2 \times (CO_3^{2-}) + (HCO_3^-) + (OH^-)$

Para pasarlas a mg (OH^-) , (HCO_3^-) o $(CO_3^{2-})/L$ basta con multiplicarlas por su masa molar.

Observaciones

- El agua del grifo (potable) no suele tener ni carbonatos ni hidróxidos, por tanto, el $TA=0$ y la fenolftaleína debería ser incolora al añadirla a la muestra de agua.
- El agua destilada utilizada en esta práctica debería contener un nivel bajo de CO_2 . Éste se puede eliminar filtrando a baja presión -trompa de agua- o bien hirviéndola durante 15 minutos y dejándola enfriar en un Erlenmeyer tapado

VOLUMETRÍA 2

Título

Determinación de la dureza de una muestra de agua.

Introducción

La determinación de la dureza total ($Ca+Mg$) se basa en la valoración complexométrica de la muestra de agua con EDTA a $pH=10$ utilizando NET (negro de eriocromo T) como indicador. La concen-

tración de calcio se determina mediante otra valoración complejométrica con EDTA, pero en este caso se trabaja a pH= 13 y se utiliza murexida como indicador; en este pH se produce la precipitación del Mg en forma de hidróxido, cosa que impide su complejación con EDTA y, por tanto, sólo se valora el Ca. La cantidad de Mg se obtiene, entonces, por diferencia de las dos valoraciones anteriores. Esta volumetría es una volumetría directa y de complejación.

Objetivos

- Determinación de la dureza de una muestra de agua y del contenido de Ca y de Mg.
- Utilización correcta del material de vidrio. Enrase correcto.

Material

Bureta de 25 mL, pipetas aforadas de 100 mL, erlenmeyers de 250 mL, probetas de 10 mL y 100 mL, vasos de precipitados, pinzas, nuez y soporte para la bureta.

Reactivos

- Solución patrón de EDTA 0,025 M
- NaOH, NH_4Cl y NH_3 conc, purísimos.
- Indicadores: Negro de Eriocromo T (NET) y murexida. En lugar del NET se puede utilizar calmagita y en lugar de la murexida se puede utilizar ácido calconcarboxílico.

Procedimiento

1) Preparación de soluciones auxiliares

- a) Disolución reguladora (tampón) de pH= 10.

Para preparar 100 mL de disolución reguladora, diluye 57 mL de amoníaco concentrado y 7 g de NH_4Cl en agua destilada y completa hasta 100 mL de disolución. Puedes ajustar el pH final de esta solución con el pH-metro, añadiendo más NH_4Cl o amoníaco concentrado según corresponda.

- b) Disolución de NaOH al 10%.

Para preparar 50 mL de disolución de NaOH al 10%, pesa 5 g de NaOH y disuélvelos en agua hasta completar 50 mL de solución.

2) Determinación de la dureza total o título hidrométrico (TH) (Ca^{2+} y Mg^{2+})

Pipetea 100 mL de muestra en un Erlenmeyer de 250 mL. Vierte, con probeta, 2 mL de la solución reguladora de pH= 10. Añade el indicador (NET o calmagita): 1 gota si está en solución alcohólica o bien una punta de espátula si está en estado sólido. La solución tomará un color violáceo. Valora con EDTA hasta que la solución tome color azul. (viraje: violeta → azul). Si no ves bien el viraje, añade rojo de metilo, que modifica los colores del viraje (viraje añadiendo rojo de metilo: naranja cobre → verde-amarillo). Anota el volumen de EDTA consumido (V_{TH}).

3) Determinación de la dureza cálcica (Ca^{2+})

Pipetea 100 mL de muestra en un Erlenmeyer de 250 mL. Vierte, con probeta, 5 mL de la solución de NaOH 10%, con lo que el Mg^{2+} precipita en forma de hidróxido y, por tanto, queda enmascarado. Añade una punta de espátula de indicador (murexida o ácido calcon-carboxílico). Valora con EDTA hasta viraje del indicador. He aquí los virajes en función del indicador:

- *Murexida*: de rosa a violeta-rosa intenso.
- *Calconcarboxílico*: de rosa asalmonado a azul turquesa.

Anota el volumen de EDTA consumido (V_c)

Resultados

- (1) Dureza total (mg CaCO_3/L)= $V_{\text{TH}} \cdot 25,0225$.
(2) Dureza total (grados franceses)= $(1) \cdot 0,1$.

- (3) Dureza total (grados alemanes)= $(1) \cdot 0,056$.
(4) Dureza Ca^{2+} (en mg CaCO_3/L)= $V_c \cdot 25,0225$.
(5) Dureza Ca^{2+} (en mg Ca^{2+}/L)= $(4) \cdot 0,4$.
(6) Dureza Mg^{2+} (en mg CaCO_3/L)= $(1)-(4)$.
(7) Dureza Mg^{2+} (en mg Mg^{2+}/L)= $(6) \cdot 0,243$.

(Si la concentración de EDTA tuviese un factor de corrección, f, se debería multiplicar este factor por cada uno de los siete factores anteriores)

Observaciones

- Si la solución de EDTA se ha preparado a partir de su sal disódica dihidratada, tiene que ser estandarizada frente a un patrón de Zn^{2+} . Sin embargo podemos tener en cuenta que, en condiciones atmosféricas normales, el dihidrato tiene un exceso de 0,3% de humedad, respecto a la cantidad estequiométrica. Excepto para trabajos más exactos, se puede aceptar que este exceso es suficientemente reproducible, de manera que se puede preparar una solución patrón a partir de la masa corregida de la sal, después de haberla secado durante 2 h a 80 °C para que pierda la humedad superficial.

VOLUMETRÍA 3

Título

Determinación de los cloruros de una muestra de agua.

Introducción

La determinación del contenido de cloruros en una muestra de agua se puede llevar a cabo mediante una volumetría (directa y de precipitación) con una solución estandarizada de AgNO_3 utilizando como indicador una disolución de K_2CrO_4 , que precipita cromato de plata insoluble de color rojo (Método de Mohr).

Objetivos

- Determinación del contenido de cloruros en una muestra de agua.
- Utilización correcta del material de vidrio. Enrase correcto.
- Preparación de un blanco.

Material

Bureta de 25 mL, pipeta aforada de 100 mL, Erlenmeyer de 250 mL, vasos de precipitados, espátula, pinza, nuez y soporte.

Reactivos

- Solución patrón AgNO_3 0,1 M.
- NaHCO_3 y CaCO_3 , purísimos.
- Indicador: K_2CrO_4 al 10%.

Procedimiento

Pipetea 100 mL de la muestra problema de agua en un Erlenmeyer de 250 mL. El pH en esta valoración debe mantenerse entre 7,0 y 10,0. En aguas potables, el pH se encuentra próximo a la neutralidad. En caso necesario, el pH de la misma puede ajustarse por adición de 1 g de NaHCO_3 . Añade mediante probeta (o pipeta Pasteur graduada) 1 mL de la solución de indicador (K_2CrO_4 al 10%). Homogeneiza bien. Llena la bureta con AgNO_3 0,1 M y enrásala adecuadamente. Procede a la valoración de la solución patrón de NaCl. A medida que se adiciona (lentamente y con agitación constante) AgNO_3 se va produciendo un precipitado blanquecino de AgCl . El punto final de la valoración se produce al aparecer un precipitado rojizo de Ag_2CrO_4 , ante un exceso de valorante. Realiza esta determinación por triplicado. Sea " V_m " la media del volumen de AgNO_3 0,1 M empleado en la valoración.

Se ha de realizar un ensayo en blanco, valorando una suspensión de 0,5 g de CaCO_3 en 100 mL de agua desionizada (añade igualmente 1 mL de indicador). En este caso el viraje tiene lugar cuando la solución adquiere un color amarillo sucio (viraje: amarillo canario \rightarrow amarillo sucio). Anota el volumen, " V_B ", de la solución de AgNO_3 0,1 M empleado en la valoración del blanco. No es necesario realizar un triplicado del blanco, pero no debería consumir más de 0,2-0,3 mL de solución de nitrato de plata.

Resultados

Cálculo de la concentración de cloruro en mg/L de la muestra problema, C_{Cl} :

$$C_{Cl} = (V_M - V_B) \times 35,453$$

donde:

- C_{Cl} : concentración de cloruro expresada en mg/L de Cl⁻.
- V_M : media de los volúmenes (en mL) de AgNO_3 0,1 M empleados en las valoraciones de la muestra problema.
- V_B : volumen (en mL) consumido de AgNO_3 0,1 M en la valoración del blanco.

Observaciones

- Si el agua desionizada utilizada en la preparación del indicador no está totalmente exenta de cloruros, es conveniente realizar un blanco de indicador.
- Los compuestos de cromo son muy tóxicos. La solución de plata puede producir quemaduras y manchas en la piel.

VOLUMETRÍA 4

Título

Determinación del oxígeno disuelto de una muestra de agua por el método Winkler.

Introducción

Se determina el contenido de oxígeno en las muestras de agua utilizando el método Winkler, que consiste en un volumetría indirecta redox con una solución patrón de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N utilizando almidón como indicador. Esta volumetría es una volumetría redox indirecta.

Objetivos

- Determinación del oxígeno disuelto en una muestra de agua.
- Preparación de soluciones auxiliares.
- Manejo del material de vidrio.

Material

Erlenmeyers de 500 mL, vasos de precipitados de 100 y de 250 mL, pipetas graduadas de 2 y 10 mL, probeta de 100 mL, frascos Winkler de 250 mL, bureta de 25 mL, soporte, nueces y pinzas de bureta, espátula.

Reactivos

- Solución patrón de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 0,015$ N.
- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KI, NaOH y H_2SO_4 conc, purísimos.
- Indicador: Almidón soluble (1%).

Determinación

1) Preparación de las soluciones auxiliares

- MnCl_2 50%: Disuelve en un vaso de precipitados de 250 mL 50 g de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 50 mL de agua y lleva la solución a 100 mL en el mismo vaso.
- Solución básica de KI: Disuelve en un vaso de precipitados de 100 mL 1,5 g de KI y 4,0 g de NaOH en 10 mL de agua.

- H_2SO_4 1:1: En un vaso de precipitados de 100 mL introduce 20 mL de agua destilada y añade lentamente y con agitación 20 mL de reactivo.

2) Determinación del oxígeno disuelto

Llena el frasco Winkler con la muestra de agua de manera que no se formen burbujas de aire y hasta que el líquido rebose durante unos instantes. Tapa el frasco, dejando que salga el exceso de agua.

Añade, mediante una pipeta graduada de 2 mL, 1 mL de la solución de cloruro de manganeso (II) en el fondo del frasco. También, con una pipeta graduada de 2 mL, añade 1 mL de la solución básica de KI en el fondo del frasco Winkler.

Tapa el frasco y agita diversas veces. Deja reposar 5 minutos.

Con la pipeta graduada de 10 mL, añade 5 mL de solución sulfúrica. Tapa y remueve. El precipitado se tiene que haber disuelto completamente. Si esto no sucede, añade más solución sulfúrica.

Valora con la solución $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N. Añade lentamente y con agitación constante el valorante hasta que la solución sea amarilla pálida. En este momento, añade con probeta 2 mL de indicador (almidón). Continúa valorando hasta la desaparición del color lila-azulado. Anota el volumen, V_M , de solución $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N utilizado.

Resultados

Para conocer la concentración de oxígeno en mg/L de la muestra problema hay que utilizar el siguiente factor:

$$\text{mg O}_2/\text{L} = V_M \times 0,48$$

donde V_M es el volumen de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N, expresado en mL, utilizado en valorar los 250 mL de muestra.

Observaciones

- La solución patrón de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,015 N se debe preparar a partir de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ y posterior estandarización frente a una solución patrón de KIO_3 .
- La determinación se debería realizar por triplicado, utilizando tres alícuotas diferentes de la muestra de agua.
- El hidróxido de sodio no puede contener nitrito, el yoduro de potasio no puede contener yodatos y el cloruro de manganeso (II) no puede contener hierro.

VOLUMETRÍA 5

Título

Determinación de la oxidabilidad al permanganato de una muestra de agua.

Introducción

En esta práctica se determina aproximadamente el contenido de materias de carácter orgánico de una agua sometida a oxidación química con un reactivo oxidante, permanganato de potasio en este caso. Se reserva el uso de la oxidabilidad al permanganato, que en adelante denominaremos DQO-Mn, para aguas potables, aguas brutas destinadas a potabilización, aguas subterráneas y aguas naturales, con bajo grado de polución orgánica. La siguiente volumetría es una volumetría redox de doble retroceso.

Objetivos

- Determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua.
- Manejo correcto del material de vidrio.
- Realización de un blanco.

Material

Erlenmeyers de 250 mL, bureta de 25 mL, pipetas aforadas de 100 y 10 mL, probetas de 10 mL, vasos de precipitados, pinza, nuez, soporte, espátula, placas calefactoras, cronómetro.

Reactivos

- Solución patrón KMnO_4 0,02 M.
- $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (sal de Mohr) y H_2SO_4 conc, purísimos.

Procedimiento

1) Preparación de las soluciones

- Solución de permanganato de potasio (0,0025 M): Prepara 200 mL de esta disolución por dilución a partir de KMnO_4 0,02 M solución patrón.
- Solución de Fe^{2+} (sal de Mohr) (5 g/L): prepara 100 mL de esta solución. La solución final ha de tener 1 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido sulfúrico diluido (1/3 v:v): diluye 10 mL de ácido sulfúrico concentrado en 30 mL de agua destilada. Esta dilución es muy exotérmica!

2) Limpieza de los Erlenmeyers

Los Erlenmeyers utilizados han de estar totalmente exentos de materia orgánica. Para limpiarlos, añade 50 mL de agua destilada, 10 mL de permanganato de potasio 0,0025 M (probeta) y 4 mL de ácido sulfúrico diluido al Erlenmeyer. Pon un poco de porcelana porosa y lleva a ebullición durante unos minutos. Después, enfría y enjuaga con agua destilada en abundancia el Erlenmeyer.

3) Ataque del permanganato

Pipetea 100 mL de muestra problema y deposítalos en un Erlenmeyer. Añade 5 mL (probeta) del ácido sulfúrico diluido y un poco de porcelana porosa o bolas de vidrio. Calienta el Erlenmeyer en la placa calefactora a ebullición. Cuando empiece a hervir, añade 10 mL (pipeta aforada) de KMnO_4 0,0025 M. La muestra ha de estar 10 minutos a ebullición después de que añadas el permanganato (empieza a cronometrar cuando la pipeta aforada esté en el punto medio de su proceso de vaciado). Cuando se cumplan 10 minutos exactos de ebullición, vierte, con pipeta aforada, 10 mL de la solución de Fe^{2+} . Deja enfriar el Erlenmeyer. Valora la solución del Erlenmeyer añadiendo la solución de KMnO_4 0,0025 M desde la bureta lentamente hasta una ligera coloración rosa. Sean A los mL de KMnO_4 gastados en la valoración de la muestra. Realiza toda la operación por triplicado, con lo que tendrás 3 valores: A_1 , A_2 y A_3 . Calcula el valor medio de los tres valores: A.

- Se hace un blanco sustituyendo los 100 mL de muestra por 100 mL de agua destilada (el resto del procedimiento es igual al explicado para una muestra). Sea B el volumen de mL de KMnO_4 consumidos en la valoración de este blanco.

Resultados

Para 100 mL de agua problema, el contenido de materia orgánica expresado como $\text{mg O}_2/\text{L}$ (DQO-Mn) será: A-B.

Observaciones

- La solución patrón de KMnO_4 se prepara a partir de KMnO_4 y estandarización con oxalato de sodio.
- Concentraciones muy elevadas de cloruros pueden interferir en la determinación.
- Lava bien el material utilizado en esta determinación. 

CURRICULUM

GREGORIO JIMÉNEZ VALVERDE

Formación profesional

Licenciado en Química por la Universitat de Barcelona. 1998.

Diploma de Estudios Avanzados (Suficiencia Investigadora) en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universitat de Barcelona. 2003.

Máster en Química Experimental (especialidad Química Analítica) por la Universitat de Barcelona. 1999.

Máster en Calificación Pedagógica del Profesorado de Secundaria (especialidad Ciencias Naturales) por la Universitat Politècnica de Catalunya. 2003.

Experiencia profesional

Actualmente, funcionario del cuerpo de profesores de enseñanza secundaria de la especialidad Análisis y Química Industrial y profesor del Ciclo Formativo de Grado Superior de Química Ambiental en el IES Mercè Rodoreda de L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona)

CURRICULUM

ANNA LLITJÓS I VIZA

Formación profesional

Doctora en Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Barcelona. 1977.

Experiencia profesional

Actualmente, Catedrática EU de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Formación del Profesorado de la Universidad de Barcelona.

Coordinadora del Grupo de Investigación Educativa ECEM (Enseñanza de las Ciencias y Educación Medioambiental)

Coordinadora del Grupo Consolidado de Innovación Docente de Didáctica de las Ciencias.

