

ANÀLISI D'AIGÜES



Autors:

**Anna Closes i Núñez
Jaume Pont Serra**

Agraïm la col·laboració de:

**Eva Corbella
Josep Girabal
Marta Morera
Anna Peig
Miquel Sala**

Centre de l'Aigua de Can Font



**AIGÜES DE
MANRESA
S.A.**



Manresa, curs 2007- 2008
(Revisió 2013-2014)

Anàlisi dels clorurs d'una aigua

Introducció

El clorur en forma Cl^- , és un dels ions inorgànics principals de l'aigua.

A l'aigua potable, el gust salat degut als clorurs, varia i depèn de la composició química de l'aigua:

- Aigua amb 250 mg Cl^-/L pot tenir un gust salat detectable si el catió és el Na^+ .
- En canvi, el gust salat típic pot estar absent en una aigua de 1000 mg Cl^-/L quan els cations són Ca^{2+} i Mg^{2+} .

En general les aigües dolces són pobres en clorurs. A la nostra comarca el riu es salinitza molt al passar per la conca salina de Sallent, Súria i Cardona.

L'augment de la quantitat de clorurs de l'aigua d'un riu també es deu a l'activitat humana ja sigui per les aigües residuals (detergents, descalcificadors,...) o per les indústries.

L'Organització Mundial de la Salut no ha establert un valor guia màxim de clorur i de sodi a l'aigua de consum, basat en criteris de salut, tot i que hi ha suficients proves científiques sobre els efectes perjudicials del consum elevat de sal.

A l'Estat Espanyol les entitats gestores del subministrament d'aigua han de donar compliment al Reial Decret 140/2003, (BOE núm 45 Viernes 21 febrero 2003 7239) on es recomana que la quantitat de clorurs en una aigua potable no sigui més de 250 mg/L. Si supera aquest valor, és molt probable trobar un gust salat, per la qual cosa normalment l'aigua es rebutja per beure.

Recomanacions per als grups de població més sensibles:

- Lactants: Si la lactància natural no és possible, es recomana preparar els biberons amb aigua envasada vigilant que tingui <25 mg/L de sodi. Si s'ha d'utilitzar aigua de l'aixeta, s'ha de verificar que no tingui nivells elevats de nitrats i/o clorurs i bullir-la, però només 1 minut, ja que l'ebullició més prolongada incrementa els nivells de nitrats, de clorurs i de sodi.
- Persones grans amb hipertensió arterial i/o afectació dels ronyons: Es recomana no utilitzar aigua de l'aixeta si té valors elevats de clorurs (>250 mg/L) o de sodi (>200 mg/L) ni per beure, fer cafè o cuinar.
- Persones amb problemes al cor i a les artèries o amb úlceres d'estómac i dones després de la menopausa: Es recomana no beure aigua amb nivells elevats de clorurs i de sodi. Només es pot utilitzar per fer cafè i cuinar, però sense afegir-hi sal després.

Un contingut elevat de clorurs pot perjudicar el creixement vegetal i malmetre conduccions o estructures metàl·liques

Objectius

- Determinar el contingut de clorurs a l'aigua mitjançant l'anàlisi clàssica anomenada mètode de Mohr.
- Fer una valoració. Aquest mètode es basa en la valoració directa dels clorurs amb nitrat de plata per formar clorur de plata insoluble AgCl ; el punt final de la valoració es detecta per

l'apreciació visual del precipitat vermellós de la sal de plata insoluble, el cromat de plata Ag_2CrO_4 .

- Fer una dilució d'una dissolució.

Què en sabem

- Què és un precipitat?
.....
.....
- Què entenem per solubilitat d'una sal? Amb quines unitats es mesura?
.....
.....
- Com es pot augmentar la solubilitat d'una sal?
.....
.....
- Què és el producte de solubilitat d'una sal? Quina informació ens dóna?
.....
.....
- Què és una valoració? Què ens permet conèixer?
.....
.....
- Què és un indicador ? Per què serveix?
.....
.....
- Volem obtenir 100 mL d'una dissolució i l'hem de preparar a partir d'una altra, diluint-la 10 vegades (dilució 1:10). Explica com ho faries.
.....
.....

Predicció

Les solubilitats del $AgCl$ i del Ag_2CrO_4 són respectivament 0,0019 g/L i 0,022 g/L. A l'afegir $AgNO_3$ a una solució de K_2CrO_4 i de $NaCl$, quina sal precipitarà primer, el Ag_2CrO_4 o el $AgCl$?

Material i equipament

| | |
|---|---|
| Material de laboratori 1 bureta de 25 mL 1 proveta de 100 mL 1 vas de precipitats de 100 mL 1 matràs erlenmeyer de 250 mL 1 pipeta de 10 mL i 1 pipetejador 1 matràs aforat de 100 mL 1 pinça doble per fer valoracions 1 suport | Mostres d'aigua Reactius Nitrat de plata $AgNO_3$ 0,1 M Cromat potàssic K_2CrO_4 |
|---|---|

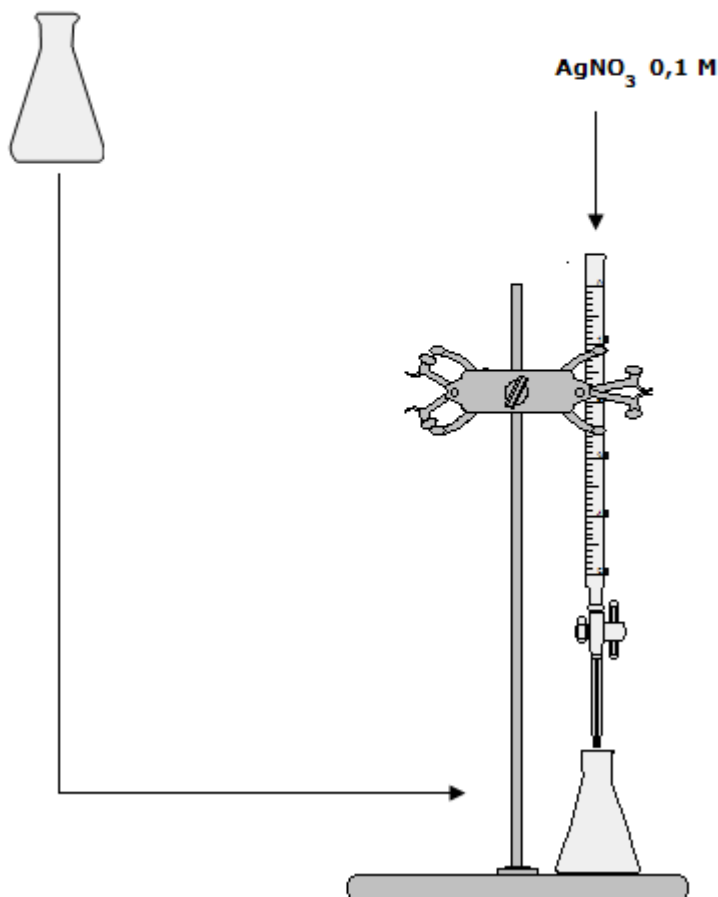
Procediment I



Muntatge

1. Mesura 100 mL d'aigua de la mostra amb una proveta i posa'ls al matràs erlenmeyer.
2. Afegeix-hi 3 gotes de solució concentrada de K_2CrO_4 , que actuarà com a indicador.
3. Munta la bureta al suport.
4. Omple la bureta amb la solució de $AgNO_3$ 0,1 M i enrasa-la.
5. Deixa caure gota a gota el $AgNO_3$ a l'erlenmeyer, fins que canviï de color (de groc llimona a un groc daurat). Cal que moguis el matràs contínuament. Tanca la bureta a la primera gota que produeixi el canvi de color.
6. Anota el volum de $AgNO_3$ que has gastat.

ESQUEMA PRÀCTIC

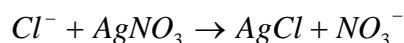
100 mL H₂O
3 gotes K₂CrO₄



| | |
|--|---|
| $AgNO_3$ C N  | <p>Pot provocar cremades, taca de color negre i les taques costen molt de marxar.</p> <p>És molt tòxic per als organismes aquàtics: pot provocar efectes negatius en el medi ambient i aquàtic a llarg termini.</p> |
| K_2CrO_4 T N  | <p>Pot causar càncer per inhalació. Pot causar alteracions genètiques hereditàries. Irrita els ulls, la pell i las vies respiratòries. Possibilitat de sensibilització en contacte amb la pell.</p> <p>És molt tòxic per als organismes aquàtics: pot provocar efectes negatius en el medi ambient i aquàtic a llarg termini.</p> |

Anàlisi de les dades

A l'afegir el $AgNO_3$ en la valoració, la primera reacció que es produeix és:



Sabent que el volum consumit de $AgNO_3$ en la valoració fins que ha canviat de color és de _____ mL de $AgNO_3$ 0,1 M, calculeu els mg d'ió Cl^- a l'aigua. (Per calcular-ho fixeu-vos que la reacció és mol a mol).

Tenint en compte que el volum de la mostra és 100 mL calculeu els mg Cl^- / L .

Conclusions

Compareu el vostre resultat amb els dels altres companys, comenteu a què poden ser degudes les diferències.

Comenteu el valor del resultat obtingut.

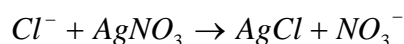
Procediment II

Si l'aigua té molts clorurs faria falta un volum molt gran de $AgNO_3$ per fer la valoració. Quan ens trobem en aquest cas, el què farem és fer una dilució de la mostra. Per fer-ho prepara 100 mL diluïts a la proporció 1:10.

- Amb la pipeta mesura 10 mL d'aigua de la mostra i posa-la al matràs aforat de 100 mL.
- Acaba d'omplir el matràs aforat amb aigua destil·lada. Posa els 100 mL al matràs erlenmeyer i segueix el **Procediment I** a partir del punt 2.

Anàlisi de les dades

A l'afegir el $AgNO_3$ en la valoració, la primera reacció que es produeix és:



Sabent que el volum consumit de $AgNO_3$ en la valoració fins que ha canviat de color és de _____ mL de $AgNO_3$ 0,1 M, calculeu els mg d'ió Cl^- a l'aigua. (Per calcular-ho fixeu-vos que la reacció és mol a mol).

Tenint en compte que el volum de la mostra és de 100 mL de dilució 1:10, calculeu els mg/L de Cl^- .

Conclusions

Compareu el vostre resultat amb els dels altres companys, comenteu a què poden ser degudes les diferències.

Comenteu el valor del resultat obtingut.

Qüestionari d'aplicació

- Quina quantitat de $AgNO_3(s)$ es necessita per preparar un litre de $AgNO_3$ 0,1 M? Com prepararies aquesta dissolució?
- Escriu la reacció química que ens indica el final de la valoració?
- Tenint en compte que les solubilitats del $AgCl$ i del Ag_2CrO_4 són respectivament 0,0019 g/L i 0,022 g/L, calculeu els productes de solubilitat de cada una d'aquestes sals.

Anàlisi dels clorurs d'una aigua

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1/2 hora per a l'experimentació
- 1/4 d'hora per les conclusions.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de Batxillerat Científic.

Orientacions metodològiques

- En cas de realitzar l'activitat a 1r de Batxillerat no es pot pretendre aprofundir massa. En aquest cas, l'objectiu serà l'aprenentatge d'algunes operacions de laboratori. També es pot treballar la part de la preparació de la dissolució de $AgNO_3$ 0,1 M i fer una dilució 1:10 d'una dissolució.
- Els alumnes de 2n de Batxillerat és possible que no hagin treballat el producte de solubilitat quan vinguin al Centre de l'Aigua. Es recomana que el professor en parli abans de venir al laboratori de Can Font.
- Convé que els alumnes treballin al seu centre educatiu l'apartat **Que en sabem?** d'aquesta pràctica, abans de venir al Centre de l'Aigua.

Orientacions tècniques

- Es pot indicar que si les mostres no estiguessin a pH 7–10 caldria corregir-lo perquè funcionés correctament la volumetria.
- Cal tenir en compte l'error de paral·laxi quan es fan lectures de volum tant en les buretes com en les pipetes i provetes.
- Durant la valoració, a vegades costa una mica veure quan vira l'indicador (sobretot en mostres acolorides o a mesura que es forma més precipitat). Per això es recomana diluir la mostra, si es sospita que té concentracions altes de clorurs.
- Pot ser interessant repetir l'experiència un parell de cops.
- En cas que durant la valoració es consumeixi més de 10 mL de $AgNO_3$ 0,1 M, per exactitud, es recomana fer una dilució. En el guió es proposa fer una dilució 1:10.
- Orientacions dels resultats: 50 mg/L a Manresa i 560 mg/L a Artés.
- Podem millorar el procediment fent un blanc (pot representar corregir uns 5 mg/L de clorurs, els quals són importants a concentracions relativament baixes).

Què en sabem

- **Què és un precipitat ?**

És el sòlid que es produeix en una dissolució com a resultat d'una reacció química.

- **Què entenem per solubilitat d'una sal? Amb quines unitats es mesura?**

La solubilitat és la màxima quantitat de sal dissolta que una solució pot admetre sense que es formi un precipitat. S'acostuma a expressar com la massa de solut que es dissol en 100 g d'aigua. Però també s'expressa en g solut/L de dissolució.

- **Com es pot augmentar la solubilitat d'una sal?**

Augmentant la temperatura i/o augmentant la quantitat de dissolvent.

- **Què és el producte de solubilitat d'una sal? Quina informació ens dóna?**

És la constant que s'obté com a resultat de multiplicar les concentracions molars dels ions elevats als respectius coeficients estequiomètrics de l'equació d'equilibri.

- **Què és un indicador i per què serveix?**

Un indicador és una substància natural o sintètica que, quan s'afegeix a la dissolució de la mostra que es vol valorar, produeix un canvi físic apreciable a simple vista degut a un canvi de color en el punt final de la valoració.

- **Volem obtenir 100 mL d'una dissolució i l'hem de preparar a partir d'una altra, diluint-la 10 vegades (dilució 1:10). Explica com ho faries.**

Agafaríem 10 mL de la dissolució inicial, els posaríem en un matràs aforat de 100 mL i acabariem d'omplir-lo amb aigua destil·lada fins a enrasar-lo.

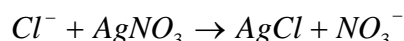
Predicció

Les solubilitats del $AgCl$ i del Ag_2CrO_4 són respectivament 0,0019 g/L i 0,022 g/L. A l'afegir $AgNO_3$ a una solució de K_2CrO_4 i de $NaCl$, quina sal precipitarà primer, el Ag_2CrO_4 o el $AgCl$?

En principi, ha de fer-ho primer el clorur de plata ja que, de les dues sals, és la que es satura amb menys quantitat de sal.

Anàlisi de les dades

A l'afegir el $AgNO_3$ en la valoració la primera reacció que es produeix és:



Sabent que el volum consumit de $AgNO_3$ en la valoració fins que ha canviat de color és de _____ mL de $AgNO_3$ 0,1 M, calculeu els mg d'ió Cl^- a l'aigua. (Per calcular-ho fixeuvos que la reacció és mol a mol).

$$\text{_____ mL } AgNO_3 \times \frac{0,1 \text{ mols } AgNO_3}{1000 \text{ mL } AgNO_3} \times \frac{1 \text{ mol } Cl^-}{1 \text{ mol } AgNO_3} \times \frac{35,5 \text{ g } Cl^-}{1 \text{ mol } Cl^-} \times \frac{1000 \text{ mg } Cl^-}{1 \text{ g } Cl^-} = \text{_____ mg } Cl^-$$

Tenint en compte que el volum de la mostra és 100 mL, calculeu els mg/L de Cl^- .

$$\text{_____} \frac{\text{mg } Cl^-}{0,1 \text{ L}} = \text{_____} \frac{\text{mg } Cl^-}{\text{L}}$$

Procediment II

Si l'aigua té molts clorurs faria falta un volum molt gran de $AgNO_3$ per la valoració. Quan ens trobem en aquest cas, el què farem és fer una dilució de la mostra. Per fer-ho es preparen 100 mL diluïts a la proporció 1:10.

Si volem tenir en compte els errors, per una concentració de 560 mg/L una dilució 1/10 és molt gran i l'error associat també. Tenint en compte que en una valoració l'error que es fa és de 3–5 mg/L, en aquest cas, hauríem de multiplicar per 10 i, per tant, l'error associat serà de 30-50 mg/L.

Anàlisi i tractament de les dades

Es segueixen els mateixos passos que en el procediment I per a calcular els mg Cl^- , mentre que per calcular la concentració hem de multiplicar per 10:

$$\text{_____} \frac{\text{mg } Cl^-}{0,1 \text{ mL}} \times 10 = \text{_____} \frac{\text{mg } Cl^-}{\text{L}}$$

Conclusions

Els alumnes haurien de comparar els resultats entre ells i criticar les diferències degudes a possibles errors de valoració.

Unes diferències de 3–5 mg/L (sense diluir la mostra) o de 30–50 mg/L (si es dilueix 10 cops la mostra) són d'esperar, sense que siguin significatives.

També haurien de comentar el seu resultat, tenint en compte les indicacions de concentració recomanada que es fa a la introducció.

Respostes al qüestionari d'aplicació

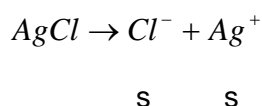
- **Quina quantitat de $AgNO_3$ (s) es necessita per preparar un litre de $AgNO_3$ 0,01 M ?**

Càlculs : En un matràs aforat de 1l hi hem de posar la quantitat de :

$$1L_{sol} \times \frac{0,01 \text{ mols } AgNO_3}{1L_{sol}} \times \frac{169,9 \text{ g } AgNO_3}{1 \text{ mol } AgNO_3} = 1,699 \text{ g } AgNO_3$$

- **Tenint en compte que les solubilitats del $AgCl$ i del Ag_2CrO_4 són respectivament 0,0019 g/L i 0,022 g/L, calculeu els productes de solubilitat de cada una d'aquestes sals.**

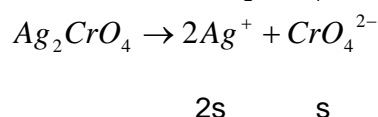
Tenint en compte la solubilitat del $AgCl$ podem escriure:



$$s = \frac{0,0019 \text{ g } AgCl}{1L} \times \frac{1 \text{ mol } AgCl}{143,3 \text{ g } AgCl} = 1,326 \cdot 10^{-5} \frac{\text{ mols } AgCl}{1L}$$

$$K_{ps} = [Cl^-] \cdot [Ag^+] = s \cdot s = s^2 = (1,326 \cdot 10^{-5})^2 = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

Tenint en compte la solubilitat del Ag_2CrO_4 podem escriure:



$$s = \frac{0,022 \text{ g } Ag_2CrO_4}{1L} \times \frac{1 \text{ mol } Ag_2CrO_4}{331,7 \text{ g } Ag_2CrO_4} = 6,63 \cdot 10^{-5} \frac{\text{ mols } Ag_2CrO_4}{1L}$$

$$K_{ps} = [Ag^+]^2 \cdot [CrO_4^{-2}] = (2s)^2 \cdot s = 4s^3 = 4(6,63 \cdot 10^{-5})^3 = 1,2 \cdot 10^{-12}$$

Duresa de l'aigua

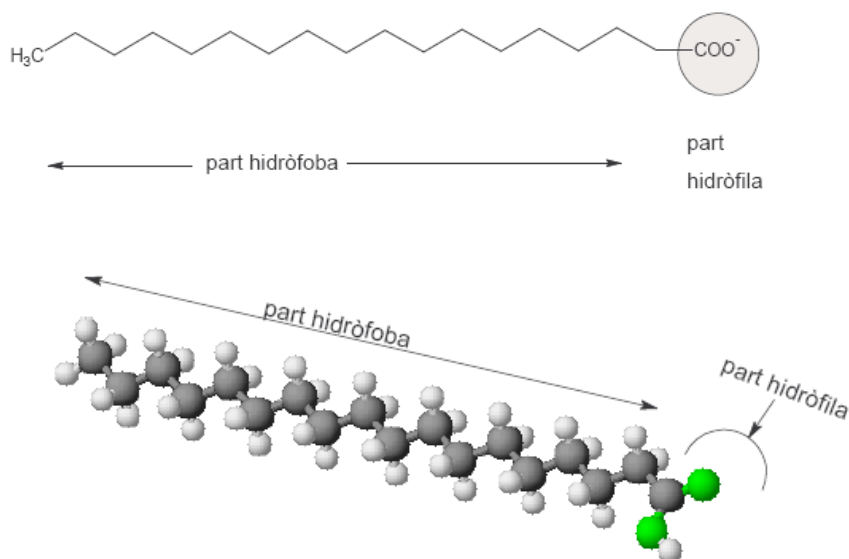
Introducció

La duresa de l'aigua és deguda a la presència d'ions Ca^{2+} i Mg^{2+} . Les sals que fan que l'aigua sigui dura són els carbonats, els hidrogen-carbonats, els clorurs i els sulfats. La duresa es pot eliminar fent bullir l'aigua, excepte quan és deguda als clorurs o als sulfats.

Les aigües dures no són recomanables per qui pateix del ronyó, ni per a preparar els aliments per als nadons. També poden donar problemes d'incrustacions a les canonades.

Les poblacions de costa solen tenir aigües de duresa mitjana, mentre que les poblacions dels Pirineus acostumen a tenir aigües de duresa molt baixa, tot i que la duresa de l'aigua depèn dels terrenys per on ha passat. Un bon indicador de la duresa de l'aigua són els sabons. Com més dura és una aigua més difícil és que faci escuma.

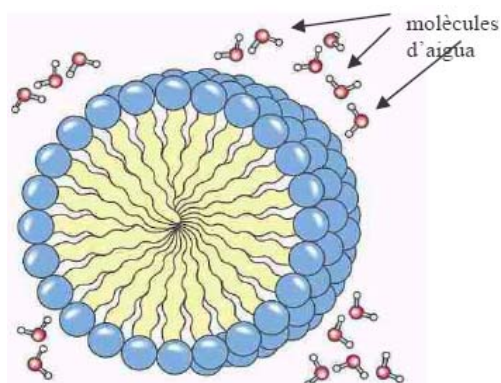
Els sabons estan formats per una molècula de forma allargada, en un extrem de la qual hi ha el grup COO^- i la resta de la molècula és una cadena d'àtoms de carboni i hidrogen semblant a la dels hidrocarburs. La seva forma "estructural" és $C_{18}H_{35}O_2^-$. Aquest ió va sempre acompanyat de l'ió positiu Na^+ o K^+ . Si mirem diferents models de la molècula trobem:



Aquesta forma particular de l'estructura dels sabons els dona les propietats necessàries per eliminar la brutícia. La "cua" de l'estructura s'uneix a les molècules de greix i a la brutícia, mentre que el "cap", que té carrega elèctrica, atrau les molècules d'aigua formant el que anomenem una micel·la de brutícia.

Els ions Ca^{2+} i Mg^{2+} de les aigües dures impedeixen que l'aigua envolti les micel·les formant l'escuma, és per això, que les aigües dures no en fan.

Anomenem duresa total de l'aigua al contingut de sals de calci i magnesi que té, mesurada en graus hidrotimètrics francesos (°HTF), de manera que 1 °HTF equival a la quantitat de calci que originaria 1 centígram de carbonat de calci per cada litre d'aigua. La duresa permanent és la duresa que resta després de provocar la precipitació per escalfament fins al punt d'ebullició de les sals precipitables de calci i magnesi. La concentració de les sals precipitables de calci i magnesi és la duresa temporal.



Un mètode ràpid, senzill i fiable de determinació de la duresa total i permanent de l'aigua, consisteix en la valoració complexomètrica amb una dissolució de la sal disòdica de l'àcid etilendiamintetraacètic (EDTA- Na_2).

Escala comparativa de duresa i qualitat de l'aigua:

| Concentració de CaCO_3 a l'aigua | Duresa en °HTF | Qualitat de l'aigua |
|---|----------------------------------|------------------------|
| De 80 a 149 mg/L CaCO_3 | de 8 a 14,9: aigües toves | Molt bona |
| de 150 a 219 mg/L CaCO_3 | de 15 a 21,9: aigües semidures | Bona |
| de 220 a 329 mg/L CaCO_3 | de 22 a 32,9: aigües força dures | Mitjana |
| de 330 a 549 mg/L CaCO_3 | de 33 a 54,9: aigües dures | Acceptable |
| Més de 550 mg/L CaCO_3 | més de 55: aigües molt dures | Difícilment acceptable |

Objectius

- Analitzar la qualitat d'una aigua de la teva població determinant-ne la seva duresa.
- Fer una valoració complexomètrica amb l'EDTA.

Què en sabem

- Què és una substància hidròfoba? I una hidròfila?
-

- Què és una solució tampó? Per què serveix?
-

- Què és un complex químic?
-

Predicció

Pel què has observat o has sentit a dir d'allà on vius, com creus que serà l'aigua que analitzes? Bona, acceptable, mitjanament acceptable...

Material i equipament

| | |
|---|--|
| Material de laboratori 1 bureta de 25 mL 1 proveta 100 mL 1 vas de precipitats 100 mL 1 matràs erlenmeyer 250 mL 1 pipeta de 5 mL, 1 pipeta de 10 mL i 1 pipetejador 1 pinça per valoració 1 suport | Mostres d'aigua Reactius Dissolució tampó pH=10 Indicador Negre EriocromT (Eriot) Dissolució d'EDTA 0,01 M |
|---|--|

Procediment

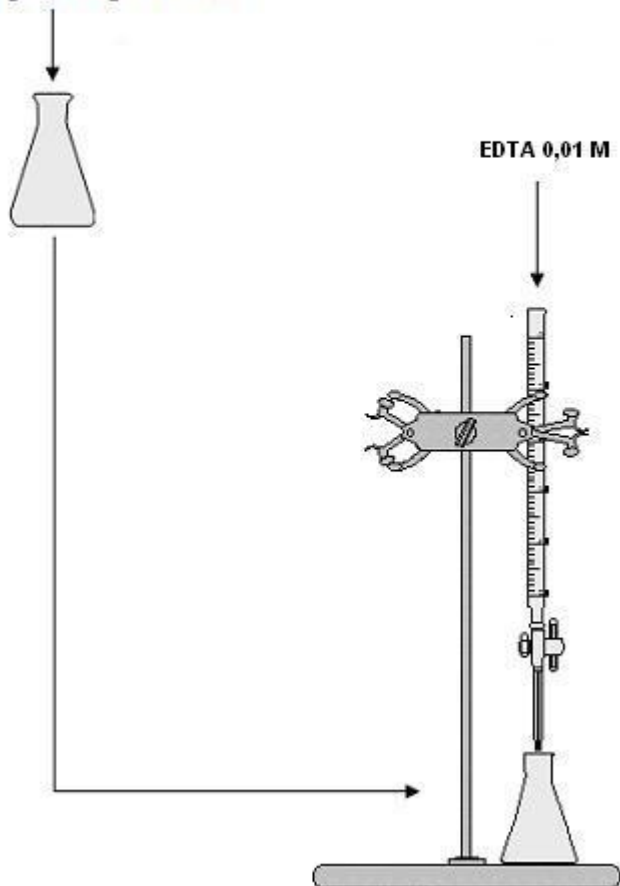
Es tracta de calcular la duresa total de l'aigua mitjançant una valoració.

Muntatge

1. Posa 10 mL de l'aigua a analitzar al matràs erlenmeyer i afegeix amb la proveta 90 mL d'aigua destil·lada.
2. Afegeix-hi 3 mL de dissolució tampó pH=10 i un parell de gotes d'indicador Negre EriocromT, apareixerà un color vermell rosat.
3. Munta la bureta al suport.
4. Posa una solució d'EDTA 0,01 M a la bureta enrasant-la bé.
5. Deixa caure gota a gota la solució d'EDTA sobre la mostra d'aigua fins que aparegui un color blavós.
6. Anota el volum d'EDTA que has gastat.

ESQUEMA PRÀCTIC

10 mL H₂O mostra + 90 mL H₂O destil·lada
 3 mL solució tampó pH=10
 2 gotes negre Ericrom



EDTA

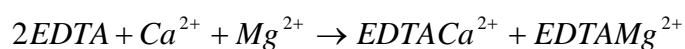
XI



Irrita els ulls

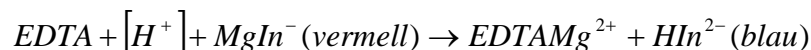
Anàlisi de les dades

Quan afegim gota a gota l'EDTA, té lloc una reacció amb els ions Ca²⁺ i Mg²⁺ de la mostra. La reacció que es produeix és:



Inicialment s'esgota tot l'ió Ca²⁺, després es comença a esgotar el Mg²⁺ i quan s'ha esgotat pràcticament tot el Mg²⁺ es produeix el canvi de color, ja que el Mg²⁺ unit al Negre EriocromT

($MgIn^-$), responsable del color vermell, és segrestat per l'EDTA produint-se un canvi de color a blau.



Sabent que el volum consumit d'EDTA en la valoració fins que ha canviat de color és de ___ mL d'EDTA 0,01 M, calcula els mols d'ions Ca^{2+} i Mg^{2+} totals que hi ha a l'aigua. (Per calcular-ho, fixa't amb les relacions entre els mols de la reacció anterior).

Tenint en compte que la duresa total és el contingut total de calci + magnesi expressats com a $^{\circ}HTF$, suposarem que els mols totals que has calculat abans són tots de $CaCO_3$. Tenint en compte que el volum de la mostra és de 10 mL, calcula els mg $CaCO_3/L$.

Conclusions

Compara el teu resultat amb els dels altres companys i comenta a què poden ser degudes les diferències.

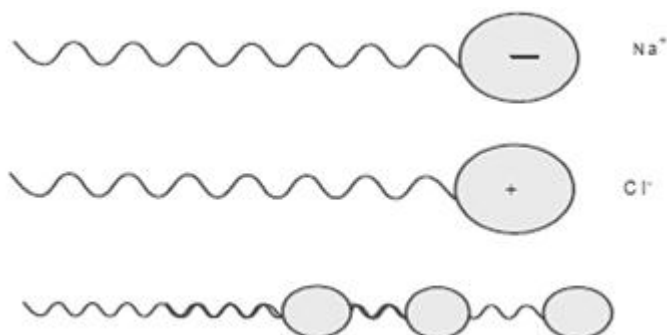
Consulta la taula de les qualitats que hi ha a la introducció i digues quina és la qualitat de l'aigua que has analitzat.

Qüestionari d'aplicació

1. A què poden ser deguts els canvis de duresa de les aigües a les diferents poblacions?

2. Igual que els sabons, els detergents estan formats per estructures amb una part hidròfoba i un cap hidròfil que pot tenir càrrega negativa, càrrega positiva o no tenir càrrega (en aquest últim cas però, aquesta part de la molècula continua tenint propietats hidròfiles).

Els detergents fan escuma, tot i que l'aigua sigui dura. Per què?



3. Els descalcificadors són aparells que s'utilitzen a la indústria o a les cases particulars per treure la duresa de l'aigua, per tant el calci i el magnesi. Són útils perquè quan l'aigua s'escalfa aquest ions precipiten en forma de carbonats a les canonades donant problemes per a posteriors usos (a la indústria, per exemple, en el tall de planxes metàl·liques i als particulars,

en els aparells on l'aigua s'escalfa com les cafeteres de bars i restaurants, rentaplats i rentadores, etc). La funció que fa un descalcificador és substituir els ions calci i magnesi per sodi. L'avantatge que té això és que, mentre que el calci i el magnesi no es contemplen dins de la legislació vigent (RD 140/2003), el sodi sí, i per tant hi ha una concentració màxima permesa a l'aigua.

Si tenim en compte els equivalents elèctrics, un mol de calci Ca^{2+} i un de magnesi Mg^{2+} amb dues càrregues positives, són substituïts per 2 mols d'ions sodi Na^{1+} amb una càrrega positiva.

És a dir:

1 mol de calci = 1 mol de magnesi = 2 mols de sodi

40 g/L Ca^{2+} = 24 g/L Mg^{2+} = 2*23 g/L Na^{+}

Calculeu quina és la concentració en sodi resultant de l'aigua de Manresa si es tracta amb un descalcificador, tenint en compte que l'aigua de partida té les següents concentracions dels 3 ions:

Sodi= 23 mg/L

Calci = 70 mg/L

Magnesi = 12 mg/L

Discussiu el resultat del valor obtingut tenint en compte el RD 140/2003.

Duresa de l'aigua Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- ¾ d'hora per a l'experimentació i les conclusions.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de Batxillerat Científic

Orientacions metodològiques

- En cas de realitzar l'activitat a 1r de Batxillerat no es pot pretendre aprofundir massa. En aquest cas, l'objectiu serà l'aprenentatge d'algunes operacions de laboratori.
- Per als alumnes de 2n de Batxillerat, potser caldrà explicar, prèviament a la pràctica, molt per sobre que és un complex.

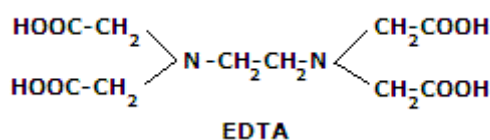
Què en sabem

- **Què és una substància hidròfoba i una d'hidròfila?**
Una substància hidròfoba és aquella que repel·leix les molècules d'aigua. Una substància hidròfila és aquella substància que forma unions amb la molècula de l'aigua.
- **Què és una solució tampó? Per què serveix?**
És una dissolució que manté constant els valors de pH quan se li afegeix àcid o base. Per mantenir el pH d'una solució fix.
- **Què és un complex químic?**
És un compost químic que conté un àtom o un ió central, generalment d'un metall de transició acceptador d'electrons, envoltat d'un grup d'ions o de molècules donadors d'electrons. Aquest grup d'ions o molècules tendeix a conservar la seva identitat fins i tot en solució, tot i que és susceptible de dissociació parcial.

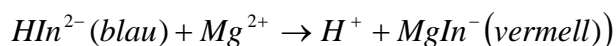
Procediment

Orientacions tècniques

- Els alcalinoterris presents a l'aigua formen un complex de tipus quelat amb l'EDTA o àcid etilendiaminotetracètic que en la seva forma desprotonada pot produir enllaços de coordinació en sis punts que són els N i els COO⁻. Els quelats que es formen són estables a pHs alts.



El NET a pH=10 és un anió divalent HIn^{2-} (blau) que forma un complex (MgIn^-) vermell quan s'uneix amb el Mg^{2+} .



Quan valorem amb EDTA es formen els quelats d'EDTA amb el Mg^{2+} que ha segregat del complex MgIn^- deixant de nou lliures els HIn^{2-} que són de color blau. Per això el viratge en aquesta valoració és de vermell a blau.

- La solució tampó de pH=10 es prepara amb 67'5 g de clorur amònic i 570 ml d'amoniac concentrat i s'acaba de completar fins a 1 litre amb aigua destil·lada.
- **Nota:** Si el volum emprat d'EDTA 0,01 M en l'assaig és inferior a 1 ml (100 mg/L de duresa), torneu a valorar la mostra, però amb l'EDTA 0,01 M. En aquest cas, s'ha de valorar també un blanc de 100 mL d'aigua destil·lada.
En el segon cas, els càlculs de la C expressada en mg/L són:

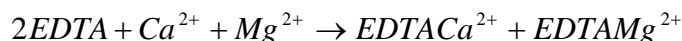
$$C = (V - V_b) \cdot 10$$

V és el volum d'EDTA consumit
 V_b és el volum d'EDTA emprat en la valoració del blanc

- El Negre d'eriocrom T es prepara dissolent 1 g de negre d'eriocrom T en 100 ml de trietanolamina.
- Cal tenir en compte l'error de paral·laxi quan es fan lectures de volum tant en les buretes com en les pipetes i provetes.
- Durant la valoració, a vegades costa una mica veure quan vira l'indicador.
- Pot ser interessant que es repeteixi l'experiència un parell de cops.
- Orientacions dels resultats: Manresa, aproximadament 250 mg/L.

Anàlisi i tractament de les dades

Sabent que el volum consumit d'EDTA 0,01 M en la valoració fins que ha canviat de color és de x mL, calcula els mols d'ions Ca^{2+} i Mg^{2+} totals que hi ha l'aigua. (Per calcular-ho fixeu-vos en la reacció).



$$x \cdot \text{mLEDTA} \times \frac{0,01 \text{ mols EDTA}}{1000 \text{ mLEDTA}} \times \frac{2 \text{ mols Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}}{2 \text{ mol EDTA}} = x \cdot 10^{-5} \text{ mols de Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$$

Tenint en compte que la duresa total és el contingut total de (calci + magnesi) expressats en °HTF, suposarem que els mols totals que has calculat abans són tots de $CaCO_3$. Tenint en compte que el volum de la mostra és 10 mL, calcula els mg $CaCO_3/L$.

$$\frac{x \cdot 10^{-5} \text{ mols } Ca^{2+}, Mg^{2+}}{10 \text{ mL mos}} \times \frac{1000 \text{ mL mos}}{1 \text{ L mos}} \times \frac{100 \text{ g } CaCO_3}{1 \text{ mol } Ca^{2+}, Mg^{2+}} \times \frac{1000 \text{ mg } CaCO_3}{1 \text{ g } CaCO_3} = x \cdot 100 \text{ mg } CaCO_3 / L$$

Conclusions

Els alumnes haurien de comparar els resultats entre ells i comentar les diferències degudes a possibles errors de valoració.

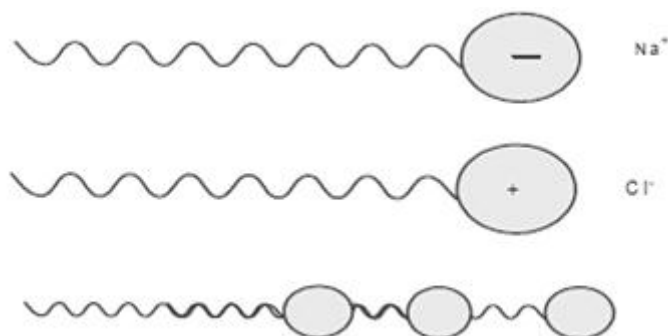
També haurien de justificar la resposta que donen referent a la qualitat de l'aigua, tenint en compte les dades de la introducció.

Qüestionari d'aplicació

1. A què poden ser deguts els canvis de duresa de les aigües a les diferents poblacions?

La duresa de l'aigua és deguda a la presència de ions Ca^{2+} i Mg^{2+} . Per tant, en funció dels terrenys pels quals ha passat l'aigua al llarg del seu recorregut tindrem poblacions amb aigües toves o dures.

2. Igual que els sabons, els detergents estan formats per estructures amb una part hidròfoba i un cap hidròfil que pot tenir càrrega negativa, càrrega positiva o no tenir càrrega (en aquest últim cas però, aquesta part de la molècula continua tenint propietats hidròfiles).



però, aquesta part de la molècula continua tenint propietats hidròfiles).

Els detergents fan escuma tot i que l'aigua sigui dura. Per què?

Perquè en els detergents la part hidròfila pot estar carregada positivament, llavors els ions

Mg^{2+} i Ca^{2+} no interfereixen en la formació d'escuma.

3. Els descalcificadors són aparells que s'utilitzen a la indústria o a les cases particulars per treure la duresa de l'aigua, per tant el calci i el magnesi. Són útils perquè quan l'aigua s'escalfa aquest ions precipiten en forma de carbonats a les canonades donant problemes per a posteriors usos (a la indústria, per exemple, en el tall de planxes metàl·liques i als particulars, en els aparells on l'aigua s'escalfa com les cafeteres de bars i restaurants, rentaplats i rentadores, etc). La funció que fa un descalcificador és substituir els ions calci i magnesi per sodi. L'avantatge que té això és que, mentre que el

calci i el magnesi no es contemplen dins de la legislació vigent (RD 140/2003), el sodi sí, i per tant hi ha una concentració màxima permesa a l'aigua.

Si tenim en compte els equivalents elèctrics, un mol de calci Ca^{2+} i un de magnesi Mg^{2+} amb dues càrregues positives, són substituïts per 2 mols d'ions sodi Na^{1+} amb una càrrega positiva.

És a dir:

1 mol de calci = 1 mol de magnesi = 2 mols de sodi

40 g/L Ca^{2+} = 24 g/L Mg^{2+} = 2x23 g/L Na^{+}

Calculeu quina és la concentració en sodi resultant de l'aigua de Manresa si es tracta amb un descalcificador, tenint en compte que l'aigua de partida té les següents concentracions dels 3 ions:

Sodi= 23 mg/L

Calci = 70 mg/L

Magnesi = 12 mg/L

Discutir el resultat del valor obtingut tenint en compte el RD 140/2003.

La concentració resultant en sodi = 126,5 mg/L. La normativa aconsella que l'aigua tingui valors de Na^{+} per sota de 200 mg/L.

Nota:

També s'ha de tenir en compte que, quan instal·les un aparell intermedi entre el comptador de l'aigua i l'aixeta de casa teva (com pot ser el cas d'un descalcificador), no es pot garantir que t'arribi a l'aixeta el mínim de clor que marca la llei i que l'empresa subministradora d'aigua et garanteix. En aquest cas, és responsabilitat del propietari de l'aparell fer els manteniments adients.

Consultes

<http://xtec.cat/~ffernan5/08003.htm>

http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/bscw.qmd.de_bscw_bscw.cgi_d32817138-3_EDTA_Ca_Mg_final.html

Anàlisi dels nitrats de l'aigua

Introducció

L'ió nitrat NO_3^- és un dels resultats finals de la degradació de la matèria orgànica per part d'alguns bacteris. La seva presència a l'aigua potable no és perjudicial per la salut si els nivells de concentració dels nitrats són baixos. Una aigua amb una concentració elevada de nitrats és indicadora de contaminació. La causa principal de la presència de nitrats a les aigües naturals s'associa a activitats d'origen industrial, ramader, urbà i a l'activitat agrícola (abocament d'aigües residuals industrials, d'aigües residuals urbanes o efluent orgànic de les explotacions ramaderes).

A l'Estat Espanyol les entitats gestores del subministrament de l'aigua han de donar compliment al Reial Decret 140/2003, (BOE núm 45 Viernes 21 febrero 2003 7239) on s'obliga que la quantitat de nitrats en una aigua potabilitzada no sigui més de **50 mg/L**.

Objectius

- Analitzar la qualitat d'una aigua determinant-ne el seu contingut en nitrats NO_3^- .

Què en sabem

- Saps com afecta una aigua amb excés de nitrats a la nostra salut?
-
-

Predicció

Si tens en compte d'on has agafat la mostra d'aigua, creus que tindrà nitrats?

Material i equipament

| | |
|---|---|
| Material de laboratori 2 tubs d'assaigs 1 cullereta 1 xeringa 1 escala colorimètrica | Mostres d'aigua Reactius Reactiu de nitrats 1 Reactiu de nitrats 2 |
|---|---|

Procediment

Es tracta de calcular la quantitat de nitrats fent ús d'un Kit d'anàlisi de nitrats.

Muntatge

1. Posa 5 mL de mostra a cadascun dels tubs amb l'ajuda de la xeringa (la mateixa mostra en els dos tubs).
2. Col·loca un dels tubs a la posició A del comparador. L'altre a la B. Només afegeix reactius al tub B.
3. Afegeix 5 gotes de reactiu 1 al tub B. Tanca'l i barreja.
4. Afegeix una culleradeta mesuradora rasa del reactiu 2 al tub B. Agita-ho immediatament durant 1 minut.
5. Espera 5 minuts. Obre el tub B i col·loca'l a la posició B del comparador.
6. Desplaça el comparador sobre l'escala colorimètrica fins que aconseguis la igualtat de color a la part transparent de la mostra. La lectura es fa a la ranura del comparador.
7. Després de la lectura, neteja les cubetes amb aigua i aigua destil·lada i tanca-les.

Anàlisi i tractament de les dades

Si tens en compte els límits marcats pel Reial Decret per a les aigües potables, com classificaries l'aigua que acabes d'analitzar?

Conclusions

Compara el teu resultat amb els dels altres companys i comenta a què poden ser degudes les diferències.

Qüestionari d'aplicació

Els nitrats d'adobs químics o naturals (purins) que s'utilitzen per adobar els camps, es filtren i acaben arribant als pous. Hi ha pous en els quals s'augmenta la concentració de nitrats quan plou: la pluja renta els camps; l'aigua, que es contamina amb nitrats, s'infiltra a través del terreny i els pous augmenten la seva concentració d'aquest paràmetre. Hi ha d'altres pous que quan plou disminueixen la seva concentració en nitrats perquè l'aigua que s'infiltra dilueix els que ja hi eren presents.

L'aigua de tipus superficial (rius o rieres) no sol ser tan sensible als nitrats perquè els cabals d'aigua solen ser més grans.

- Què es pot fer per disminuir la concentració de nitrats en una aigua si supera els 50 mg/L?

Catalunya és una zona afectada pels nitrats, cada vegada es detecten més zones vulnerables, i les llicències d'activitat de les granges estan condicionades als plans de tractament dels seus purins.

- Busca informació de les zones vulnerables i relaciona-les amb les activitats que s'hi porten a terme (o el nombre de caps de bestiar).

Anàlisi de Nitrats de l'aigua

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- ¼ d' hora per a l'experimentació i les conclusions.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de Batxillerat Científic

Orientacions metodològiques

- Es pot realitzar tant a 1r de Batxillerat com a 2n ja que no requereix coneixements previs, només cal tenir cura de seguir un text pautat.

Orientacions tècniques

- Orientacions dels resultats: 3 mg/L a Manresa.

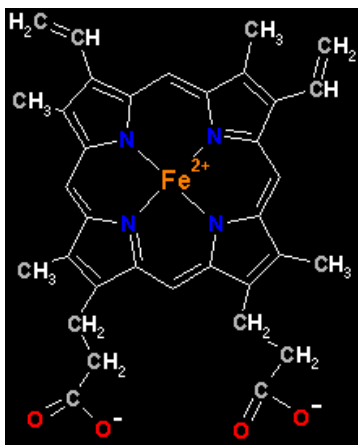
Què en sabem

- **Saps com afecta una aigua amb excés de nitrats a la nostra salut?**

Els nitrats no impliquen una toxicitat directa per a l'home llevat que els consumeixi massivament. I és que la importància dels nitrats en la nostra dieta no deriva tant del seu comportament com de la seva transformació, mitjançant una sèrie de processos biològics molt complexos, en nitrits.

Aquesta transformació pot plantejar, ocasionalment, problemes greus a les criatures de menys de sis mesos de vida. El metabolisme dels nounats fa la conversió de nitrats a nitrits molt fàcilment al tracte gastrointestinal. A més, durant els primers mesos de vida, el nen conserva una part de la seva hemoglobina fetal, un 60 % al néixer, que va disminuint al llarg d'aquests mesos. Aquesta hemoglobina fetal, que té una estructura lleugerament diferent a la normal, és molt susceptible de ser oxidada per nitrits, i aleshores ja no pot transportar l'oxigen a les cèl·lules.

Es pot provocar, d'aquesta forma, una intoxicació mortal, anomenada metahemoglobinèmia, coneguda també com la "síndrome del nen blau".



Aquesta transformació també es pot produir, amb menor intensitat, en els adults i constitueix una font important de nitrits, però aquests interaccionen d'una forma molt poc eficaç amb l'hemoglobina normal i per això, aquesta conversió no constitueix cap problema per als adults. Però els nitrits poden reaccionar, al nostre estómac, amb aliments parcialment païts, per a donar nitrosamines, que són compostos cancerígens. Les nitrosamines són enormement reactives i ataquen les molècules del propi cos, com ara l'ADN.

Procediment

Orientacions tècniques

Cal insistir als alumnes que llegeixin bé les instruccions i que siguin rigorosos en el seu seguiment.

Anàlisi i tractament de les dades

És d'esperar que l'aigua que analitzen estigui per sota de 50 mg/l.

Conclusions

Els resultats han de ser iguals entre els diferents grups, si hi ha alguna diferència és degut a la interpretació subjectiva dels resultats.

Qüestionari d'aplicació

Els nitrats d'adobs químics o naturals (purins) que s'utilitzen per adobar els camps, es filtren i acaben arribant als pous. Hi ha pous en els quals s'augmenta la concentració de nitrats quan plou: la pluja renta els camps; l'aigua, que es contamina amb nitrats, s'infiltra a través del terreny i els pous augmenten la seva concentració d'aquest paràmetre. Hi ha d'altres pous que quan plou disminueixen la seva concentració en nitrats perquè l'aigua que s'infiltra dilueix els que ja hi eren presents.

L'aigua de tipus superficial (rius o rieres) no sol ser tan sensible als nitrats perquè els cabals d'aigua solen ser més grans.

- **Què es pot fer per disminuir la concentració de nitrats en una aigua si supera els 50 mg/L?**

Per disminuir la concentració de nitrats hi ha dues opcions:

- Diluir l'aigua que s'ha de subministrar amb una altra aigua, de tal manera que la barreja sigui inferior als 50 mg/L. Això succeeix, per exemple a Calaf, on es dilueix l'aigua de pous amb aigua de la riera o bé al Maresme (zona afectada pels horts), on es compra la quantitat d'aigua necessària procedent dels rius Ter-Llobregat per tal que la concentració final sigui inferior a 50 mg/L.
- Treure els nitrats per osmosi inversa. És una solució tècnicament cara ja que el procés requereix molta energia i en ell es perd un 25% del cabal d'aigua tractada. A part d'això, cal condicionar l'aigua generada, ja que amb l'osmosi no només s'eliminen els nitrats sinó també altres sals no agressives i necessàries per a la salut de les persones. (La tècnica d'osmosi inversa és la que s'utilitza a les dessaladores).



Catalunya és una zona afectada pels nitrats, cada vegada es detecten més zones vulnerables, i les llicències d'activitat de les granges estan condicionades als plans de tractament dels seus purins.

- **Busca informació de les zones vulnerables i relaciona-les amb les activitats que s'hi porten a terme (o el nombre de caps de bestiar).**

Anàlisi del pH d'una aigua

Introducció

El **pH** ens dona una idea del grau d'acidesa o basicitat d'una aigua. Les aigües de la natura tenen un pH habitualment neutre. Un pH massa baix (per sota de 6) o massa alt (per damunt de 9) és un factor que per ell mateix fa difícil la vida dels organismes aquàtics.

A l'Estat Espanyol, les entitats gestores del subministrament d'aigua han de donar compliment al Reial Decret 140/2003, (BOE núm 45 Viernes 21 febrero 2003 7239) on es recomana un pH entre 6,5 i 9,5.

El valor del pH va des de 1 fins a 14. Si el pH d'una solució és inferior a 7 és diu que és àcida, si és de 7, neutra i si el pH és superior a 7 és bàsica.

Es considera un pH normal per l'aigua, un valor que oscil·la entre 6,5 i 9,5.

El valor del pH pot ser clau a l'hora de trobar un contaminant a l'aigua. Per exemple, pH baixos a l'aigua afavoreixen la presència de metalls pesants en solució, mentre que a pH alt, la majoria dels metalls pesants (excepte el mercuri i el crom) tendeixen a precipitar.

Objectius

- Determinar el valor del pH d'una aigua.
- Manipular correctament la instrumentació electrònica.

Què en sabem

- Quina és la fórmula que ens permet calcular el valor del pH?

.....

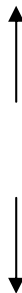
.....

.....

- Ordeneu les següents substàncies dins de la taula:

Lleixiu
Aigua mineral amb gas
Àcid clorhídric (salfumant)
Aigua destil·lada
Hidròxid sòdic (sosa càustica)
Refresc amb gas
Àcid acètic (vinagre)
Sang
Bicarbonat sòdic
Suc de raïm

| | |
|--|--------|
| | |
| | |
| | àcid |
| | |
| | |
| | neutre |
| | |
| | bàsic |
| | |
| | |



Predicció

Entre quins valors de pH creus que estarà la teva mostra?

Material i equipament

| Material de laboratori | Mostres d'aigua |
|--|-----------------|
| 1 vas de precipitats 1 vas de precipitats amb aigua destil·lada 1 vas per a residus 1 flascó rentador 1 paper absorbent 1 elèctrode de pH | |

Procediment

Muntatge

1. Posa la mostra (aigua) en un vas de precipitats, aproximadament fins a la meitat.
2. Retira l'elèctrode del vas d'aigua destil·lada i eixuga'l amb paper absorbent.
3. Introdueix l'elèctrode dins de la mostra d'aigua durant 1 minut, engega l'aparell i prem el botó de pH.
4. Remou el vas amb cura. Fes la lectura al cap de 45' d'haver engegat l'aparell i anota el resultat.
5. Retira l'elèctrode i posa'l a sobre el vas de rebuig. Neteja'l amb aigua destil·lada i eixuga'l amb paper absorbent.
6. Torna al punt 3 o posa l'elèctrode dins del vas amb aigua destil·lada i apaga l'aparell, segons el cas.

Conclusions

Comenteu els valors dels resultats obtingut.

Compareu els vostres resultats amb els dels altres companys. Si hi ha diferències, comenteu a què poden ser degudes.



Qüestionari d'aplicació

- A la farmaciola pots trobar fàrmacs que actuen com a antiàcids (combaten l'acidesa d'estómac, facilitant les digestions pesades) Quins valors de pH creus que tenen les dissolucions d'aquests productes?
- Un producte de netejar vidres té un pH=9. En aquest líquid, quins ions trobarem en més concentració: H^+ , OH^- ?
- Un lleixiu té un pH de 13, es barregen 0,1 litres d'aquest lleixiu amb 10 litres d'aigua. El pH continuarà essent bàsic? Quin valor tindrà ara?

Anàlisi del pH d'una aigua

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1/4 hora per a l'experimentació i les conclusions.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de Batxillerat Científic.

Orientacions metodològiques

- En cas de realitzar-la a 1r de Batxillerat, no es pot pretendre aprofundir massa en algunes qüestions.
- Els alumnes de 2n de Batxillerat és millor que ja hagin fet el tema dels àcids, abans de venir al Centre de l'Aigua.
- Convé que els alumnes treballin al seu centre educatiu l'apartat **Que en sabem?** d'aquesta pràctica, abans de venir al Centre de l'Aigua.

Orientacions tècniques

- Cal calibrar el pHmetre quan es prepari el material per realitzar la pràctica. Es necessiten solucions tampó de pH=4 i pH=7 a temperatura ambient.
- S'ha de ser curós amb la neteja de l'elèctrode. També cal anar-lo removent en el vas de mostra per tal d'aconseguir homogeneïtat en la mostra.
- Pot ser interessant que es repeteixin les mesures més d'un cop. La mateixa pràctica es pot fer amb els sensors de l'equip multilab de l'aula de ciències.
- El pH de l'aigua de Manresa és aproximadament 7,7.

Què en sabem

- **Quina és la fórmula que ens permet calcular el valor del pH?**

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

- **Ordeneu les següents substàncies dins de la taula:**

| | | |
|--------------------------------|------|---------------|
| Àcid clorhídric (salfumant) | 1 | àcid |
| Refresc amb gas | 2,1 | |
| Àcid acètic (vinagre) | 2,5 | |
| Suc de raïm | 3,1 | |
| Aigua mineral amb gas | 4 | |
| Aigua destil·lada | 7 | neutre |
| Sang | 7,4 | bàsic |
| Bicarbonat sòdic | 8,4 | |
| Lleixiu | 12,5 | |
| Hidròxid sòdic (sosa càustica) | 13 | |

Sovint és més interessant saber si una substància és àcida o bàsica que no saber el valor del pH, tot i que aquest valor depèn de la concentració de substància.

Predicció

Entre quins valors de pH creus que estarà la teva mostra?

Com que és una aigua potable, els valors hauran de moure's entre 6,5 i 9,5

Conclusions

Els alumnes haurien de comparar els resultats entre ells i criticar les possibles diferències degudes a possibles errors de lectura o de mètode de treball.

També haurien de comentar el seu resultat tenint en compte les recomanacions dels valors de pH que es fan a la introducció.

És habitual trobar diferències entre els resultats de pH d'entre 0,14–0,20 unitats, però no són significatives.

Respostes al qüestionari d'aplicació

- **A la farmaciola pots trobar fàrmacs que actuen d'antiàcids (combaten l'acidesa d'estómac, facilitant les digestions pesades). Quins valors de pH creus que tenen les dissolucions d'aquests productes?**

Haurien de tenir pH bàsic.

- **Un producte de netejar vidres té un pH=9. En aquest líquid, quins ions trobarem en més concentració: H^+ , OH^- ?**

Els OH^- ja que el pH=9 correspon a un pH bàsic.

- **Un lleixiu té un pH de 13. Es barregen 0,1 litres d'aquest lleixiu amb 10 litres d'aigua. El pH continuarà essent bàsic? Quin valor tindrà ara?**

Com que fem una dilució, el pH és menys bàsic.

$$pH = 13 \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-13} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-1} \text{ mols } OH^- / L$$

$$0,1L \cdot 10^{-1} \text{ mols } OH^- / L = 10^{-2} \text{ mols } OH^-$$

$$10^{-2} \text{ mols } OH^- / 10,1L \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3} \text{ mols } / L \Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-11} \Rightarrow pH = 11$$

Mesura de la conductivitat de l'aigua

Introducció

Les substàncies iòniques no són conductores del corrent elèctric en estat sòlid, però si que ho són en dissolució. En una dissolució d'una sal iònica en aigua, els ions es troben lliures i poden conduir el corrent elèctric. La conducció del corrent elèctric augmentarà:

- Amb la concentració de la sal.
- Com més fàcilment es puguin moure els ions, és a dir, amb menor grandària dels ions.
- Amb la càrrega dels ions.
- Amb la temperatura.

La conductivitat és una mesura de la conducció elèctrica d'una dissolució i ens dona idea de la quantitat de sal dissolta en una aigua. La conductivitat es mesura en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A l'Estat Espanyol les entitats gestores del subministrament d'aigua han de donar compliment al Reial Decret 140/2003, (BOE núm 45 Viernes 21 febrero 2003 7239) on es recomana una conductivitat no superior als $2500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

A la taula podeu veure el grau de mineralització segons el valor de la conductivitat:

| Conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a 20°C | Valor d'A | Mineralització |
|--|-----------|----------------|
| Inferior a 50 | 1,36 | Baixa |
| Entre 50 i 166 | 0,95 | |
| Entre 166 i 333 | 0,77 | |
| Entre 333 i 833 | 0,71 | Mitjana |
| Entre 833 i 10.000 | 0,76 | Alta |
| Superior a 10.000 | 0,85 | Molt alta |

Per a calcular el valor numèric de la mineralització ho podem fer aplicant la fórmula:

$$\text{Mineralització} = A \cdot \text{conductivitat} = \text{_____} \text{ mg/L}$$

La cel·la d'un conductímetre està feta per dues làmines de superfície (S) i separades una distància (L). La resistència d'un líquid que es troba entre aquestes dues làmines és:

$$R = \mu \frac{L}{S} \quad (\text{on } \mu = \text{resistivitat})$$

La *conductància* (C) d'un líquid és la inversa de la seva resistència elèctrica, es mesura en Siemens (S) ($1 \text{ S} = 1 \text{ ohm}^{-1}$) i s'expressa com a:

$$C = \frac{1}{R} = \frac{1}{\mu \frac{L}{S}} = \frac{S}{\mu L} = k \frac{S}{L} \quad (\text{on } k = 1/\mu \text{ conductivitat})$$

Aïllant la *k* de l'expressió anterior tenim la **conductivitat k** d'un líquid:

$$k = \frac{1}{\mu} = \frac{CL}{S}$$

- És la inversa de la seva resistivitat i es mesura en Siemens/cm ($S \cdot cm^{-1}$).
- La conductivitat k varia amb la temperatura (en graus Celsius) segons

$$K_t = k_{20\text{ °C}} [1 + 1,88 \times 10^{-2} (t-20)]$$

Objectius

- Mesurar la conductivitat d'una mostra d'aigua.
- Manipular correctament la instrumentació electrònica.

Què en sabem

- Per què els sòlids iònics no condueixen i sí que ho fan les seves dissolucions?

.....

.....

- Quina aigua tindrà la conductivitat més gran, la del mar o la de l'aixeta de casa teva?

.....

.....

- On creus que la conductivitat de l'aigua serà més gran, a l'aixeta de casa o a l'entrada de la depuradora?

.....

.....

Predicció

Tenint en compte la taula de conductivitats i la normativa vigent, quins valors de conductivitat esperes que tinguin les teves mostres?

Material i equipament

| Material de laboratori | Mostres d'aigua |
|--|-----------------|
| 1 vas de precipitats 1 vas per a residus 1 flascó rentador 1 paper absorbent 1 conductímetre | |

Procediment

Muntatge

1. Posa la mostra (aigua) en un vas de precipitats, aproximadament fins a la meitat.
2. Introdueix l'elèctrode dins de l'aigua i remou-lo amb cura fins que s'estabilitzi la lectura. Anota el resultat.
3. Retira l'elèctrode i posa'l a sobre del vas de neteja. Neteja'l amb aigua destil·lada i eixuga'l amb paper absorbent.
4. Torna al punt 2 o deixa l'elèctrode sobre la taula i apaga l'aparell, segons el cas.

Anàlisi de dades

Amb els resultats obtinguts calcula la mineralització de les aigües.

Conclusions

Comenteu els valors dels resultats obtingut.

Compareu els vostres resultats amb els dels altres companys. Si hi ha diferències, comenteu a què poden ser degudes.

Qüestionari d'aplicació

- L'aigua del Mediterrani té aproximadament 14,8 g de sal per cada 400 cm³ d'aigua. Quina serà aproximadament la seva conductivitat?

Mesura de la conductivitat de l'aigua Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1/4 hora per a l'experimentació i les conclusions.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de Batxillerat.

Orientacions metodològiques

- Convé que els alumnes treballin al seu centre educatiu l'apartat **Que en sabem?** d'aquesta pràctica, abans de venir al Centre de l'Aigua.

Orientacions tècniques

- Cal calibrar el conductímetre quan es prepari el material per realitzar la pràctica.
- S'ha de ser curós amb la neteja de l'elèctrode. També cal anar-lo remonent en el vas de mostra per tal d'aconseguir una mostra homogènia.
- Pot ser interessant repetir les mesures més d'un cop. La mateixa pràctica es pot fer amb els sensors de l'equip multilab de l'aula de ciències.
- La conductivitat de l'aigua de Manresa és aproximadament 610 μS .

Què en sabem

- **Per què els sòlids iònics no condueixen i sí que ho fan les seves dissolucions?**

Els ions en dissolució estan lliures i al moure's entre les dues plaques de l'elèctrode condueixen el corrent elèctric. Quan els ions estan en els sòlids ocupen posicions fixes en el reticle cristal·lí, és per això que, en no poder-se moure, no condueixen el corrent elèctric.

- **Quina aigua tindrà la conductivitat més gran, la del mar o la de l'aixeta de casa teva?**

La del mar, ja que té més sals dissoltes i més ions per conduir el corrent elèctric.

- **On creus que la conductivitat de l'aigua serà més gran a l'aixeta de casa o a l'entrada de la depuradora?**

L'aigua del clavegueram té una gran quantitat de sals dissoltes, per això la seva conductivitat és molt gran. L'aigua que arriba a la depuradora és aigua de l'aixeta que ja hem usat i durant el seu ús hi hem afegit més ions (sabons, sals, etc.).

Predicció

Tenint en compte la taula de conductivitats i la normativa vigent quins valors de conductivitat esperes que tinguin les teves mostres ?

La taula de la introducció ens pot donar idea de la conductivitat de les mostres d'aigua.

Anàlisi de dades

Amb els resultats obtinguts calcula la mineralització de les aigües.

A la introducció hi ha una fórmula per a calcular la mineralització.

Conclusions

Els alumnes haurien de comparar els resultats entre ells i comentar les possibles diferències degudes a possibles errors de lectura o de mètode de treball.

Es poden esperar diferències no significatives d'un 1,6–2% respecte el valor de conductivitat mesurat.

Els alumnes també haurien de comentar el seu resultat, tenint en compte les recomanacions dels valors de la conductivitat que fem a la introducció.

Respostes al qüestionari d'aplicació

- **L'aigua del Mediterrani té aproximadament 14,8 g de sal per cada 400 cm³ d'aigua. Quina serà aproximadament la seva conductivitat?**

$$\frac{14,8 \text{ gsal}}{400 \text{ cc}} \times \frac{1000 \text{ mg sal}}{1 \text{ gsal}} \times \frac{1000 \text{ cc}}{1 \text{ l}} = 37000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Tenint en compte que, per a conductivitats grans $A = 0,85$

$$\frac{37000 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{0,85} = 43529 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$$

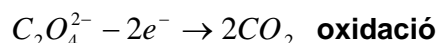
Anàlisi d'oxidabilitat al permanganat

Introducció

La matèria orgànica (MO) és un dels contaminants més importants en els ecosistemes aquàtics perquè produeix un increment de l'activitat bacteriana.

Les entitats gestores del subministrament d'aigua han de donar compliment al Reial Decret 140/2003, (BOE núm 45 Viernes 21 febrero 2003 7239) que qualifica la matèria orgànica com a component no desitjable en les aigües de consum humà. La matèria orgànica dissolta a l'aigua s'expressa en mgO_2/L , ja que la quantitat representa l'oxigen que consumiria la matèria orgànica existent a l'aigua. S'accepta com a valor màxim admissible de matèria orgànica dissolta en una aigua potable $5 mgO_2/L$.

L'oxidació química de les matèries orgàniques i de substàncies oxidables es fa amb permanganat potàssic calent i en medi àcid i a continuació es valora el permanganat sobrant amb àcid oxàlic. Les semireaccions redox que hem de tenir en compte són:



Objectius

- Determinar el contingut de matèria orgànica (MO) a l'aigua potable mitjançant l'oxidació amb permanganat potàssic en medi àcid.
- Fer una valoració. Veure el gran poder oxidant del permanganat en medi àcid.

Què en sabem

- Quan podem dir que en un procés té lloc una oxidació?

.....

.....

- Quan podem dir que en un procés té lloc una reducció?

.....

.....

- Què és una reacció redox?

.....

.....

- L'ió permanganat en medi àcid actua com a reductor o com a oxidant?

.....

.....

Predicció

La dissolució de l'ió MnO_4^- és de color lila i la de l'ió Mn^{2+} és incolor. Quin canvi es produirà quan afegim àcid oxàlic en excés a la mostra que conté permanganat en medi àcid?

Material i equipament

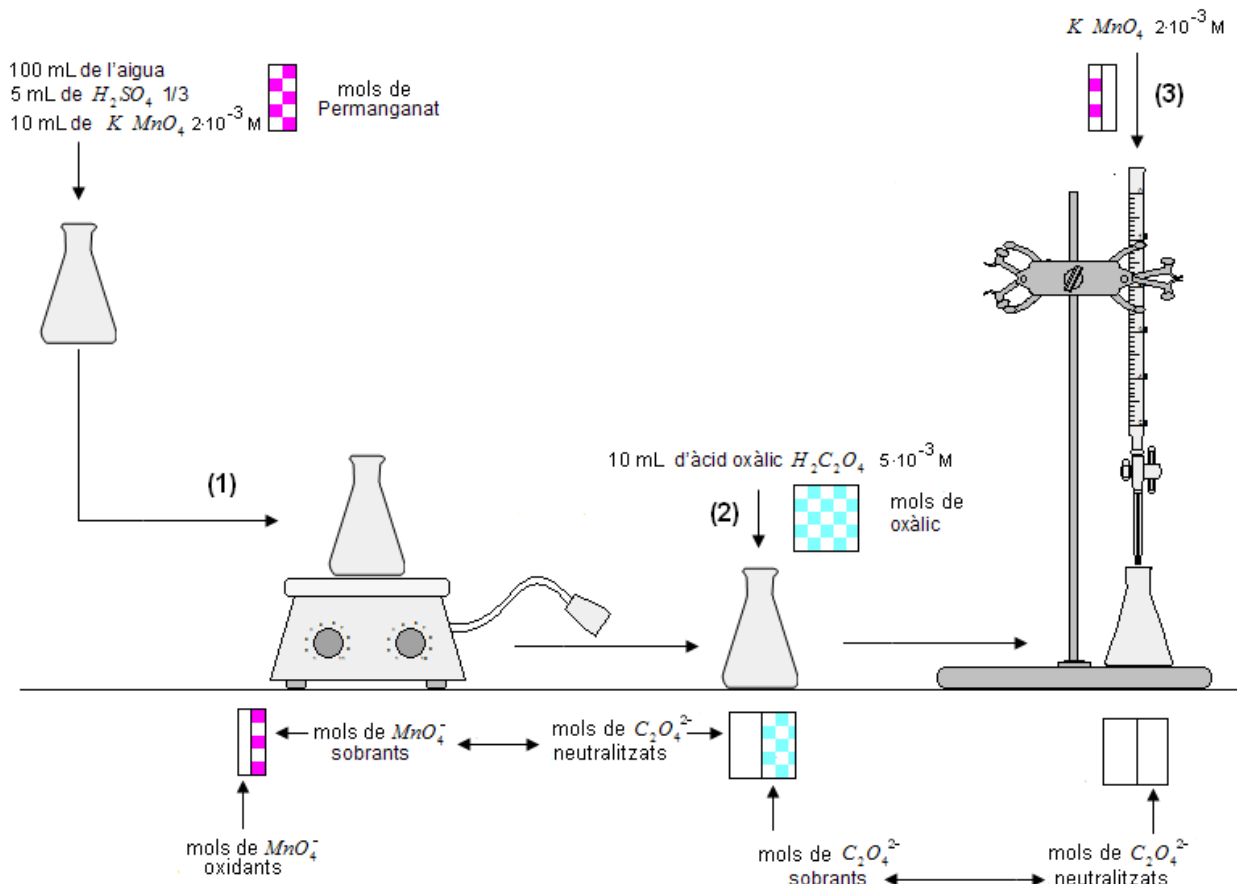
| | |
|--|---|
| Material de laboratori 1 bureta de 25 mL 1 proveta de 100 mL 2 pipetes de 10 mL i 1 pipetejador 1 pipeta de 5 mL 1 vas de precipitats de 100 mL 1 matràs erlenmeyer de 500 mL per matèria orgànica amb dues boles de vidre 1 rellotge 1 pinça doble per valoracions 1 suport 1 placa calefactora 1 pines i un tros de cuir | Mostres d'aigua Reactius Permanganat potàssic $KMnO_4$ 0,002M Àcid sulfúric H_2SO_4 1/3 en pes Àcid oxàlic $H_2C_2O_4$ 0,005M |
|--|---|





Procediment

Muntatge

1. Mesura amb una proveta de 100 mL d'aigua de la mostra i posa'ls al matràs erlenmeyer per a matèria orgànica. Comprova que hi hagi les dues boles de vidre.
2. Afegeix-hi 5 mL de H_2SO_4 1/3 i 10mL de $KMnO_4$ 0,002M.
3. Escalfa-ho amb la placa calefactora i, a partir de quan arrenqui el bull, deixa-l'hi durant 10 minuts. Mentrestant omple la bureta amb la solució de $KMnO_4$ 0,002M i enrasa-la.
4. Treu l'erlenmeyer de la placa calefactora amb unes pines, afegeix-hi 10 mL d'àcid oxàlic $H_2C_2O_4$ 0,005M. Es produirà una decoloració.
5. Agafa l'erlenmeyer amb el cuir, per no cremar-te, i deixa caure gota a gota el $KMnO_4$, fins que aparegui color rosat.
6. Anota el volum de $KMnO_4$ gastat.

ESQUEMA PRÀCTIC



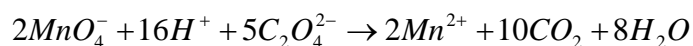
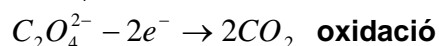
| | |
|--|--|
|  | Tingues cura amb la placa calefactora |
| H_2SO_4  | Provoca cremades greus. |
| $KMnO_4$  | Comburent, nociu i perillós pel medi ambient. |
| $H_2C_2O_4$  | Nociu. |

Anàlisi de les dades

Com que valorem l'àcid oxàlic $H_2C_2O_4$ sobrant amb permanganat $KMnO_4$, el volum afegit de permanganat en la valoració ens permet calcular l'oxigen que la matèria orgànica ha consumit.

Per fer-ho tindrem en compte totes les reaccions que han anat tenint lloc durant tot el procés:

Les relacions estequiomètriques entre els mols de MnO_4^- i els de $C_2O_4^{2-}$ les podem trobar a les semireaccions redox :



Tenint en compte el volum gastat en la valoració , pas (3), calcula :

a) Els mols de permanganat MnO_4^- que hem afegit en la valoració:

b) Els mols d'oxàlic $C_2O_4^{2-}$ neutralitzats, que són els mols d'oxàlic sobrants del pas anterior:

Calcula els mols d'oxàlic $C_2O_4^{2-}$ que posem en el pas (2)

Fent la diferència entre l'oxàlic que posem i el sobrant, al pas (2), podrem saber els mols de oxàlic $C_2O_4^{2-}$ neutralitzats:

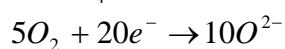
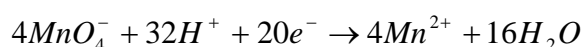
Això ens permet calcular els mols de permanganat MnO_4^- que han sobrat al pas (1)

Fent la diferència entre el permanganat que posem i el sobrant, al pas (1), calcula els mols de permanganat MnO_4^- que han oxidat la matèria orgànica:

L'equivalència entre O_2 que es consumiria per oxidar la matèria orgànica existent a l'aigua i el MnO_4^- consumit en aquesta oxidació la fem a través dels electrons posats en joc en les semireaccions de reducció.



Per obtenir el mateix nombre d'electrons en les dues reaccions de reducció:



Per tant, cada 4 mols de MnO_4^- equival a 5 mols de O_2 .

Calcula els mols de O_2 que haurien estat reduïts pel permanganat:

Calcula el mg de O_2 que hi ha en els 100 mL de la mostra:

Expressa el resultat en mgO_2/L

Conclusions

Compareu el vostre resultat amb els dels altres companys i comenteu a què poden ser degudes les diferències.

Comenteu el valor del resultat obtingut.

Qüestionari d'aplicació

- Com prepararies un litre de solució de permanganat potàssic $KMnO_4$ 0,002M i d'àcid oxàlic $H_2C_2O_4$ 0,005M? I 400 g de solució d'àcid sulfúric H_2SO_4 1/3 a partir de sulfúric al 96% i de densitat 1,84 g/mL?

Anàlisi d'oxidabilitat al permanganat Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 3/4 hora per a l'experimentació.
- 1/2 hora per les conclusions.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de Batxillerat Científic

Orientacions metodològiques

- En cas de realitzar la pràctica a 1r de Batxillerat, no es pot pretendre aprofundir massa. Cal adaptar-la simplement a l'aprenentatge d'algunes operacions de laboratori. També es pot treballar l'apartat sobre la preparació de les dissolucions de $KMnO_4$ 0,002M, d'àcid sulfúric H_2SO_4 1/3 i d'àcid oxàlic $H_2C_2O_4$ 0,005M.
- Els alumnes de 2n de Batxillerat treballen les reaccions redox a química. És una bona ocasió per insistir en els conceptes dels processos d'oxidació, reducció i en els termes oxidant i reductor.
- L'oxidabilitat és una mesura de la matèria orgànica que té l'aigua.
- El paràmetre mesurat és un paràmetre indicador de la matèria orgànica però no ho és directament, es pot comprovar que si s'afegeixen clorurs (més de 300 mg/L) a una mostra, els resultats són diferents, respecte de sense els clorurs. El mateix passa si s'afegeix, p.e. Fe (II); etc. Indicació: la matèria orgànica dóna gust, olor i color a l'aigua.

Orientacions tècniques

Cal tenir en compte que no només la matèria orgànica consumirà permanganat sinó que d'altres substàncies que es puguin reduir també ho faran, sent per tant un paràmetre genèric. Per això s'anomena "oxidabilitat al permanganat" i no "matèria orgànica".

- Per acondicionar els erlenmeyers, es fa l'assaig emprant 100 mL d'aigua destil·lada o de mostra i després es llença el líquid (sense netejar-los). S'han de guardar tapats i no s'han de rentar a l'hora d'usar-los, ja que l'erlenmenyer està neutralitzat.
- Cal tenir en compte l'error de paral·laxi quan es fan lectures de volum tant en les buretes com en les pipetes i provetes.
- Durant la valoració, a vegades costa una mica veure quan vira l'indicador.
- Pot ser interessant que es repeteixi l'experiència un parell de cops.

- Orientacions dels resultats: a Manresa 1,4 mg O₂/L.

Bibliografia

- Bibliografia:
Anàlisis de aigua. J.Rodier 543.3 ROD

Què en sabem

- **Quan podem dir que en un procés té lloc una oxidació?**
Quan en el procés hi ha pèrdua d'electrons.
- **Quan podem dir que en un procés té lloc una reducció?**
Quan en el procés hi ha guany d'electrons.
- **Què és una reacció redox?**
És aquella que en el procés hi ha intercanvi d'electrons.
- **L'ió permanganat en medi àcid actua com a reductor o com a oxidant?**
Actua com a oxidant ja que ell es redueix.

Predicció

La dissolució de l'ió MnO_4^- és de color lila i la de l'ió Mn^{2+} és incolor. Quin canvi es produirà quan afegim àcid oxàlic en excés a la mostra que conté permanganat en medi àcid?

És d'esperar que la solució es decolori degut a que el Mn^{2+} és incolor.

Anàlisi de les dades

Tenint en compte el volum gastat en la valoració, pas (3), calcula:

a) Els mols de permanganat MnO_4^- que hem afegit en la valoració:

$$A \cdot mL MnO_4^- \times \frac{1L}{1000mL} \times \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mols } MnO_4^-}{1L MnO_4^-} = A \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ mols } MnO_4^-$$

b) Els mols d'oxàlic $C_2O_4^{2-}$ neutralitzats, que són els mols d'oxàlic sobrants:

$$A \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ mols } MnO_4^- \times \frac{5 \text{ mols } C_2O_4^{2-}}{2 \text{ mols } MnO_4^-} = A \cdot 5 \cdot 10^{-6} \text{ mols } C_2O_4^{2-}$$

Calcula els mols d'oxàlic $C_2O_4^{2-}$ que posem en el pas (2)

$$10mLC_2O_4^{2-} \times \frac{0,001L}{1mL} \times \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ mols } C_2O_4^{2-}}{1LC_2O_4^{2-}} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ mols } C_2O_4^{2-}$$

Fent la diferència entre l'oxàlic que posem i el sobrant, al pas (2), podem saber els mols de oxàlic $C_2O_4^{2-}$ neutralitzats:

$$[50 \cdot 10^{-6} - A \cdot 5 \cdot 10^{-6}] \text{ mols } C_2O_4^{2-}$$

Això ens permet calcular els mols de permanganat MnO_4^- que han sobrat al pas (1)

$$[50 \cdot 10^{-6} - A \cdot 5 \cdot 10^{-6}] \text{ mols } C_2O_4^{2-} \times \frac{2 \text{ mols } MnO_4^-}{5 \text{ mols } C_2O_4^{2-}} = [20 \cdot 10^{-6} - A \cdot 2 \cdot 10^{-6}] \text{ mols } MnO_4^-$$

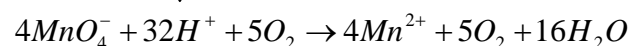
Fent la diferència entre el permanganat que posem i el sobrant, al pas (1), calcula els mols de permanganat MnO_4^- que han oxidat la matèria orgànica:

Permanganat que posem:

$$10mLMnO_4^- \times \frac{0,001L}{1mL} \times \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ mols } MnO_4^-}{1LMnO_4^-} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ mols } MnO_4^-$$

$$20 \cdot 10^{-6} - [20 \cdot 10^{-6} - A \cdot 2 \cdot 10^{-6}] \text{ mols } MnO_4^- = A \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ mols } MnO_4^-$$

Si tenim en compte que les relacions molars entre el MnO_4^- i el O_2 les podem trobar a les semireaccions :



Calcula els mols de O_2 que han estat oxidats pel permanganat:

$$A \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ mols MnO}_4^- \times \frac{5 \text{ mols O}_2}{4 \text{ mols MnO}_4^-} = A \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ mols O}_2$$

Calcula el mg de O_2 que hi ha en els 100 mL de la mostra:

$$A \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ mols O}_2 \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = A \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ mg O}_2$$

Expressa el resultat en $\text{mg O}_2/\text{L}$

$$\frac{A \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ mg O}_2}{100 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{\text{L}} = A \cdot 0,8 \frac{\text{mg O}_2}{\text{L}}$$

Notes:

Al final dels càlculs es pot comentar que els mols de permanganat afegits a la valoració són els mateixos que els que actuen com a oxidants de la matèria orgànica. Llavors tots els càlculs són molt més ràpids.

Als protocols d'anàlisi d'aigües, els càlculs es fan en equivalents en comptes de mols, de manera que el procés potser és més entenedor. El fet que els alumnes de batxillerat no treballen els conceptes d'equivalent ni el de normalitat ha estat la causa d'aquesta adaptació.

Conclusions

Els alumnes haurien de comparar els resultats entre ells i criticar les diferències degudes a possibles errors de valoració.

També haurien de comentar els resultats que donen, tenint en compte les dades de la introducció.

Respostes al qüestionari d'aplicació

- Com prepararies un litre de solució de permanganat potàssic $KMnO_4$ 0,002M, i d'àcid oxàlic $H_2C_2O_4$ 0,005M?

I 400 g de solució d'àcid sulfúric H_2SO_4 1/3 a partir de sulfúric al 96% i de densitat 1,84 g/mL?

Càlculs: En un matràs aforat d'1l hi hem de posar la quantitat de:

$$1 \text{ L sol} \times \frac{0,002 \text{ mols KMnO}_4}{1 \text{ L sol}} \times \frac{158,03 \text{ g}}{1 \text{ mol KMnO}_4} = 0,316 \text{ g KMnO}_4$$

$$1L_{sol} \times \frac{0,005 \text{ mols } H_2C_2O_4}{1L_{sol}} \times \frac{90g}{1 \text{ mol } H_2C_2O_4} = 0,45g H_2C_2O_4$$

$$400g_{sol} \times \frac{1g H_2SO_4}{3g_{sol}} \times \frac{100g_{sol}}{96g H_2SO_4} \times \frac{1mL_{sol}}{1,84g_{sol}} = 75,5mL H_2SO_4$$