

4. Com es pot determinar la solubilitat d'una sal i la seva variació amb la temperatura

Objectius

- Determinar si una sal és molt o poc soluble a una determinada temperatura.
- Determinar la solubilitat d'una sal a una temperatura determinada.
- Investigar si la solubilitat d'una sal depèn de la temperatura i, si és així, com en depèn.

Introducció

Anomenem **sals** les substàncies iòniques que s'obtenen per combinació d'un àcid i una base. La majoria de les sals són solubles en aigua, algunes molt poc i d'altres molt. La **solubilitat** es mesura en massa de solut dissolta en una determinada massa o volum de dissolvent.

En aquest treball pràctic has de resoldre les tres qüestions següents:

Qüestió 1: Com esbrinar si una sal és poc soluble o molt soluble?

Qüestió 2: Com es pot determinar quantitativament la solubilitat d'una sal?

Qüestió 3: Com podem investigar si la solubilitat depèn de la temperatura i, si és així, de quina manera en depèn.

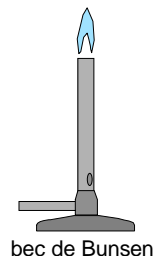
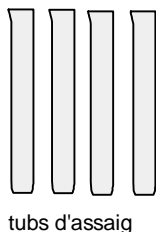
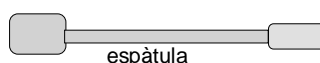
Procediment

Planificació

Per trobar una resposta a cada una de les qüestions és necessari que pensis el mètode que faràs servir.

Disposes de:

Tres sals, etiquetades **A**, **B** i **C**, i a més del material següent:



Si cal, també pots fer servir vasos de precipitats i algun altre estri que consideris necessari.

Qüestió 1: Com pots saber si les sals A, B i C són molt, poc o gens solubles en aigua?

- Pensa un mètode i posa'l per escrit. No comencis a treballar si no tens el vist-i-plau del professor o professora.

Qüestió 2: Com pots determinar la solubilitat de les sals que són solubles?

Pensa un mètode i posa'l per escrit. Contrasta les teves idees amb les dels teus companys i companyes de grup. Pots demanar una **primera ajuda** al professor o professora. No comencis a treballar si no tens el seu vist-i-plau.

Qüestió 3: Com pots investigar si la solubilitat de les sals varia amb la temperatura? I en el cas que variï, com varia?

- Pensa un mètode per investigar-ho i escriu-lo. Pots demanar una **segona ajuda** al professor o professora. No comencis a treballar si no tens el seu vist-i-plau.

Realització de l'experiència: Adquisició i enregistrament de les dades

Pren nota de les teves observacions i de les mesures quantitatives que hagis fet en forma d'anotacions, taules de dades i si cal de gràfiques.

Conclusions

Anàlisi de les dades, resultats i avaluació dels resultats

Qüestió 1:

- Són les tres sals **A, B i C** igual de solubles en aigua a una determinada temperatura? (en la resposta específica a quina temperatura aproximada ho has investigat).
- Ordena les tres sals segons la seva solubilitat: molt soluble, poc soluble, quasi insoluble.

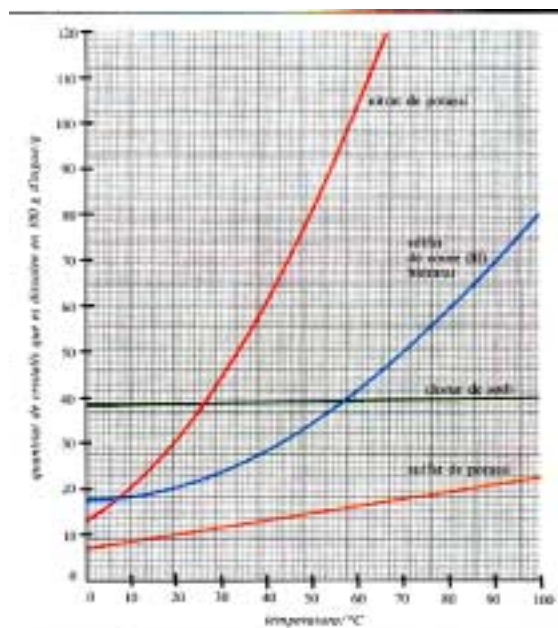
Qüestió 2:

- Quina és la solubilitat de cada una de les sals que has investigat? Si només has determinat la solubilitat d'una d'elles, anota també el valor de la solubilitat de la sal obtinguda per un altre grup.
- Pregunta al teu professor o professora quines són les substàncies A, B i C i busca el valor de la seva solubilitat en una **taula de dades**. Hi ha molta diferència entre el valor que has obtingut i el que indica la taula?
- En cas que siguin apreciablement diferents, quines creus que són les **causes de l'error** o errors que has pogut cometre?
- Calcula l'**error relatiu** que has comès.

Qüestió 3:

- La solubilitat de cada una de les sals varia amb la temperatura?
- Si la resposta a la pregunta anterior és afirmativa, indica si la solubilitat augmenta o disminueix amb la temperatura.
- Fes una gràfica de la solubilitat de la sal o les sals que has investigat en funció de la temperatura.

- La gràfica de l'esquerra mostra la solubilitat de diverses sals en funció de la temperatura. La solubilitat està indicada en massa de solut que es dissol en 100 g d'aigua. Hi ha cap de les substàncies que has investigat que tingui una variació de solubilitat semblant?



Informe

Redacta un **informe** que descriu les qüestions plantejades, el mètode que has seguit, els resultats obtinguts i la resposta a cada una de les qüestions plantejades. Avaluat el resultat obtingut i l'error que hagi pogut cometre en les determinacions experimentals. Fes-ho separatament per a cada una de les qüestions.

Qüestionari

1. Fent servir les teves paraules, dona una definició de **solubilitat** d'una sal.
2. A partir de la gràfica de solubilitat-temperatura anterior respon la següent qüestió: què passarà si tenim una dissolució saturada de nitrat de potassi a 70°C i la deixem refredar fins a 20°C?
3. Tenim una mescla de dos sòlids: sulfat de potassi i nitrat de potassi. Suggerix un mètode per separar-los basat en la diferent solubilitat d'aquestes dues sals.

Com es pot determinar la solubilitat d'una sal i la seva variació amb la temperatura

Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1/2 hora per a la planificació i discussió del procediment a seguir
- 1 hora per posar en pràctica el procediment i recollir les dades
- 1/2 hora per analitzar les dades i avaluar-ne els resultats

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de primer de batxillerat (qüestió 2 i 3) i de 4t d'ESO (qüestions 1 i 2 i la primera part de la 3).

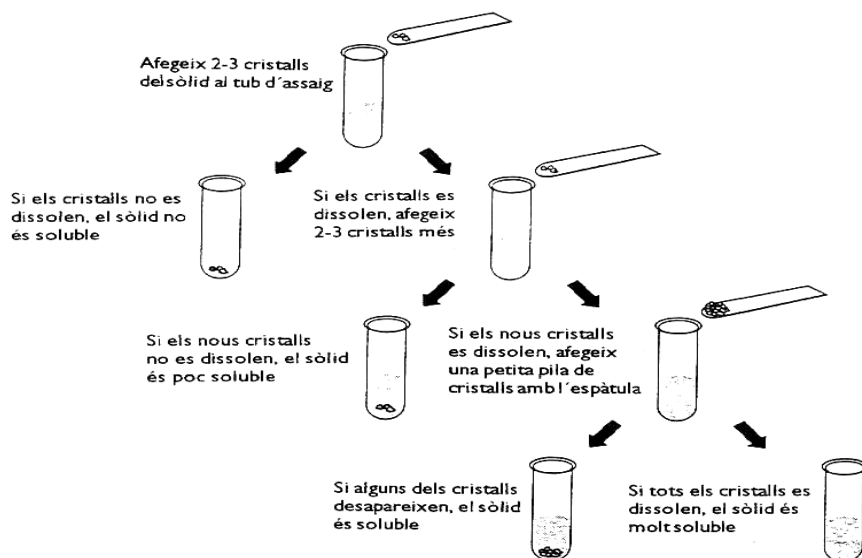
Orientacions metodològiques

El guió de les tres petites investigacions es presenta amb un cert grau d'obertura, tot i que amb l'ajut del material que es pot fer servir i les preguntes-guia que trobareu a continuació. Com que aquest pot ser un dels primers treballs pràctics de química que realitzin els alumnes de batxillerat, convé que el/la professor/a ho tingui present i intervingui sempre que ho consideri necessari, per guiar els alumnes.

Convé dedicar temps a la discussió dels mètodes suggerits pels diferents grups d'estudiants i valorar-ne els avantatges i inconvenients de cada un d'ells (especialment en la qüestió 2). Després es pot decidir aplicar el mètode que es consideri més adient o deixar que cada grup faci el que ha proposat un cop revisat pel professor o professora. També és interessant assignar una sal a cada grup en la resolució de les qüestions 2 i 3, de manera que entre tots els grups investiguin totes les sals proposades.

Les tres sals que es poden fer servir són: nitrat de potassi (A), clorur de sodi (B) i sulfat de potassi (C) (vegeu gràfica de solubilitats). També es pot substituir el sulfat de potassi per una sal totalment insoluble com el carbonat de calci (C).

Qüestió 1: Com investigar la solubilitat d'una sal a una determinada temperatura



Procediment qualitatiu que es pot utilitzar a temperatura ambient.

Com es pot determinar la solubilitat d'una sal i la seva variació amb la temperatura

Qüestió 2: Com pots determinar la solubilitat de les sals que són solubles?

Primera ajuda

- Per determinar la solubilitat de una sal pots partir d'una massa determinada de sal i mesurar el volum necessari d'aigua per dissoldre-la just fins que la dissolució quedi **saturada** o bé partir d'un volum determinat d'aigua i mesurar la massa de la sal que cal afegir fins que la dissolució quedi saturada.
- Com mesuraràs la massa de solut?
- Com mesuraràs el volum d'aigua?
- Com pots estar segur que la dissolució està saturada?
- Cal mantenir constant alguna variable durant la determinació de la solubilitat?

Mètode A

Un mètode pot ser pesar una mostra d'entre 2 a 5 g de sal (mesurats exactament), col·locar-la en un erlenmeyer o en un vas i, amb una bureta, anant abocant petits volums d'aigua fins aconseguir la dissolució total de la sal, agitant després de cada addició. Es pot fer una primera prova ràpida per veure quin volum d'aigua es necessita aproximadament i una segona fent addicions més petites en apropar-se al volum d'aigua posat anteriorment.

Mètode B

Un altre mètode pot ser mesurar un volum determinat d'aigua, per exemple, 20 cm³, mitjançant una proveta o una bureta i abocar-lo en un vas. A continuació pesem exactament una quantitat determinada de la sal, per exemple, uns 10 g, i anem afegint-la en petites quantitats mitjançant una espàtula, agitant després de cada addició, fins aconseguir que la dissolució quedi saturada, de la qual cosa ens adonarem perquè queda un petit excés de sal sense dissoldre. En finalitzar tornem a pesar la massa de la mostra de sal que resta i per diferència obtenim la massa de la sal dissolta. El petit excés de sal afegida per assegurar-nos que la dissolució és saturada es pot dissoldre afegint amb una bureta la mínima quantitat d'aigua per dissoldre-la. Aquest petit volum se suma al mesurat inicialment.

Mètode C

Una variant del mètode B consisteix a filtrar la dissolució i evaporar el filtrat a sequedat en una càpsula, prèviament pesada, després d'afegir l'excés de sal. La massa de la sal precipitada un cop, ben seca ens dóna la sal dissolta en el volum inicial d'aigua.

Cal tenir en compte que en dissoldre el nitrat de potassi la dissolució es refreda considerablement, per això caldrà fer-ho notar als estudiants i fer que mesurin amb un termòmetre la temperatura a la qual estan mesurant la solubilitat o bé que introdueixen el recipient en un bany tèrmic a temperatura ambient (un vas de 500 ml ple d'aigua).

L'error més probable del mètode A és passar-se en l'addició d'aigua, suposant que la resta de sal que queda és perquè la dissolució està saturada, quan en realitat encara no ho està i si afegíssim més temps s'acabaria dissolent. Per contra, l'error més probable del mètode B és dissoldre menys sal de la que es pot dissoldre, suposant que ja està saturada quan encara no ho està. A més d'aquest error pot haver-hi el de la falta de control de la temperatura, ja que la dissolució es refreda en dissoldre la sal, especialment la de nitrat de potassi.

Qüestió 3:**La solubilitat depèn de la temperatura? De quina manera en depèn?**

Per a resoldre la primera qüestió o la segona de forma qualitativa es pot col·locar una quantitat suficient de cada sal (uns 10 g) en tres tubs d'assaig amb 10 cm³ d'aigua, degudament retolats, de tal manera que després d'agitar quedi sal sense dissoldre. Els tres tubs s'introdueixen en un vas de 500 ml ple d'aigua. S'escalfa l'aigua mitjançant un bec de gas i s'observa en cada tub si es dissol més sal a mesura que augmenta la temperatura. Uns grups poden fer servir el nitrat de potassi (A), uns altres el clorur de sodi (B) i uns altres el sulfat de potassi (C).

Segona ajuda

- La primera qüestió requereix un muntatge que permeti visualitzar alhora si la solubilitat varia o no apreciablement amb la temperatura.
- La segona qüestió requereix repetir la determinació de la solubilitat a diferents temperatures Ho faràs només amb una o dues de les sals?
- En lloc d'augmentar la temperatura de la dissolució és més fàcil escalfar primer fins a una temperatura d'uns 70°C i després deixar refredar la dissolució, anotant la temperatura a la qual comença a cristal·litzar cada sal. Quantes mesures creus que seran necessàries?

Es pot fer servir el següent procediment:

Tercera ajuda. Procediment

1. Prepara 5 tubs d'assaig ben nets. Numera'ls.
2. Pesa diferents mostres de KNO₃, de manera que els tubs continguin les quantitats indicades la taula de l'esquerra.
3. Afegeix a cada tub 10 cm³ d'aigua destil·lada.
4. Col·loca la gradeta amb els tubs en un bany d'aigua a 70°C (vas de precipitats de 500 ml) durant uns 10 minuts, de manera que tots assoleixin uns 70°C.
5. Passats els 10 minuts, treu els tubs del bany d'aigua (**PRECAUCIÓ: els tubs estan molt calents!**). Deixa'ls en una gradeta i espera que es vagin refredant.
6. Observa'ls mentre es van refredant. A mesura que la temperatura disminueix, s'aniran formant cristalls de KNO₃ en els diferents tubs. En l'instant que en un tub apareixen els primers cristalls, mesura la temperatura, posant un termòmetre dins el tub. Pren nota de la temperatura en una taula de dades (taula 2). Neteja el termòmetre després de cada ús.

Tub	massa KNO ₃ / g
1	2
2	4
3	6
4	8
5	10

Tub	Volum cm ³	d'aigua/	massa KNO ₃ / g	Temperat. en començar a cristal·litzar / °C
1	10		2	
2	10		4	

7. Fes una taula de dues columnes: la massa de KNO₃ i la temperatura de cristal·lització. Amb aquestes dades dibuixa una gràfica solubilitat-temperatura, posant la massa de solut en 10 cm³ d'aigua a l'eix d'ordenades i la temperatura a l'eix d'abscisses.

Propostes de recerca

Els alumnes poden dur a terme diferents investigacions:

- Té el mateix significat químic la frase : “*el magnesi dissolt en dissolució d'àcid*” que “*la sal de cuina dissolt en aigua*”? Intervenen tècniques com saber planificar, separar per evaporació i conceptes com el de reacció química.
- Són els gasos solubles en aigua? Com expliques el que passa en obrir una ampolla d'una beguda carbònica que ha estat agitada prèviament?

Per un treball pràctic sobre la solubilitat dels gasos en un líquid, vegeu l'experiment de solubilitat de l'amoníac en aigua en el T. P. “Obtenció i propietats de l'amoníac”

Gestió dels residus: les dissolucions dels tubs d'assaig es poden llençar a la pica.

Conclusions

Resultats esperats

Qüestió 1

La solubilitat de les sals varia de més a menys en l'ordre següent: nitrat de potassi, clorur de sodi i sulfat de potassi.

Qüestió 2

A la temperatura de 20°C les solubilitats de cada sal són les següents:

solubilitat (nitrat de potassi) = 28 g / 100 g d'aigua

solubilitat (clorur de sodi) = 32 g / 100 g d'aigua

solubilitat (sulfat de potassi) = g / 100 g d'aigua

Qüestió 3

La solubilitat del nitrat de potassi augmenta molt ràpidament amb la temperatura, mentre que la del clorur de sodi quasi no varia i la del sulfat de potassi varia gairebé linealment. Els estudiants poden comparar les gràfiques solubilitat-temperatura que obtenen amb la que es troba representada en el seu guió de pràctiques.

La variació de la solubilitat amb la temperatura permet diferenciar substàncies amb solubilitats similars a temperatura ambient i també comprendre el fonament de la cristal·lització fraccionada.

Respostes al qüestionari

1 Fent servir les teves paraules, dóna una definició de **solubilitat** d'una sal.

En la resposta, haurien de fer constar la paraula *saturació* o bé especificar que és la *màxima* quantitat de sal que es pot dissoldre.

2 A partir de la gràfica solubilitat-temperatura respon la següent qüestió: què passarà si tenim una dissolució saturada de nitrat de potassi a 70°C i la deixem refredar fins a 20°C?

Cristal·litzaran uns 85 g de KNO_3

3 Tenim una mescla de dos sòlids: sulfat de potassi i nitrat de potassi. Suggereix un mètode per separar-los basat en la diferent solubilitat d'aquestes dues sals.

El mètode s'ha de basar en la diferent solubilitat de les dues sals. Com que la solubilitat es va fent més diferent a mesura que augmenta la temperatura, podria fer-se servir una cristal·lització fraccionada, amb filtració en calent.

Criteris d'avaluació

Pot observar-se com raonen els alumnes les qüestions de disseny del procediment; identificació de la temperatura com la variable independent; identificació de la massa de solut que es dissolt en una quantitat d'aigua com la variable dependent; ús de xifres significatives...