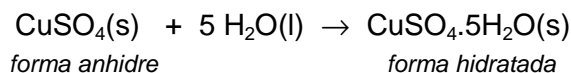


## 26. Entalpia d'hidratació del sulfat de coure(II)

### Objectius

- Calcular l'entalpia d'hidratació del sulfat de coure(II) anhidre i del sulfat de coure (II) pentahidratat.
- Aplicar la llei de Hess per trobar l'entalpia del procés:




### Introducció

El sulfat de coure(II) anhidre és un sòlid de color blanc. Quan es posa en contacte amb aigua s'hidrata i es dissol. De la dissolució es poden obtenir per precipitació cristalls de color blau de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ .

No és possible mesurar directament l'entalpia de la transformació de la forma anhidre del sulfat de coure(II) en la forma hidratada, perquè també intervé l'entalpia de dissolució; per això cal mesurar les entalpies de dissolució de cada sal i aplicar la llei de Hess.

### Material i Equipament

Equipament	Reactius i altres materials
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vas de precipitats de 250 cm<sup>3</sup></li> <li>- Aïllament de "porexpan"</li> <li>- Termòmetre 0-100°C</li> <li>- Proveta de 100 cm<sup>3</sup></li> <li>- Accés a una balança de sensibilitat 0,01 g</li> </ul>	Sulfat de coure anhidre Sulfat de coure hidratat  <b>Ulleres de seguretat.</b>

### Procediment

#### Planificació i muntatge de l'experiència

Planifica el que has de fer, pensant i responent abans de tot les següents qüestions:

- a) Quin volum d'aigua agafaràs per dissoldre les mostres de sulfat? Hi ha cap inconvenient si el volum és molt gran? I si és molt petit? Cal que sigui el mateix volum per a cada un dels sulfats de coure(II)?
- b) De quin ordre ha de ser la massa de cada un dels sulfats de coure(II) que has de pesar?

Abans de fer res, cal que tinguis en compte que:

- Convé que el vas de precipitats on has de fer la dissolució estigui ben aïllat.

- Pots dissoldre 0,025 mols de cada una de les formes del sulfat de coure en un mateix volum d'aigua i mesurar el canvi de temperatura del procés de dissolució.
- Un cop disposis de les dades experimentals, hauràs de calcular la calor transferida en cada una de les dissolucions. I a partir d'aquestes dades hauràs de calcular l'entalpia de dissolució molar de cada forma del sulfat de coure(II).



**Posa't les ulleres de seguretat.**

- Llença els residus en un recipient especial.

### Adquisició i enregistrament de les dades

a) Pren nota de les dades següents:

	Volum d'aigua / cm <sup>3</sup>	Canvi de temperatura / °C	En quin sentit s'ha produït la transferència de calor?	massa dels 0,025 mols de cada forma del sulfat de coure
Sulfat de coure anhidre				
Sulfat de coure pentahidratat				

b) Respon a les següents preguntes:

- I Quines substàncies formen el sistema i quines l'entorn en cada procés?
- II En quin sentit s'ha produït en cada cas la transferència de calor?
- III Quines són les equacions químiques dels processos de dissolució de cada una de les formes de sulfat de coure?

### Anàlisi de les dades i conclusions

1. Calcula les variacions d'entalpia produïdes quan es dissolen 0,025 mols de:

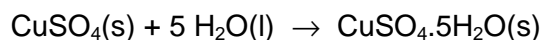
- i sulfat de coure (II) anhidre
- ii sulfat de coure (II) pentahidratat

(La capacitat calorífica de l'aigua és de 4,2 J K<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>, dit d'una altra manera, la transferència de 4,2 J augmenta en 1 K la temperatura d'1 g d'aigua. La densitat de l'aigua és de 1 g cm<sup>-3</sup>.)

2. Calcula les variacions d'entalpia en kJ/mol per cada un dels processos de dissolució.

3. Dibuixa un diagrama entàlpic per als dos processos de dissolució dels sulfats de coure(II).

4. Aplica la llei de Hess, utilitzant els diagrames d'energia, per calcular el  $\Delta H$  de la reacció:



### Qüestionari

- 1- El valor més acceptat per a la variació d'entalpia de la reacció d'hidratació del sulfat de coure(II) és de  $-77 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Fes un càlcul aproximat del possible error relatiu que puguis haver fet. Si cal, indica les possibles causes que expliquin aquest error.
- 2- Explica, utilitzant els conceptes d'entalpia d'enllaç i d'entalpia de solvatació, l'origen dels canvis d'entalpia d'aquests processos.

## Com determinar l'entalpia d'hidratació del sulfat de coure (II) Material per al professorat

### Orientacions didàctiques

#### Temporització

- 1 hora per a l'experimentació i les conclusions
- ½ hora per al qüestionari

#### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

#### Propostes de recerca

Altres substàncies que es poden emprar són: el sulfat de magnesi anhidre i el sulfat de magnesi heptahidratat. El canvi d'entalpia per a la reacció:  $\text{MgSO}_4(\text{s}) + 7 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  és de  $104 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Es poden fer servir també 0,025 mols de cada forma del sulfat de magnesi

### Orientacions tècniques

El recipient on es fa la dissolució ha de ser petit i de baixa capacitat calorífica. Va bé un calorímetre petit d'alumini o un vas de precipitat, aïllats amb *porexpan*. Les capses d'embalatge de productes o d'ampolles de reactius són un bon subministrament de *porexpan*.

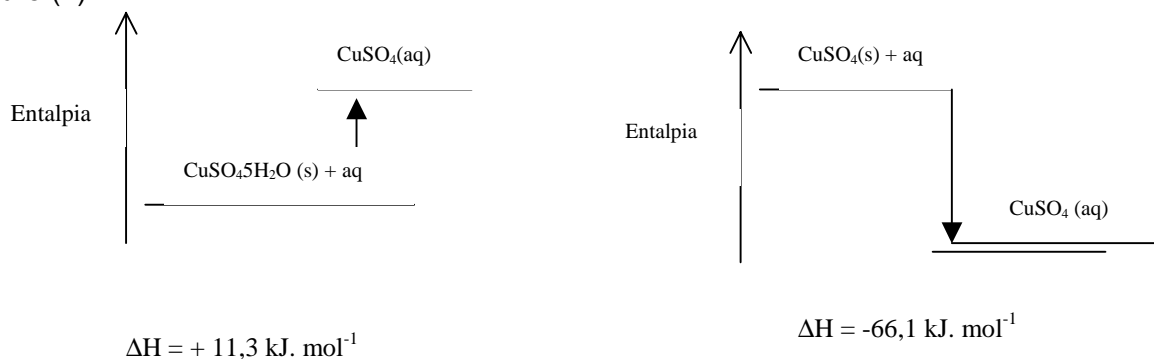
Per a una correcta lectura de les temperatures el millor és usar termòmetres digitals (hi ha un protocol de construcció en el CDECT).

**Gestió dels residus:** recollir les dissolucions de sulfat de coure en un recipient als quals s'afegeix carbonat de sodi sòlid perquè precipitin els ions coure. En acabar el curs es filtra o decanta el líquid i el residu sòlid es llença al contenidor de sòlids.

### Conclusions

#### Anàlisi de dades i conclusions:

3. Dibuixa un diagrama entàlpic per als dos processos de dissolucions dels sulfats de coure (II).



2. Explica utilitzant els conceptes d'entalpia d'enllaç i d'entalpia de solvatació, l'origen dels canvis d'entalpia d'aquestes reaccions

El valor positiu de l'entalpia de dissolució del sulfat de coure (II) pentahidratat es deu al fet que l'energia necessària per contrarrestar l'entalpia reticular és superior a l'entalpia de solvatació dels ions, que es desprèn quan aquests es dissolen.

El gran valor negatiu de l'entalpia del procés de dissolució del sulfat de coure anhidre es deu a l'energia despesa en formar-se els enllaços entre les molècules d'aigua i els ions Cu(II). De fet es formen quatre enllaços covalents en formar-se l'ió complex  $(\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4)^{2+}$ , i el cinquè enllaç és un enllaç d'hidrogen. L'entalpia de solvatació compensa parcialment l'entalpia reticular.

### Criteris d'avaluació

Encara que el disseny procedimental es deixa poc obert, caldrà vetllar perquè els alumnes tinguin cura dels següents passos, que es poden anar apuntant en la següent graella:

Pas del procediment	Acció	SÍ	NO
	Expressa amb claretat els passos del procediment que vol seguir?		
	Aïlla el recipient pels costats i també per sota i per sobre, amb una tapa amb forat per al termòmetre?		
	Fa servir sempre el mateix volum d'aigua? (50 cm <sup>3</sup> és el més convenient)		
	Fa servir el mateix termòmetre per agitar amb cura la dissolució?		
	Espera per fer la mesura que el termòmetre ja no pugui o baixi més?		
	Com ha pesat els 0,025 mols? (per al CuSO <sub>4</sub> són 4,00 g i per el CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O són 6,25 g). Ha fet servir un vidre de rellotge per dipositar el producte sobre el plat de la balança?		
	Repeteix les mesures diverses vegades?		
SEGURETAT	Es posa les ulleres de seguretat?		
CÀLCULS	Fa els càlculs sense demanar ajut?		
	Fa un ús correcte de les xifres significatives?		