

24. Com Determinar l'entalpia estàndard d'una reacció

Objectius




- Determinar el valor d'una variació d'entalpia en una reacció.
- Fer servir valors de variacions d'entalpia de reaccions per comprovar la llei de Hess.

Introducció

La mesura experimental de les variacions d'entalpies estàndard de reacció implica que hem definit el que per a nosaltres és el sistema reaccionant i el que és l'entorn, de tal manera que la determinació de la calor transferida d'un a l'altre sigui factible de calcular.

És més fàcil determinar variacions d'entalpies de reaccions si les substàncies que reaccionen ho fan en fase aquosa, perquè el sistema són les molècules o ions en dissolució dels reactius i productes, i podem considerar que l'entorn és principalment l'aigua de la dissolució. Per això, en aquest treball pràctic hauràs de trobar valors de canvis d'entalpia per reaccions entre ions en dissolució.

Material i Equipament

Equipament	Reactius i altres materials (en necessitaràs alguns, segons quina reacció facis)
<ul style="list-style-type: none"> - Termòmetre - Proveta de 50 cm³ - Pipeta de 25 cm³ - Espàtula - Balança de 0,1 g de sensibilitat - Recipient aïllant 	<ul style="list-style-type: none"> - Dissolució d'àcid clorhídric 2,0 mol.dm⁻³ - Dissolució d'hidroxid de sodi 2,0 mol.dm⁻³ - Dissolució de sulfat de coure (II) 1,0 mol.dm⁻³ - Carbonat de sodi anhidre, Na₂CO₃ - Carbonat de sodi hidratat, Na₂CO₃·10H₂O - Zinc en pols - Hidroxid de sodi sòlid
	 
	 Ulleres de seguretat i guants.

Procediment

Muntatge i execució de l'experiència

1. Hi ha reaccions endotèrmiques i exotèrmiques. Com t'adonaràs que es tracta d'una o d'una altra? En la resposta, fes servir les paraules: *sistema*, *entorn*, *temperatura*, *transferir*.
2. L'entorn no és exclusivament l'aigua de la dissolució, encara que per facilitar càlculs ho considerem així. Què més forma part de l'entorn i que en rigor caldria tenir en compte a l'hora de fer càlculs?
3. Dibuixa o explica com ha de ser un recipient idoni per fer una reacció entre ions en dissolució aquosa d'acord amb les respostes als apartats anteriors.
4. Quines magnituds caldrà mesurar per poder calcular la variació d'entalpia de la reacció? Recorda que ΔH es mesura en kJ/mol.

Primera reacció: entalpia d'una neutralització



Posa't les ulleres de seguretat.

La reacció és entre l'HCl i el NaOH. Has de fer servir 25 cm³ de dissolucions 2,0 mol.dm⁻³ d'aquest reactius.

Escriu l'equació de la reacció química.

- Prepara el recipient per fer la reacció i els reactius. Has de tenir present tot allò que s'ha decidit en l'apartat "Introducció".
- Fes la reacció tot prenent les precaucions de seguretat necessàries. No oblidis de prendre nota de les magnituds que després serviran per fer càlculs.
- Recorda que és important repetir més d'una vegada les mesures.

Segona reacció: entalpia d'una reacció de dissolució



Posa't les ulleres de seguretat.

Pot ser una qualsevol de les reaccions següents:

La reacció entre el NaOH(s) i l'aigua. Has de fer servir 100 cm³ d'aigua i 4,12g de NaOH del 97%.

La reacció entre el carbonat de sodi anhidre i l'aigua. Has de fer servir 100 cm³ d'aigua i 5 g de Na₂CO₃(s)

La reacció entre carbonat de sodi decahidratat i l'aigua. Has de fer servir 100 cm³ d'aigua i 13,5 g de Na₂CO₃·10H₂O(s).

Escriu l'equació de la reacció química.

- Prepara el recipient per fer la reacció i els reactius. Has de tenir present tot allò que s'ha decidit en l'apartat "Introducció".
- Fes la reacció tot prenent les precaucions de seguretat necessàries. No oblidis de prendre nota de les magnituds que després serviran per fer càlculs.
- Recorda que és important repetir més d'una vegada les mesures.

Tercera reacció: entalpia d'una reacció redox: entre el zinc i els ions Cu²⁺(aq)



Posa't les ulleres de seguretat.

Aquesta és una reacció d'oxidació-reducció. El zinc està en pols molt fina, com que es poden formar grumolls en posar-lo dins la dissolució de ions Cu²⁺, posem una quantitat en excés, de manera que el reactiu limitant serà el coure (II).

Escriu l'equació de la reacció química.

Es fan servir 25 cm³ de dissolució 1,0 mol.dm⁻³ de CuSO₄·5H₂O i 6 g de zinc en pols.

- Prepara el recipient per fer la reacció i els reactius. Has de tenir present tot allò que s'ha decidit en l'apartat "Introducció".
- Fes la reacció tot prenent les precaucions de seguretat necessàries. Convé que mantinguis una agitació suau però constant durant uns minuts, que eviti la formació de grumolls. No oblidis de prendre nota de les magnituds que després serviran per fer càlculs.

- c) Recorda que és important repetir més d'una vegada les mesures.

Adquisició i enregistrament de les dades

Necessites saber la temperatura de l'entorn abans i després de fer la reacció, així com la quantitat de reactiu que hi ha intervingut.

Escriu ordenadament les dades que has recollit. Pren nota de la sensibilitat dels aparells de mesura que has fet servir, de manera que puguis donar els resultats amb el nombre correcte de xifres significatives.

Conclusions

Anàlisi de les dades

Calcula, per la reacció o reaccions que has fet:

- El canvi d'entalpia en kJ/mol, indicant si és un procés endotèrmic o exotèrmic.
- L'error relatiu de la teva determinació a partir de la següent taula de dades:

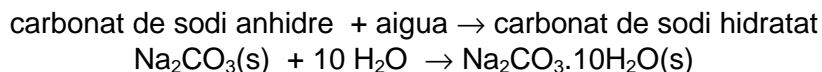
Reacció entre	$\Delta H / \text{kJ.mol}^{-1}$
HCl(aq) i NaOH(aq)	- 57,67
NaOH(s) i l'aigua	- 42,87
carbonat de sodi anhidre(s) i l'aigua	- 24,59
carbonat de sodi decahidratat(s) i l'aigua	+ 67,74
zinc(s) i els ions Cu^{2+} (aq)	- 216,8

- Si els teus càlculs donen errors alts, busca les fonts d'error més importants (podria ser una causa d'error el fet d'haver considerat com l'entorn només l'aigua de la dissolució?)
- Com és podrien minimitzar aquests errors?

Qüestionari

1. Serien diferents els valors calculats si per a la reacció de neutralització féssim servir àcid nítric i hidròxid de potassi?

2. Les determinacions experimentals de canvis d'entalpia permeten, emprant la llei de Hess, el càlcul de variacions d'entalpia de reaccions no possibles en la pràctica, com és el cas de la reacció:



Fes servir les dades de la taula per calcular el valor de ΔH d'aquesta reacció.

3. Tenim un sòlid blanc que sabem que és carbonat de sodi, però no sabem si és anhidre o hidratat. Com és podria esbrinar d'una manera ràpida?

Com determinar l'entalpies estàndard d'una reacció Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- ½ per a la introducció
- 1 hora per a l'experimentació i les conclusions, fent una qualsevol de les reaccions
- ½ hora per al qüestionari

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de batxillerat

Orientacions metodològiques

El/la professor/a decideix quina de les tres propostes han de fer els alumnes en la sessió de pràctiques. Pot ser: determinar el canvi d'entalpia d'una neutralització, d'una reacció redox o d'una reacció de dissolució (del NaOH o del carbonat de sodi).

Els dos objectius indicats al principi s'assoleixen plenament només en el cas de decidir-se per la reacció de dissolució de les dues formes del carbonat de sodi.

Abans d'iniciar el treball experimental els alumnes han de treballar la introducció, la qual serveix per que s'adonin que el millor és disposar d'un calorímetre o fer servir un recipient de vidre amb un aïllament, que pot ser *poroexpand* o llana de vidre, a fi de evitar al màxim els bescanvis de calor entre el que es considera l'entorn del sistema i la resta d'objectes.

Es pot fer un càlcul previ de "l'equivalent en aigua del calorímetre". Per fer-ho cal procedir de la següent manera:

Es posen 50 cm³ d'aigua en el recipient (vas de precipitats o matràs erlenmeyer) que ha de fer de calorímetre. Es mira la temperatura, t_1 . A part, s'escalfen 50 cm³ d'aigua fins a uns 40°C, es llegeix la temperatura, t_2 . Es mescla amb l'aigua del calorímetre i, sempre fent servir el mateix termòmetre, es mira la màxima temperatura que assoleix la mescla, t_3 .

La calor transferida al calorímetre serà: $E_{\text{calorímetre}} = 4,18.50(t_3 - t_1) - 4,18.50(t_3 - t_2)$

i la quantitat d'aigua que hauria absorbit la mateixa quantitat de calor que el calorímetre és:

$$m_e = \frac{E_{\text{calorímetre}}}{4,18 (t_3 - t_1)}$$

Orientacions tècniques

Per un resultat amb un nombre de 3 xifres significatives cal tenir termòmetres de sensibilitat 0,5°C. En el protocol 423 del CDECT "Determinació de variacions d'entalpies estàndard de reacció" trobareu instruccions per la construcció d'un termòmetre digital, útil per a aquest treball pràctic.

Gestió dels residus: Els residus de les reaccions de neutralització i de dissolució poden llençar-se a la pica deixant rajar força aigua. Els residus de la reacció entre el zinc i el sulfat de coure es llencen en un recipient adient al qual s'hi afegeix carbonat de sodi sòlid perquè precipitin els cations dels metalls pesats. En acabar el curs, es filtra o decanta el líquid i el residu sòlid es llença al contenidor de sòlids.

Conclusions

Resultats esperats

Els errors relatius acostumen a ser de l'ordre d'un 5%.

Els experiments proposats en aquest treball pràctic són aptes per prendre les dades fent servir un sistema d'adquisició de dades com el MULTILOG. Com a exemple, s'inclouen les gràfiques obtingudes en els experiments **entalpia d'una reacció redox: entre el zinc i els ions $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$** (Figura A) i en l'**experiment d'una neutralització amb NaOH** d'un àcid fort i d'un àcid feble (Figura B)

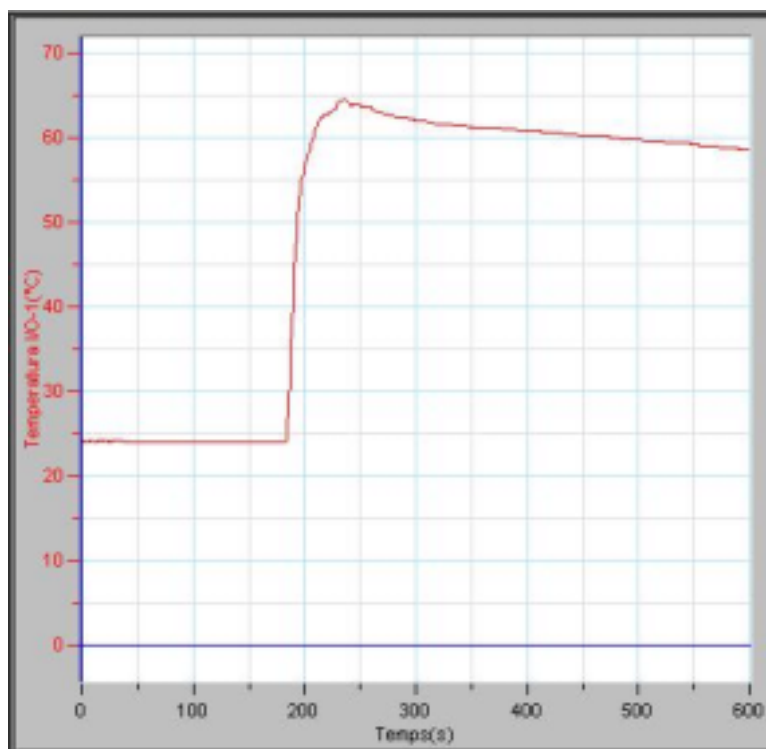


Figura A Gràfica temperatura-temps corresponent a la reacció entre el $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ i el $\text{Zn}(\text{s})$

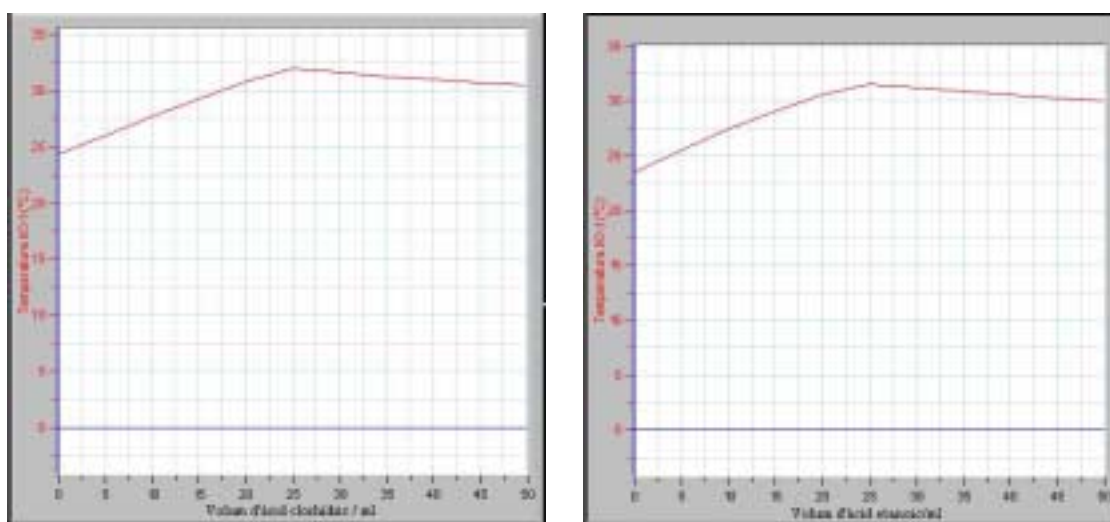


Figura B. Gràfica de la neutralització del NaOH amb HCl (a l'esquerra) i amb àcid etanoic (a la dreta). Fent servir reactius amb iguals concentracions és pot comprovar com l'increment de temperatura és el mateix, amb la qual cosa el canvi d'entalpia és el mateix per un àcid fort que per un àcid feble

Respostes al qüestionari

1. Serien diferents els valors calculats si per a la reacció de neutralització féssim servir àcid nítric i hidròxid de potassi?

El valor seria el mateix. La reacció és entre els ions $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ i $\text{OH}^-(\text{aq})$.

2. Fes servir les dades de la taula per calcular el valor de ΔH per la reacció: $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$

$\Delta H = -92,48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. Tenim un sòlid blanc que sabem que és carbonat de sodi, però no sabem si és anhidre o hidratat. Com és podria esbrinar d'una manera ràpida?

Amb un termòmetre es mira si la dissolució és un procés endotèrmic (l'hidratat) o exotèrmic (l'anhidre).

Criteris d'avaluació

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

Pas del procediment	Acció	SI	NO
	Expressa amb claredat 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?		
	Sap calcular la calor transferida per la fórmula: $E = m \cdot c_e \cdot \Delta t$?		
	Fa servir el mateix termòmetre com a agitador de la dissolució?		
	Espera fins que el termòmetre ja no pugi o baixi més de temperatura?		
	Ha fet servir un vidre de rellotge per dipositar el producte quan l'ha de pesar?		
	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?		

Propostes de recerca

A partir de la reacció de neutralització es pot investigar si el valor seria diferent en el cas d'una reacció entre un àcid feble (àcid acètic) i una base forta. O comprovar que el valor és el mateix si la reacció és entre àcid nítric i hidròxid de potassi. El procediment no canvia en cap dels dos casos (seria una manera de respondre a la qüestió 1).