



Calor de fusió del gel.

1 Objectiu

Determinació de la calor latent de fusió del gel mitjançant mesures calorimètriques.

2 Material

Vas Dewar o calorímetre (termo), termòmetre, agitador, gel, recipient, fognet elèctric i balança.

3 Fonament teòric

Tota substància pura pot trobar-se, segons les condicions de pressió i temperatura, en **estat sòlid, líquid o gas**. L'aigua, per exemple, a pressió atmosfèrica i a una temperatura inferior a $0^{\circ}C$, es troba en estat sòlid. Entre $0^{\circ}C$ i $100^{\circ}C$ la fase més estable (la que té menys energia lliure) és la fase líquida, i per damunt dels $100^{\circ}C$ és la fase gasosa. El mercuri es troba en estat líquid a pressió atmosfèrica per temperatures superiors a $-34^{\circ}C$ (**temperatura de fusió**), i la seva **temperatura d'ebullició** és de $357^{\circ}C$.

Durant els **canvis de fase** d'estat sòlid a líquid i de líquid a vapor, és necessari subministrar al sistema una certa quantitat d'energia en forma de calor per unitat de massa, que s'anomena **calor latent, L**, de fusió o vaporització, respectivament (en els canvis de fase inversos és el sistema el que desprèn la mateixa quantitat de calor per unitat de massa). Aquesta energia és necessària pel produir el canvi de fase i no provoca cap canvi de temperatura en la substància. Així, la calor absorvida (o cedida) en un canvi de fase d'una quantitat de massa m és:

$$Q = mL \tag{1}$$

Per determinar la calor latent de fusió del gel, utilitzarem el **mètode de les mescles**. Així, a banda de l'equació 1, tindrem en compte que la calor que un cos cedeix o absorbeix en variar la seva temperatura ve determinada per l'equació:

$$Q = m c \Delta T \tag{2}$$

on m és la massa del cos, ΔT la variació de temperatura experimentada i c la **calor específica** del material, habitualment indicat en $cal/g^{\circ}C$ o bé $J/kg^{\circ}C$. En posar en contacte dos cossos A i B , a diferent temperatura, hi ha una transferència de calor del cos que està a una temperatura més gran cap a l'altre, fins que s'assoleix una temperatura intermèdia d'equilibri. Si el sistema es troba tèrmicament aïllat de l'entorn, la calor guanyada pel cos A (Q_A) ha de ser igual a la calor cedida pel cos B (Q_B), i es verifica:

$$Q_A + Q_B = 0 \tag{3}$$

A la pràctica, sempre hi ha una petita transferència de calor (Q_E), que cedeix o bé absorbeix al vas de Dewar. Si es té en compte aquest fet, la relació 3 es transforma i s'obté:

$$Q_A + Q_B + Q_E = 0 \tag{4}$$

Finalment, per calcular Q_E s'ha de conèixer **l'equivalent en aigua del calorímetre**, E , que és la massa d'aigua que absorbeix o cedeix la mateixa quantitat de calor que el calorímetre en experimentar una determinada variació de temperatura. Q_E es pot expressar com:

$$Q_E = E c_a \Delta T \quad (5)$$

on $c_a = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ és la calor específica de l'aigua.

Així, si fonem una determinada quantitat de gel a 0°C en l'aigua continguda a l'interior d'un calorímetre, l'expressió 4 queda:

$$m_A c_a (T_{eq} - T_{Ai}) + m_B L + m_B c_a (T_{eq} - T_{fus}) + E c_a (T_{eq} - T_{Ei}) = 0 \quad (6)$$

on la substància A és l'aigua dins el calorímetre i la B el gel.

4 Mètode experimental

4.1 Determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre

Per determinar l'equivalent en aigua del calorímetre es barregen dues quantitats d'aigua conegudes, m_A i m_B , i, mesurant la temperatura final de la mescla es determina E utilitzant l'expressió 6. Substituint Q_A i Q_B per la relació 2 i Q_E per la 5, s'obté:

$$m_A c_a (T_{eq} - T_{Ai}) + m_B c_a (T_{eq} - T_{Bi}) + E c_a (T_{eq} - T_{Ei}) = 0 \quad (7)$$

on totes les variables que intervenen són conegudes menys E .

Posa 1/2 litre d'aigua (aproximadament) en un recipient i escalfa-la damunt el fogonet elèctric.

Mentre l'aigua no arriba al punt d'ebullició introdueix l'agitador al vas de Dewar i determina la massa del conjunt agitador-vas de Dewar a la balança, sense aigua, m_1 . Omple fins la meitat el vas de Dewar amb aigua a temperatura ambient i determina novament la seva massa, m_2 . La massa de l'aigua freda afegida és $m_A = m_2 - m_1$.

Introdueix el termòmetre uns tres centímetres en l'aigua i determina la seva temperatura, T_{amb} .

Afegeix l'aigua bullint, que es troba a T_{eb} (cal determina T_{eb} amb el termòmetre), al contigut del vas de Dewar fins arribar a 3/4 parts de la seva capacitat. Agita amb compte fins assolir la temperatura d'equilibri T_{eq} .

Per determinar la massa d'aigua calenta afegida, torna a determinar la massa del vas de Dewar, m_3 . La massa d'aigua és $m_B = m_3 - m_2$.

Per obtenir més fiabilitat en el resultat repeteix tot el procés dues vegades.

4.2 Determinació de la calor de fusió del gel

La calor de fusió del gel es pot determinar a partir de l'expressió 6. En aquest cas cal posar en contacte l'aigua i el gel dins el calorímetre, tots tres amb temperatures inicials conegudes.

Per tal de minimitzar l'efecte de l'intercanvi de calor entre el calorímetre i l'ambient començarem l'experiència de manera que la temperatura inicial tant del calorímetre com de l'aigua sigui uns 15°C superior a l'ambient, i dissenyarem l'experiència per tal que la temperatura final sigui uns 15°C inferior a l'ambient.

Mesura i anota la temperatura ambient, T_{amb} .

Deixa uns 16 cubets de gel, en un tros de paper damunt la taula, de manera que es comencin a fondre i la seva temperatura sigui de 0°C .

Escalfa aproximadament 1/2 l d'aigua fins una temperatura uns 17°C superior a l'ambient.

Determina la massa del calorímetre buit amb l'agitador, m_1 .

Omple el calorímetre fins la meitat i determina la massa del calorímetre amb l'aigua i l'agitador, m_2 . La massa d'aigua és: $m_A = m_2 - m_1$.

Determina la temperatura inicial de l'aigua i el calorímetre, $T_{Ai} = T_{Bi}$, tot agitant amb l'agitador per tal que la temperatura sigui uniforme.

Asseca quatre o cinc cubets de gel i afegeix-los al calorímetre tot agitant fins que es fonguin.

Mesura la temperatura de la mescla i repeteix la operació d'afegir cubets de gel (aquest cop d'un en un) i deixar-los fondre, fins que la temperatura d'equilibri estigui a la mateixa distància de la temperatura ambient que la temperatura inicial. Anota la temperatura final d'equilibri T_{eq} .

Per determinar la massa afegida de gel, torna a pesar el calorímetre, m_3 . La massa de gel és: $m_B = m_3 - m_2$.

Per tenir més fiabilitat repeteix tot el procés dues vegades.

5 Resultats

5.1 Determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre

- Construeix dues taules amb totes les variables mesurades en cada experiència.
- Calcula, partint de l'equació 6, l'equivalent en aigua del calorímetre obtingut en cada cas i calcula'n la mitjana.
- Fes una estimació de l'error comès en la determinació de l'equivalent en aigua del calorímetre. Justifica les possibles causes de les discrepàncies entre les dues mesures.

5.2 Determinació de la calor de fusió del gel

- Construeix dues taules amb totes les variables mesurades en cada experiència.
- Calcula, partint de l'equació 6, la calor de fusió del gel obtinguda en cada cas i calcula'n la mitjana.
- Fes una estimació de l'error comès en la determinació de la calor de fusió del gel. Justifica les possibles causes de les discrepàncies entre les dues mesures.

6 Qüestions

1. Busca en els llibres de referència bàsics el valor de la calor de fusió del gel a pressió atmosfèrica. Compara aquest valor amb l'obtingut en la pràctica. Calcula l'error relatiu comès i compara'l amb l'error calculat.
2. Raona l'origen de tots els termes de l'expressió 6.
3. Com s'haruia de corregir l'equació 6 si el gel no estigués inicialment a la seva temperatura de fusió?
4. Creus que hi pot haver gel a temperatures superiors a $0^\circ C$? Raona la resposta.