

PRÀCTICA I

1. ESTUDI DE PROPIETATS TÈRMiques

1.1. Fonament

1.1.1. Capacitat calorífica

En estudiar el comportament tèrmic d'un cos de massa M , el fenomen més rellevant que cal analitzar és la correlació entre la quantitat de calor (energia tèrmica, ΔQ) que comuniquem al cos i l'increment de temperatura, ΔT , que experimenta. El paràmetre físic que permet fer aquest estudi és la capacitat calorífica del cos, que es defineix com:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}. \quad (1)$$

Més precisament, la definició anterior cal fer-la en el cas límit que aquests increments siguin petits, és a dir:

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta T} \right) = \frac{dQ}{dT}. \quad (2)$$

Aquesta magnitud física és proporcional a la massa, M , del cos. En el cas que aquest sigui homogeni, podem evitar aquesta dependència respecte de M , i considerar solament la naturalesa del cos i no la quantitat de material. Per fer-ho així tenim dues alternatives:

1) definir la capacitat calorífica per unitat de massa (també anomenada *calor específica*):

$$c = \left(\frac{dQ}{dT} \right) \frac{1}{M}, \quad (3)$$

2) definir la capacitat calorífica molar:

$$c' = \left(\frac{dQ}{dT} \right) \frac{1}{n}, \quad (4)$$

on n és el nombre de mols de matèria que hi ha en el cos (el nombre de mols es calcula dividint la massa del cos entre la massa molecular).

Quan s'estudien les capacitats calorífiques molars de diversos sòlids, s'observa que:

- El valor de c' depèn, en general, de la temperatura a què es faci l'estudi.
- Les gràfiques $c'(T)$ dels diferents materials (constituïts per un sol element químic) presenten una forma semblant a la que mostra la figura 1, on s'observa que, a partir d'una certa temperatura, $c' \approx 24,943 \text{ J} \cdot (\text{mol} \cdot \text{K})^{-1}$. Aquest valor correspon al producte $3N_A k_B$, on N_A és el nombre d'Avogadro i k_B és la constant de Boltzmann.
- Molts materials presenten, ja a temperatura ambient, valors de c' propers a $3N_A k_B$.

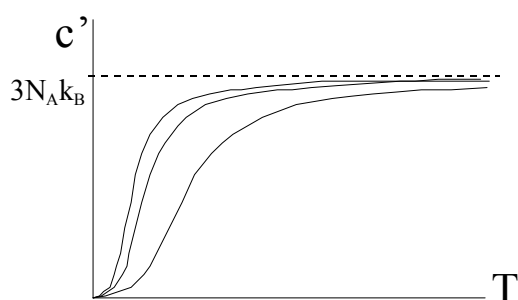


Figura 1. Dependències típiques de la capacitat calorífica molar en funció de la temperatura.

1.1.2. Conductivitat tèrmica

Experimentalment s'observa que, quan la distribució de temperatura en una peça de material no és homogènia (unes parts estan més calentes que d'altres), l'energia tèrmica flueix des de les més calentes cap a les més fredes. Si estudiem el fenomen amb la geometria més senzilla (barra de secció S i longitud Δx), la quantitat de calor, Q , que en un temps, t , flueix és proporcional a la diferència de temperatura, ΔT :

$$\frac{Q}{t} = \left(\frac{K S \Delta T}{\Delta x} \right), \quad (5)$$

on la constant K és característica del material de la barra i ens informa de si el material és bon conductor de la calor (valor de K elevat), o bé si és mal conductor i el podem catalogar com a aïllant tèrmic. Val a dir que hi ha una analogia entre el fenomen de conducció de la calor i el de conducció del corrent elèctric, tal com mostra la relació entre el corrent elèctric, I , i la diferència de potencial, ΔV , en una barra de material de conductivitat elèctrica:

$$I = \left(\frac{\gamma S \Delta V}{\Delta x} \right). \quad (6)$$

1.2. Material

1.2.1. Mesura de la capacitat calorífica

- Conjunt compacte que conté:
 1. Bloc d'alumini cilíndric (40 mm de diàmetre i 49,5 mm d'alçada).
 2. Resistència escalfadora.
 3. Termoparell de tipus K.
 4. Aïllant tèrmic que protegeix els elements anteriors.
- Font d'alimentació de corrent continu de baixa tensió.
- Cronòmetre.
- Lector electrònic del termoparell.

1.2.2. Mesura de la conductivitat tèrmica

- Conjunt compacte que conté:
 1. Barra cilíndrica d'alumini de 8 mm de diàmetre.
 2. Quatre termoparells situats sobre quatre punts de la barra d'alumini (a les posicions $x = 0$, $x = 41$ mm, $x = 82$ mm i $x = 123$ mm, comptades des del punt més calent).
 3. Resistència escalfadora que actua de font calenta.
 4. Aïllament tèrmic que protegeix els elements anteriors.
 5. Bloc d'alumini que actua de suport mecànic i de font freda.
- Font d'alimentació de corrent continu de baixa tensió.
- Quatre lectors electrònics del termoparell.

1.3. Procediment experimental

1.3.1. Mesura de la capacitat calorífica

- Anoteu la temperatura inicial del bloc d'alumini abans d'escalfar.
- Apliqueu al bloc d'alumini una potència elèctrica ($P = VI$) i poseu en marxa el cronòmetre.
- Anoteu els valors de la temperatura del bloc en funció del temps fins a assolir una temperatura de 70 °C (preneu les dades a intervals d'uns 5 °C).
- En arribar a 70 °C desconnecteu l'alimentació elèctrica.

1.3.2. Mesura de la conductivitat tèrmica

- Connecteu la font d'alimentació al calefactor. Ajusteu els comandaments perquè proporcioni, de manera contínua, una certa potència, P_1 , d'aproximadament 1,5 W. Observeu, amb els quatre termoparells engegats, com s'assoleix, en cadascun d'ells, un cert valor de la temperatura. Aquest valor inicialment anirà augmentant (règim transitori) i al cap del temps assolirà un valor constant (cap de les quatre temperatures ja no varia). Anoteu aquestes quatre temperatures, en funció de la posició, x , que el termoparell ocupa a la barra.
- Repetiu el procediment descrit a l'apartat anterior per a les potències $P_2 = 1,8$ W, $P_3 = 2,0$ W, i $P_4 = 2,2$ W.

1.4. Elaboració de l'informe

1. Escriviu una introducció d'aproximadament mitja pàgina en què s'expliqui l'objectiu de la pràctica i es descrigui el mètode emprat.

2. *Mesura de la capacitat calorífica.* Representeu en una gràfica la temperatura assolida pel bloc en funció del total de l'energia subministrada fins a aquell moment. Observeu que els punts representats queden aproximadament alineats, determineu el pendent de la recta i, a partir d'aquest pendent, la capacitat calorífica molar mitjana de l'alumini. A partir de la gràfica obtinguda, justifiqueu si la c' de l'alumini és constant en tot el rang de temperatures estudiat o bé presenta una certa dependència respecte de la temperatura.

3. *Mesura de la conductivitat tèrmica.* Representeu en una mateixa gràfica les temperatures mesurades pels termoparells en funció de la seva posició al llarg de la barra $T(x)$, per a les quatre potències estudiades. Utilitzeu diferents símbols gràfics que permetin identificar els punts corresponents a cada potència. Observeu que els punts corresponents a una mateixa potència estan alineats. Això ens indica que ΔT i Δx són proporcionals i que, per tant, es compleix la relació 5, que estableix el concepte de conductivitat tèrmica. Per a cada potència feu l'ajust lineal de la representació $T(x)$ i obteniu el pendent. A partir d'aquests pendents i de les potències respectives calculeu el valor de K que es dedueix de cada potència.

1.5. Qüestions

1.1. En quines unitats es mesuren C , c i c' ?

1.2. Què val el quocient c/c' per a un determinat material?

1.3. Per què cal que el bloc d'alumini de l'apartat de mesura de la capacitat calorífica estigui ben aïllat tèrmicament?

1.4. Sense consultar taules de capacitats calorífiques, quina capacitat calorífica, c , podem suposar que presenta, a temperatura ambient, un bloc de plom del mateix volum que el bloc d'alumini estudiat? Indiqueu clarament quina suposició heu fet.

1.5 Busqueu quina és la capacitat calorífica del diamant. Compareu-la amb l'obtinguda per a l'alumini i feu un esbós de com s'ha d'esperar que sigui la seva corba $c'(T)$.

1.6. Busqueu, en taules, quina és la conductivitat tèrmica del PVC i calculeu la potència elèctrica que caldria subministrar a una barra de PVC, de la mateixa geometria de la barra d'alumini estudiada, per tal que la distribució de temperatures fos la mateixa que s'ha obtingut aplicant P_1 a la barra d'alumini. Amb quina dificultat tècnica ens trobaríem si volguéssim fer, realment, aquesta experiència, utilitzant la mateixa geometria? Suggeriu una geometria adequada per a la mesura de conductivitats tèrmiques baixes.

1.7. Indiqueu una aplicació pràctica d'un bon conductor tèrmic i una d'un bon aïllant tèrmic.