



# CALOR DE FUSIÓN DEL HIELO

## 1. Objetivos

El objetivo de esta práctica consiste en determinar el calor de fusión del hielo usando el método de las mezclas, que consiste en introducir una masa de hielo en un calorímetro con agua y estudiar cómo varía la temperatura del sistema en función del tiempo.

## 2. Fundamentos teóricos

### 2.1. Cambio de fase y calor latente

Una sustancia experimenta una variación de temperatura cuando intercambia calor con su entorno, aunque hay situaciones en las cuales una transferencia de calor entre la sustancia y su entorno no se traduce en una variación de su temperatura, sino de su energía interna. Una situación de este tipo corresponde a lo que se denomina un cambio de fase.

En esta práctica vamos a estudiar la fusión del hielo, que es el cambio de fase del agua de estado sólido a líquido. Para que este cambio de estado tenga lugar es necesario transferir calor al sólido hasta que alcance una temperatura determinada, denominada punto de fusión, que depende de la sustancia de que se trate y de la presión a la que se encuentre. Si el cambio de fase se produce a presión atmosférica se denomina punto normal de fusión. Cuando el sólido se encuentra a dicha temperatura, todo el calor que se le comunica se emplea en producir el cambio de estado de sólido a líquido, permaneciendo constante la temperatura durante todo este proceso. El punto normal de fusión para el hielo es de 0°C.

La cantidad de calor que necesita una determinada sustancia para cambiar de fase sólida a líquida se expresa de la siguiente manera:

$$Q = m \cdot L_f \quad [1]$$

donde  $m$  es la masa de sustancia y  $L_f$  su calor latente de fusión.

### 2.2. Método de las mezclas

Para determinar el calor latente de fusión del hielo, en esta práctica vamos a usar un método muy sencillo: el método de las mezclas. Este método consiste en introducir una masa conocida de hielo,  $m_h$ , a una temperatura  $T_h$  en un calorímetro que contiene una masa de agua a una temperatura inicial  $T_i$ . Al poner en contacto el agua del calorímetro con la masa de hielo ésta se fundirá a costa de que el sistema agua-calorímetro pierda parte de su calor, de manera que su temperatura disminuirá y el conjunto alcanzará un valor final de equilibrio,  $T_{eq}$ .

En la figura 1 se representa gráficamente la variación de temperatura frente al calor requerido al llevar a cabo el método de las mezclas que acabamos de describir:

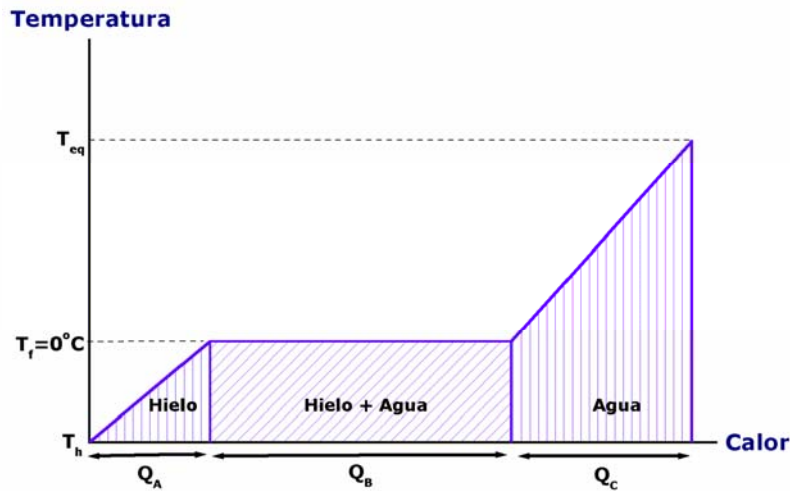


Figura 1

El calor absorbido por el sistema será:

$$Q_{\text{absorbido}} = Q_A + Q_B + Q_C \quad [2]$$

$Q_A$  representa el calor que necesita la masa de hielo,  $m_h$ , para pasar de su temperatura inicial,  $T_h$ , al punto normal de fusión,  $T_f=0^\circ\text{C}$ :

$$Q_A = m_h \cdot c_h \cdot \Delta T = m_h \cdot c_h \cdot (T_f - T_h) = m_h \cdot c_h \cdot (0 - T_h) = -m_h \cdot c_h \cdot T_h \quad [3]$$

$c_h$  es el calor específico del hielo ( $c_h=0.5$  cal/g).

$Q_B$  representa el calor absorbido en el cambio de fase de sólido a líquido (ecuación [1]):

$$Q_B = m_h \cdot L_f \quad [4]$$

$Q_C$  representa el calor absorbido por la masa de hielo, ya líquida, para alcanzar la temperatura final de equilibrio,  $T_{eq}$ :

$$Q_C = m_h \cdot c_a \cdot \Delta T = m_h \cdot c_a \cdot (T_{eq} - T_f) = m_h \cdot c_a \cdot (T_{eq} - 0) = m_h \cdot c_a \cdot T_{eq} \quad [5]$$

$c_a$  es el calor específico del agua ( $c_a=1$  cal/g).

Si aplicamos el balance calorífico que tiene lugar al llevar a cabo el método de las mezclas tenemos que:

$$Q_{\text{cedido}} = Q_{\text{absorbido}} \quad [6]$$

Como se ha mencionado anteriormente el calor cedido proviene del sistema agua-calorímetro, y se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{\text{cedido}} = -C_C \cdot \Delta T = -C_C \cdot (T_{eq} - T_i) = C_C \cdot (T_i - T_{eq}) \quad [7]$$

$C_C$  es la capacidad calorífica del sistema agua-calorímetro, que debemos conocer para llevar a cabo la práctica.

### 2.3. Capacidad calorífica del sistema agua-calorímetro

El calorímetro que usaremos en esta práctica va a estar conectado a una fuente de alimentación. Dicha fuente suministra una corriente y un voltaje que pasarán a través de la resistencia del calorímetro, de modo que se disipará una determinada potencia  $P$  (cantidad de energía por unidad de tiempo):

$$P = I \cdot V \quad [8]$$

por tanto el calor disipado por la resistencia, y que se emplea en elevar la temperatura del sistema agua-calorímetro, será:

$$Q_{cedido} = I \cdot V \cdot t \quad [9]$$

donde  $I$  y  $V$  son la intensidad y el voltaje suministrados por la fuente de alimentación y  $t$  es el tiempo.

El calor absorbido por el sistema se expresa de la siguiente manera:

$$Q_{absorbido} = C_C \cdot \Delta T = C_C \cdot (T - T_0) \quad [10]$$

donde  $C_C$  es la capacidad calorífica del sistema agua-calorímetro,  $T$  es la temperatura a la que llega el sistema y  $T_0$  la temperatura en el instante inicial.

Aplicando el balance calorífico en este caso tenemos que:

$$Q_{cedido} = Q_{absorbido} \Rightarrow I \cdot V \cdot t = C_C \cdot (T - T_0) \quad [11]$$

Esta ecuación es la que tendremos en cuenta para calcular la capacidad calorífica del sistema agua-calorímetro.

### 3. Para saber más...

- TIPLER, PA & MOSCA, G. "Física" Volumen 1. 5ª edición. Ed. Reverté, 2005
- SERWAY, RA. "Física I". Ed. McGraw-Hill, 1990

### 4. Material

1. Calorímetro.
2. Termómetro.
3. Fuente de alimentación.
  - 3-a. Botón de encendido.
  - 3-b. Regulador de voltaje.
  - 3-c. Regulador de intensidad.
4. Cables conectores.
5. Balanza.
6. Cronómetro.

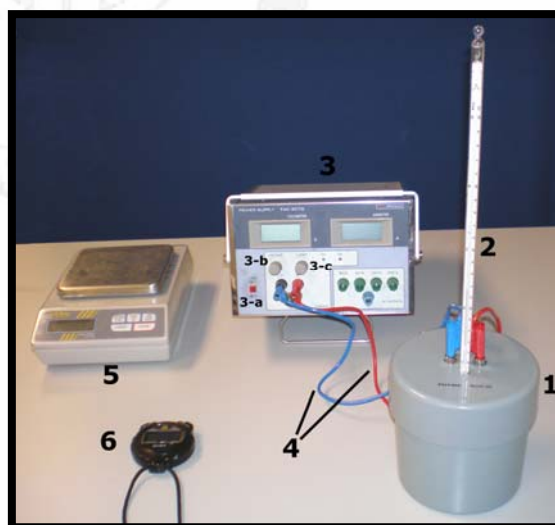


Figura 2

## 5. Método experimental

### 5.1. Determinación de la capacidad calorífica del sistema agua-calorímetro

En este apartado vamos a medir cómo varía la temperatura del sistema agua-calorímetro en función del tiempo para, aplicando la ecuación [11], calcular su capacidad calorífica  $C_C$ .

En primer lugar llenaremos el calorímetro con agua, dejando libre aproximadamente un tercio de su capacidad (figura 3). A continuación montamos la tapa del calorímetro y conectamos su resistencia a la fuente de alimentación, como se muestra en la figura 2.



Figura 3

#### 5.1.1. Secuencia de medidas

1 – Encender la fuente de alimentación (elemento 3-a, figura 1) y seleccionar un valor de voltaje (elemento 3-b, figura 1) que haga pasar una corriente de  $\sim 3$  A a través de la resistencia del calorímetro.

2 – Anotar los valores de voltaje y de intensidad que suministra la fuente de alimentación.

3 – En el mismo instante en que encendemos la fuente de alimentación accionamos el cronómetro y anotamos la temperatura inicial,  $T_0$ , del agua, ya que ese será el instante inicial de nuestra medida.

4 – Anotar a continuación la temperatura del agua cada 2-3 min hasta que el sistema alcance una temperatura de 45-50°C.

En el transcurso de esta medición hay que mover constantemente el agitador del calorímetro (figura 3) para que el calor se distribuya uniformemente en todo el volumen de agua contenido en el calorímetro.

## 5.2. Determinación del calor latente de fusión del hielo

En esta parte de la práctica llevaremos a cabo el método de las mezclas descrito en el apartado 2.2 para así obtener el calor latente de fusión del hielo.

### 5.2.1. Secuencia de medidas

- 1 – Cuando el sistema agua-calorímetro esté a 45-50°C, alcanzados en el apartado anterior, apagar la fuente de alimentación y anotar la temperatura del sistema.
- 2 – Pesar en la balanza (elemento **3**, figura 1) la masa de hielo,  $m_h$ , que nos suministrará el profesor y anotar su temperatura inicial,  $T_h$ .
- 3 – Introducir la masa de hielo en el agua del calorímetro y medir cómo varía la temperatura del sistema en función del tiempo. Hay que tener en cuenta que la temperatura descenderá muy rápidamente en el momento en que el hielo y el agua del calorímetro entren en contacto, haciéndolo más lentamente a medida que se aproxima a la temperatura de equilibrio; por ello es importante coordinarse con el compañero de prácticas para tomar bien las medidas desde el instante inicial, moviendo el agitador del calorímetro durante toda la medida.
- 4 – Tomar como temperatura de equilibrio la alcanzada por el sistema después de 5 min.