
Calor latente de fusión

Objetivos

- a) Determinar el equivalente en agua de un calorímetro.
- b) Determinar el calor latente de fusión del hielo.

Material

1 Calorímetro de mezclas 1 Elemento calefactor 1 Termómetro 1 Vasija para agua

1 Balanza Agua e Hielo

Fundamento Teórico

1. - Equivalente en agua de un calorímetro

Calor específico

Se llama calor específico, c , a la cantidad de calor absorbido o cedido por la unidad de masa de una sustancia cuando su temperatura varía en un grado. Por tanto, la cantidad de calor ΔQ necesaria para producir un incremento ΔT en la temperatura de cierta sustancia de masa M , será

$$\Delta Q = cM\Delta T \quad (1)$$

(en el caso del agua $c=1$ cal/g °C).

Cuando se mezclan dos sustancias que se encuentran inicialmente a distintas temperaturas, el cuerpo más caliente cede calor al más frío hasta que se alcanza una temperatura intermedia de equilibrio, igual para las dos sustancias. Supongamos, por ejemplo, que la masa M_1 de una de las sustancias está contenida en un recipiente de masa M_R , ambos a la misma temperatura T_1 , y vertemos en dicho recipiente otra sustancia de masa M_2 y temperatura T_2 . Puesto que la energía total debe conservarse, la suma de calores absorbidos (o cedidos) debe ser nula. Teniendo en cuenta (1), esto equivale a:

$$c_1M_1(T - T_1) + c_R M_R(T - T_1) + c_2M_2(T - T_2) = 0 \quad (2)$$

siendo c_i el calor específico de la sustancia i .

El calorímetro

Un calorímetro es un recipiente con paredes dobles (comúnmente de vidrio), entre las cuales se ha hecho el vacío. El vaso suele venir embutido en una carcasa de plástico que sirve para protegerlo de pequeños golpes fortuitos. Como el vacío que existe entre las paredes no permite la conducción del calor, los calorímetros conservan muy bien la temperatura de los cuerpos colocados en su interior. Para reducir las pérdidas de calor por radiación, la pared interior suele estar plateada o recubierta de una placa metálica.

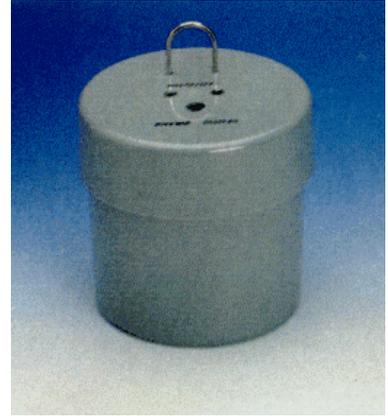


Figura 1

Pese al aspecto resistente del calorímetro, no debe olvidarse que su interior contiene paredes de vidrio de gran fragilidad. Por ello, debe evitarse machacar hielo dentro del vaso, producir cambios bruscos de temperatura, o dejar caer objetos pesados bruscamente en su interior.

Equivalente en agua de un calorímetro

Se llama así al producto M_K de la masa del calorímetro por el calor específico de la sustancia de que está fabricado.

$$M_K = c_R M_R \quad (3)$$

que sustituido en (2) implica:

$$c_1 M_1 (T - T_1) + M_K (T - T_1) + c_2 M_2 (T - T_2) = 0 \quad (4)$$

Evidentemente, esto equivale a considerar las propiedades de absorción o cesión del calorímetro como idénticas a las de una masa M_K de agua (cuyo calor específico es $c=1$ cal/g °C). Como en la práctica no sólo interviene el calorímetro, sino también sus accesorios (agitador, termómetro, ...) es preferible proceder a la determinación experimental del equivalente en agua del calorímetro dejando en él todos sus accesorios.

Despejando M_K de la ecuación (4):

$$M_K = c_2 M_2 \frac{T_2 - T}{T - T_1} - c_1 M_1 \quad (5)$$

En el caso particular en que mezclamos dos masas M_1 y M_2 de agua, se tiene $c_1 = c_2 = 1$ cal/g °C. Por tanto:

$$\boxed{M_K = M_2 \frac{T_2 - T}{T - T_1} - M_1} \quad (6)$$

Método experimental

- a) Limpie cuidadosamente el interior del calorímetro y séquelo interior y exteriormente.
- b) Pese el calorímetro cerrado con la varilla del termómetro en su interior. Anote la masa M_0 obtenida con su error.
- c) En un recipiente de vidrio, caliente unos 250 cc. de agua hasta una temperatura que exceda en unos $15\text{ }^\circ\text{C}$ a la del ambiente. Después, deposite el agua caliente en el calorímetro.
- d) Pese el calorímetro cerrado con el termómetro y el agua caliente en su interior. Anote su nueva masa M' y deduzca, a partir de ella, la masa del agua caliente (con su error).
- e) En un vaso o recipiente de vidrio, prepare unos 150 cc. de agua fría (unos $15\text{ }^\circ\text{C}$ por debajo de la temperatura ambiente) añadiendo cubitos de hielo y agitando hasta que éstos se fundan completamente.
- f) Agite con suavidad tanto el agua del calorímetro como la del vaso, tomando sus temperaturas con el termómetro. Cuando las temperaturas sean uniformes en ambos vasos, anótelas. Vierta el agua fría en el interior del calorímetro y ciérrelo. Agite la mezcla con el agitador del calorímetro mientras observa el descenso de la temperatura indicada por el termómetro. Cuando ésta permanezca estacionaria, anótela (con su error). Esta será la temperatura final T .
- e) Pese de nuevo el calorímetro con sus accesorios y con el agua. Anote su nueva masa M'' y deduzca, a partir de ella, la masa del agua fría.
- g) Utilizando la fórmula (6), determine el equivalente en agua del calorímetro, con su error.

Cuestiones

1. Escriba la fórmula empleada para estimar el error en M_K

2. – Calor latente de fusión del hielo

Se llama calor latente de fusión de una sustancia a la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de esa sustancia para que, a la temperatura del punto de fusión ($T^a=\text{cte}$), pase del estado sólido al líquido. El calor latente de fusión se puede medir en calorías por gramos (cal/g) y se representa por L .

El calor puesto en juego en un proceso de cambio de estado puede determinarse por el *método de las mezclas*. Cuando se mezclan dos sustancias que se encuentran inicialmente a distintas temperaturas, la más caliente cede calor a la más fría, hasta que se igualan las temperaturas, alcanzándose una temperatura intermedia de equilibrio. El proceso debe realizarse de forma que no haya intercambio calorífico con el medio circundante.

Con el fin de minimizar dicho intercambio calorífico se utilizan, en la práctica calorimétrica, los calorímetros tomando además la precaución complementaria de trabajar de modo que durante la primera parte de la experiencia la temperatura del vaso calorimétrico y de su contenido sea algo superior a la del medio ambiente y que en la segunda parte de la experiencia dicha temperatura sea inferior a la del medio ambiente en una cantidad igual a la diferencia inicial. De este modo, el calor que pierde el calorímetro y su contenido durante la primera fase queda aproximadamente compensado con el que gana durante la segunda.

Se pretende determinar el calor de fusión L del hielo, por lo que se colocará en el interior del calorímetro una masa conocida de agua, M , a una temperatura bien determinada y se dejará fundir en ella una masa m de hielo a 0°C . Denominando:

M = masa inicial de agua
 m = masa de hielo añadido a 0°C
 M_k = equivalente en agua del calorímetro.
 T_o = temperatura inicial del agua en el calorímetro
 T_f = temperatura final de equilibrio
 c = calor específico del agua ($c = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$)
 L = calor latente de fusión del hielo

Aplicando ahora el balance calorífico:

$$Mc(T_f - T_o) + M_k(T_f - T_o) + mL + mc(T_f - 0) \quad (7)$$

de donde

$$L = \frac{Mc + M_k}{m} (T_o - T_f) - c \cdot T_f \quad (8)$$

Método experimental

- Limpié cuidadosamente el interior del calorímetro y séquelo interior y exteriormente.
- Pese el calorímetro cerrado, junto con el termómetro en su interior. Sea M_0 la masa obtenida, con su error.
- Llene un vaso de vidrio con unos 250 cc. de agua calentada hasta una temperatura que exceda en unos 15 ó 20 $^\circ\text{C}$ a la del ambiente. Después, deposite el agua caliente en el calorímetro.
- Pese el calorímetro cerrado con el agua y el termómetro. Si es M' la nueva masa, la masa del agua será $M = M' - M_0$ (con su error)
- Agite con suavidad el agua del calorímetro, valiéndose del agitador. Observe la temperatura que marca el termómetro sumergido en el agua. Repita la operación varias veces hasta cerciorarse de que la temperatura es uniforme en todo el volumen del agua. Entonces, lea dicha temperatura, T_o , y anótela.

- f) Tome unos cubitos de hielo "bien secos" y a 0°C (punto de fusión), ya que normalmente salen del refrigerador a una temperatura inferior a 0°C .
- g) Tome un cubito de hielo e introdúzcalo en el calorímetro (sin salpicar agua hacía fuera). Remueva el agua del calorímetro y tan pronto como haya fundido el trozo de hielo, lea la temperatura de la mezcla.
- h) Repita la operación anterior tantas veces como sea necesario hasta conseguir un descenso de temperatura de unos 10 ó 15°C por debajo de la del ambiente. Anote la temperatura final de equilibrio T_f (con su error)
- i) Cierre el calorímetro y péselo de nuevo, con el termómetro en su interior. Si es M'' el resultado de la pesada, la masa del hielo añadido será: $m = M'' - M'$ (con su error)
- j) Utilizando la expresión (8) y los resultados de las medidas, determina el calor de fusión del hielo.
- k) Vacíe el calorímetro.
- l) Repita la experiencia completa dos veces más y tome como resultado definitivo el valor medio de las tres determinaciones, calculando el error cometido en cada medida.

Cuestiones

1.- ¿En qué sentido influiría en el resultado de la experiencia el hecho de que los trozos de hielo estuvieran a una temperatura inferior a 0°C ? Escriba la fórmula que sustituiría a (8) en el caso de que dicha temperatura fuera T_K'

2.- ¿En qué sentido se falsearía el resultado de la experiencia si el hielo utilizado no estuviera "bien seco"?

3.- Compárese el resultado obtenido para el calor de fusión del hielo con su valor real. Estudie las posibles causas de la diferencia existente.

4.- Explique cómo utilizaría el "método de las mezclas" para determinar el calor latente de vaporización del agua y escriba las ecuaciones correspondientes.

NOTA : ¡No olvide que todo resultado experimental debe ir acompañado por una estimación de su error!. Incluya el detalle de los cálculos efectuados para obtener los distintos resultados junto con sus errores.