

Prácticas de Laboratorio de Física

Determinación del calor específico de los metales. Ley de Dulong-Petit.

Objetivo

Determinación del equivalente en agua de un calorímetro. Determinación del calor específico del aluminio, hierro y latón. Verificación de la ley de Dulong Petit.

Introducción

Cuando a un cuerpo de masa m se le proporciona una cantidad de calor dQ , su temperatura aumenta en una cantidad dT . La capacidad calorífica C de dicho cuerpo se define como:

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (1)$$

C se mide por tanto en J K^{-1} . Esta cantidad depende de la masa del cuerpo así como de las características de la sustancia de la que está hecho. Dado que la capacidad calorífica es proporcional a la masa m , se define el calor específico como el cociente:

$$c = \frac{C}{m} \quad (2)$$

Donde c se mide en $\text{J K}^{-1} \text{Kg}^{-1}$ en el sistema internacional. Otras unidades también son comunes ya que el calor puede expresarse en calorías (cal) y la cantidad de materia en gramos (g) o moles (mol). En concreto, para convertir de julios a calorías tendremos en cuenta que el factor de conversión entre ambos es $1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$.

Si lo que queremos es expresar un calor específico por mol en lugar de por unidad de masa entonces debemos tener en cuenta su masa molar. Así por ejemplo el calor específico del agua es $1 \text{ cal K}^{-1} \text{g}^{-1}$. La masa molar del agua es 18 g mol^{-1} . Por tanto el calor específico del agua es $(1 \text{ cal K}^{-1} \text{g}^{-1}) \times 18 \text{ g mol}^{-1} = 18 \text{ cal K}^{-1} \text{mol}^{-1}$. La masa molar de los distintos elementos puede consultarse en la tabla periódica expuesta en el laboratorio.

El calor específico depende de las condiciones en las cuales se absorbe el calor. En particular podemos distinguir entre calor específico a volumen constante c_v y el calor específico a presión constante c_p . Habitualmente se suele medir c_p por ser experimentalmente más sencillo. Sin embargo, en el caso de los sólidos los cambios de volumen son muy pequeños (para variaciones moderadas de temperatura y a cualquier presión) por lo que $c_v \approx c_p$.

En el caso de sólidos la Ley de Dulong-Petit proporciona una estimación simple de c_V . Simplemente establece que el valor de c_V por mol es el mismo para todas las sustancias:

$$c_V = 24,94 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (3)$$

Material

- Calorímetro 500 ml
- Piezas metálicas: Aluminio, hierro y latón.
- Báscula, termómetro, hornillo, etc.

Procedimiento

En principio el método a seguir es muy sencillo. Supongamos que tenemos dos cuerpos de masas M_1 y M_2 conocidas y que se encuentran a temperaturas conocidas T_1 y T_2 . Si los ponemos en contacto se producirá una transferencia de calor entre el cuerpo caliente y el frío. Tras un tiempo suficiente el sistema formado por ambos cuerpos alcanzará una temperatura de equilibrio T_E . Si c_1 y c_2 son los calores específicos de ambas sustancias, entonces se verificará:

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

La ecuación (4) se verificará exactamente si no existe ningún tipo de intercambio de energía con el exterior al sistema formado por ambos cuerpos. Si el calor específico de uno de ellos, digamos c_1 , es conocido, entonces podemos despejar c_2 obteniendo:

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

En nuestra práctica M_1 y M_2 se corresponden con cantidades conocidas de agua y del metal problema, por tanto $c_1 = 4,184 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Ahora bien, en realidad la mezcla de ambos cuerpos ha de realizarse en un recipiente. Nosotros utilizaremos un calorímetro que permite estudiar las temperaturas de mezclas de líquidos o de líquido y sólido.

Desgraciadamente, a pesar de que se diseñan para que influya lo mínimo posible en el proceso de medida, no existe un calorímetro perfecto. El calorímetro absorberá o cederá parte de su calor al sistema formado por los dos cuerpos y, por tanto, hay que tener en cuenta este hecho y modificar la ecuación (5). En principio es complicado calcular teóricamente el efecto del calorímetro así que lo que haremos será medirlo. Dado que el papel del calorímetro es absorber o ceder parte del calor puede resumirse su efecto en lo que se conoce como **equivalente en agua del calorímetro** M_c . El equivalente en agua del calorímetro es la masa de agua que, a efectos de ganancia o pérdida de calor del sistema, equivale al efecto real del calorímetro.

Si el calorímetro y el agua comienzan a la misma temperatura T_1 , entonces la modificación de la ecuación (5) es muy simple ya que basta sustituir M_1 por $M_1 + M_c$ quedando:

$$c_2 = -c_1 \frac{(M_1 + M_c)(T_E - T_1)}{M_2(T_E - T_2)} \quad (6)$$

Esta fórmula nos permitirá calcular c_2 , supuesto que conocemos M_c . Para obtener M_c bastaría usar la ecuación (6) si supiésemos el valor de c_2 . El denominado **método de mezclas** consiste precisamente en mezclar dos masas M_1 y M_2 de agua a temperaturas T_1 y T_2 y observar la temperatura de equilibrio T_E . En este caso $c_1=c_2$ y la ecuación (6) puede resolverse para M_c dando:

$$M_c = -M_2 \frac{(T_E - T_2)}{(T_E - T_1)} - M_1 \quad (7)$$

Por tanto el procedimiento a seguir será el siguiente:

A) *Calculo del equivalente en agua del calorímetro M_c mediante el método de mezclas.*

- a-Pesar el calorímetro completo sin agua (m)
- b-Introducir una masa M_1 de agua a temperatura ambiente. Dejar homogeneizar y medir la temperatura (T_1).
- c-Pesar el calorímetro completo con el agua introducida (m'). La masa introducida M_1 será $M_1=m'-m$.
- d-Calentar agua a una temperatura T_2 e introducirla en el calorímetro. Colocar rápidamente la tapa del calorímetro. Pesar de nuevo el calorímetro (m''). La masa de agua caliente M_2 será $M_2=m''-m'$
- e-Agitar el agua hasta alcanzar la temperatura de equilibrio (T_E).
- f-Aplicar la ecuación 7 para obtener el equivalente en agua del calorímetro, M_c .
- g- Repetiremos tres veces el procedimiento para estimar el error en esta medida. Completar la tabla 1 con los tres procesos realizados. El equivalente en agua será el promedio de los tres resultados obtenidos.

$M_1(g)$	$T_1(^{\circ}C)$	$M_2(g)$	$T_2(^{\circ}C)$	$M_c(g)$

$\langle M_c \rangle =$

B) *Determinación del calor específico de los tres metales de prueba.*

- a-Pesar el calorímetro completo sin agua (m)
- b-Introducir una masa M_1 de agua a temperatura ambiente. Dejar homogeneizar y medir la temperatura (T_1)
- c-Pesar el calorímetro completo con el agua introducida (m'). La masa introducida M_1 será $M_1=m'-m$.
- d- Pesar el trozo de metal M_2

- e- Calentar agua hasta que hierva con el metal introducido y medir la temperatura (T_2)
- f- Introducir el metal en el calorímetro y agitar el agua hasta alcanzar la temperatura de equilibrio (T_E).
- g- Calcular el calor específico aplicando la ecuación 6
- e- Determinar el error en la estimación del calor específico.

C) *Ley de Dulong-Petit*

Comparar los resultados con las predicciones de la Ley de Dulong-Petit, es decir pasar los resultados obtenidos a valores por mol. Los valores de las masas molares de los distintos elementos pueden consultarse en la tabla periódica existente en el laboratorio.

Tener en cuenta que el latón es una aleación de cobre y zinc pero sus proporciones en las muestras utilizadas son desconocidas (normalmente el porcentaje de cobre es mayor). Dado que sus masas molares son muy similares el desconocimiento de sus proporciones exactas no introduce errores significativos.