



# Física Experimental 1



## Práctica 4- Determinación del calor específico de un metal.

---

### 1. Objetivos

Esta actividad tiene como principal objetivo determinar el calor específico de un metal estudiando la transferencia de energía en forma de calor entre el metal y una masa de agua. Se espera que en esta actividad se puedan aplicar los conocimientos adquiridos hasta ahora en el curso en relación al análisis del modelo físico y se profundice en la discusión de los resultados obtenidos, y las fuentes de error en la experiencia.

### 2. Fundamento Teórico

#### Ley Cero de la Termodinámica y equilibrio térmico

Una de las variables más importantes (y utilizada de manera cotidiana) para la descripción de un sistema termodinámico es la temperatura. Definir la misma no es una tarea sencilla, y a menudo se puede llegar a perder rigurosidad cuando se incluyen en la discusión palabras como frío o calor.

Supongamos que se tienen dos cuerpos, A y B (que no necesariamente tienen que estar en contacto entre sí), y se desea estudiar si ambos se encuentran a la misma temperatura. Una manera de probar esto es poner en contacto térmico entre sí a los cuerpos A y B, para luego estudiar cómo varían a lo largo del tiempo diferentes propiedades termodinámicas que pueden caracterizarlos (volumen, presión, etc.). Si A y B estaban inicialmente a diferente temperatura, entonces las propiedades antes mencionadas variarán rápidamente al comienzo del contacto térmico, para luego ir estabilizándose a lo largo del tiempo. Cuando estas propiedades se mantengan constantes a lo largo del tiempo, se puede definir que los cuerpos están en *equilibrio térmico* entre sí, es decir, ambos tienen la misma temperatura.

Es posible realizar el mismo estudio a través de un tercer cuerpo (denominado C<sup>1</sup>), sin necesidad de poner en contacto térmico los contactos A y B. Esto es resumido en la *ley cero de la termodinámica* que establece que *si los sistemas A y B están cada uno en equilibrio térmico con un tercer sistema C, entonces A y B están en equilibrio térmico entre sí*

---

<sup>1</sup>Este tercer cuerpo puede ser definido como un termómetro.

## Primera Ley de la Termodinámica

La primera ley de la termodinámica establece cómo varía la energía interna de un sistema ( $\Delta U$ ) debido al intercambio de energía en forma de calor ( $Q$ ) y al intercambio de energía en forma de trabajo de frontera ( $W$ ). Para un sistema cerrado (es decir, no entra ni sale masa del sistema en ningún momento), la Primera Ley se puede expresar como:

$$\Delta U = Q - W \quad (1)$$

A través del análisis microscópico de un sistema, es posible establecer cuánto vale la energía interna para líquidos, sólidos y gases. Para los primeros dos se puede escribir:

$$\Delta U = mc(T_f - T_i) \quad (2)$$

donde  $m$  representa la masa del sólido/líquido bajo estudio,  $c$  el calor específico y  $T_f - T_i$  la diferencia de temperaturas entre el estado inicial ( $i$ ) y el estado final ( $f$ ).

## Aplicación de la Primera Ley a un calorímetro

Un calorímetro (como el que va a ser utilizado en esta práctica) es un dispositivo que permite medir las cantidades de calor suministradas o recibidas por un cuerpo.

Es importante definir en este punto algunas hipótesis de trabajo. En primer lugar, vamos a suponer que el calorímetro no interviene en el proceso termodinámico, es decir, no absorbe ni libera calor (ni al ambiente ni a los cuerpos en su interior). En segundo lugar, vamos a suponer que el aire que quede dentro del calorímetro es nulo, de manera que tampoco interviene en el proceso termodinámico.

Supongamos que dentro del calorímetro se coloca en contacto térmico dos cuerpos A y B de masas  $m_A$  y  $m_B$  respectivamente. Cada uno se encuentra a una temperatura inicial  $T_{A,i}$  y  $T_{B,i}$ . Después de cierto tiempo ambos cuerpos alcanzarán el equilibrio térmico a una temperatura de equilibrio  $T_{eq}$ .

Realizaremos un análisis aplicando la Primera Ley dentro del calorímetro, tomemos en cuenta la siguientes consideraciones:

- El sistema bajo estudio son los cuerpos A+B.
- El intercambio de calor con el ambiente es  $Q = 0$ , dado que el calorímetro ni absorbe ni libera calor al ambiente.
- El trabajo de frontera del sistema es  $W = 0$ , dado que el volumen dentro del calorímetro es constante.
- Aplicando la primera Ley:  $\Delta U_{total} = \Delta U^A + \Delta U^B = Q - W = 0 \Rightarrow \Delta U^A + \Delta U^B = 0$

De las definiciones de energía interna:

$$\Delta U^A + \Delta U^B = m_A c_A (T_{eq} - T_{A,i}) + m_B c_B (T_{eq} - T_{B,i}) = 0 \quad (3)$$

Conociendo por lo tanto la temperatura final del sistema  $T_{eq}$  (por ejemplo, midiendo con un termómetro al momento del equilibrio térmico), es posible determinar el calor específico  $c_B$  del material bajo estudio (si se conocen los demás parámetros):

$$c_B = \frac{m_A c_A (T_{A,i} - T_{eq})}{m_B (T_{eq} - T_{B,i})} \quad (4)$$

### 3. Procedimiento experimental

En este experimento, a través del proceso de intercambio de calor entre cuerpos sólidos y agua, se determinará el calor específico de algunos metales (Aluminio y Bronce).

Dependiendo de qué magnitudes se elijan como variables y cuáles constantes, la ecuación 3 se puede reescribir de forma lineal o el modelo podrá tomar una expresión más compleja.

Por ejemplo, si se toman como variables la temperatura inicial del metal  $T_{M,i}$  y la temperatura de equilibrio  $T_{eq}$  dicha ecuación se puede expresar como:

$$T_{eq} = b + aT_{M,i} \quad (5)$$

Pero si las variables son la temperatura inicial del agua  $T_{ag,i}$ , y la temperatura final de equilibrio  $T_{eq}$ , entonces la relación será

$$T_{eq} = d + cT_{ag,i} \quad (6)$$

Donde la dependencia de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  con los parámetros fijos cambia según qué variables se elije.

**Ejercicio 1** Determine los valores de las constantes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  que aparecen en las ecuaciones 5 y 6

Se discutirá en el grupo acerca de distintas formas posibles de llevar a cabo la experiencia, y se elegirá una de ellas.

Cada grupo decidirá cómo realizará las medidas, qué magnitudes se tomarán como variables y cuáles se dejarán constantes. Deberá discutir cómo dejar dichas magnitudes constantes.

Se analizarán las limitaciones experimentales, qué factores se pueden controlar y cuáles no, y cómo estos pueden afectar en las medidas realizadas y en los resultados.

Algunas recomendaciones importantes para hacer las medidas:

- Predecir teóricamente los valores de  $T_{eq}$  esperados, según las condiciones iniciales a utilizar. Esto lo ayudará a discernir mejor cuando el sistema alcance el equilibrio.
- Usar del orden de 200 ml de agua en el calorímetro; o lo mínimo posible que deje el metal y el sensor de temperatura cubiertos.
- Tenga cuidado al manipular el agua y el metal caliente.
- Intente obtener como mínimo seis medidas para poder realizar un ajuste lineal.
- Tomar las precauciones necesarias para asegurar que las magnitudes que deban permanecer constantes no cambian a lo largo de la experiencia (y si esto no es posible analizar cómo esto influye en los resultados).
- Si los resultados son insatisfactorios, intente repetir el procedimiento o algunas medidas teniendo mayor cuidado en las condiciones de trabajo o mejorando alguna de las etapas del procedimiento.

## 4. Tratamiento de datos

A continuación se detallan algunos aspectos importantes para el análisis de datos y la discusión. Esta experiencia es la última del curso, hasta el momento se han introducido diferentes metodologías o conceptos necesarios para la realización de experimentos y comunicación de resultados como técnicas de medida, métodos de procesamiento. En particular el conjunto de ellos han sido reforzados en la práctica anterior. En este caso solo se utilizará el método de mínimos cuadrados para determinar el valor del calor específico del metal, y la propagación de incertidumbres para evaluar la incertidumbre del calor específico. Sin embargo, será de especial importancia el análisis y la discusión de los resultados, con énfasis en el proceso de medida, en cómo se pueden implementar mejoras, etc.

- a) Se utilizará el método de mínimos cuadrados para determinar el valor del calor específico del metal con su incertidumbre.
- b) Mostrar la gráfica de las medidas realizadas junto a la curva resultado del ajuste. Poner barras de errores en los datos experimentales.
- c) El sistema cumple el modelo físico? Discuta según el coeficiente de correlación.
- d) Calcular el calor específico del metal estudiado con su incertidumbre y comparar el mismo con su valor de referencia.
- e) Discutir cuales fueron las principales fuentes de incertidumbre en las de las medidas, además de como se podría mejorar el montaje experimental.
- f) Es importante que el análisis y la discusión sean profundos y exhaustivos.

## 5. Bibliografía

- Física, Resnick-Halliday-Krane.
- Física Re-Creativa, S. Gil y E. Rodríguez.

## 6. Apéndice

En la tabla 1 se muestran valores de referencia del calor específico para diferentes metales.

Material	Calor específico (J/kg K)	Calor específico (cal/g°C)
Aluminio	900	0.215
Bronce	385	0.092
Hierro	448	0.107
Aire	1006	0.241
Agua	4190	1.0
Hielo (agua estado sólido)	2095	0.5

Cuadro 1: Calor específico y calor latente de fusión para diferentes materiales.