

EXPERIMENTO 7

Calor específico de sólidos

Objetivos

- * Determinar el calor específico de diferentes sustancias sólidas.
- * Comprender la diferencia entre calor específico y capacidad calorífica.
- * Familiarizarse con los instrumentos utilizados en el estudio de fenómenos térmicos.

Introducción

En este experimento se determina el calor específico de diferentes sustancias sólidas observando el efecto que ejerce la transferencia de calor sobre la temperatura entre dichas sustancias y un cuerpo térmico de referencia, el cual consiste de un calorímetro y agua en su interior. Se pone el sistema calorímetro-agua en contacto con la sustancia en estudio, y las mediciones de temperatura y masa determinarán el calor específico de la sustancia.

En los experimentos de calorimetría a desarrollar en el curso se usará agua como sustancia térmica de referencia y como unidades la caloría en el caso del calor y $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ en cuanto al calor específico. Igualmente, en otros experimentos se medirán los equivalentes mecánico y eléctrico del calor, los cuales proporcionarán evidencia suficiente para aceptar al calor como otra manifestación de la energía.

El calorímetro a usar limita el intercambio de calor entre los objetos que contiene y el ambiente; sin embargo, el intercambio de calor entre el calorímetro y estos objetos puede ser significativo, y en consecuencia el análisis correcto de los datos obtenidos implica determinar de antemano la capacidad calorífica del calorímetro C_C .

Materiales

- * Calorímetro Phywe 04401.00
- * Sensor de temperatura Vernier
- * Sensor de temperatura adicional
- * Bloques de diferentes metales: acero, aluminio, bronce, hierro, latón.

- * Recipientes plásticos
- * Agua
- * Horno microondas
- * Balanza
- * Computador con LoggerPro
- * Interfaz LabQuest Stream

Teoría

La transferencia de energía térmica en forma de calor Q de un objeto se relaciona con su cambio de temperatura por medio de una constante conocida como la capacidad calorífica C ,

$$Q = C\Delta T. \quad (7.1)$$

Esta capacidad calorífica C depende del material y la masa del objeto. Por ello, es más conveniente trabajar con el calor específico de la sustancia c , dado que este está bien definido para cada material. El calor específico es la cantidad de energía en forma de calor que debe añadirse (retirarse) de un material para que 1 g de este cambie 1°C en su temperatura. El calor específico es la capacidad calorífica por unidad de masa, $c = C/m$, tal que

$$Q = mc\Delta T. \quad (7.2)$$

Cuando un sistema cerrado no tiene pérdidas de energía ni realiza trabajo, se infiere que la transferencia de energía térmica neta es cero, $Q_{\text{in}} + Q_{\text{out}} = 0$. Por esto

$$Q_{\text{in}} = -Q_{\text{out}}. \quad (7.3)$$

Sea un sistema de 2 cuerpos, un líquido caliente a $T_{i,\text{liq}}$ y recipiente frío a $T_{i,\text{rec}}$. Al unirlos, estos transferirán energía térmica hasta llegar a un equilibrio térmico con temperatura T_f . De las ecuaciones (7.2) y (7.3) se tiene que

$$Q_{\text{in Recipiente}} = -Q_{\text{out líquido}}, \quad (7.4)$$

$$C_{\text{rec}}\Delta T_{\text{rec}} = -m_{\text{liq}}c_{\text{liq}}\Delta T_{\text{liq}}, \quad (7.5)$$

$$C_{\text{rec}}(T_f - T_{i,\text{rec}}) = -m_{\text{liq}}c_{\text{liq}}(T_f - T_{i,\text{liq}}). \quad (7.6)$$

Si se conoce uno de los calores específicos, el calor específico o la capacidad calorífica restante puede medirse conociendo las masas y temperaturas respectivas. Esto se puede extender a un sistema de n objetos, sin importar si son sólidos, líquidos o gases.



Figura 7.1: Montaje Experimental

1. Calor específico de sólidos

Siguiendo la ecuación (7.4), y aplicando para el sistema de calorímetro más líquido más sólido, se encuentra el calor específico de cada sólido como se ve en la

ecuación (7.7).

$$c_{\text{sólido}} = \frac{m_{\text{Agua}}c_{\text{Agua}} + C_C}{m_{\text{sólido}}} \left| \frac{\Delta T_{\text{agua+calorím.}}}{\Delta T_{\text{sólido}}} \right|. \quad (7.7)$$

La incertidumbre asociada estará dada por la expresión de la ecuación (7.8).

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{\Delta T_a^2 (\Delta T_s^4 (c_a^2 \sigma_m^2 + \sigma_c^2) + c_s^2 (\Delta T_a^2 \sigma_m^2 \Delta T_s^2 + \sqrt{2} m_s^2 \sigma_T^2 (\Delta T_a^2 + \Delta T_s^2)))}{m_s^2 \Delta T_s^6}}. \quad (7.8)$$

En la tabla 7.1 se muestran los valores reportados para los calores específicos de las sustancias que se usarán en el laboratorio.

Tabla 7.1: Calor específico de algunas sustancias a 25°C y presión atmosférica.

Material	Calor específico (cal/g°C)
Agua	1
Aluminio	0.215
Cobre	0.0924
Hierro	0.107
Zinc	0.093

debe usar en el software LoggerPro la tabla cálculos parte 2, la cual se muestra en la figura 7.2.

cálculos parte 2						
	sólido	mSólido (g)	mAgua (g)	Ti_C&A (°C)	Ti_s (°C)	Tf (°C)
1	Aluminio					
2	Cobre-Zinc					
3	Hierro					
4						
5						
6						

Figura 7.2: En cuaderno de LoggerPro, tabla de datos para parte 2.

Procedimiento

- Calor específico de sólidos** En esta parte del procedimiento se calentará primero un sólido en agua caliente y luego se pondrá en contacto térmico con agua fría dentro del calorímetro. Para esta parte se



Seleccione 2 sólidos a estudiar de diferentes materiales. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- ✱ Mida las masas de los sólidos a estudiar, $m_{\text{Sólido}}$. Anote estos valores en la tabla **cálculos parte 2**.

⚠ Advertencia: por ningún motivo ingrese sólidos metálicos al horno microondas.

- * Caliente una buena cantidad de agua en un recipiente. Luego, coloque dentro de este los sólidos a estudiar. Tras 2 minutos se puede asumir el equilibrio térmico entre el agua caliente y los sólidos sumergidos. Mida y vigile de forma continua la temperatura del agua caliente con los sólidos sumergidos, use el sensor de temperatura adicional.
- * En un recipiente diferente, tome al menos 200 ml de agua fría. Mida su masa, m_{Agua} , y regístrela en la tabla **cálculos parte 2**.

Con el calorímetro seco vierta la totalidad de agua en él y tápelo.

- * Inserte el sensor de temperatura Vernier en el calorímetro y espere a que la temperatura se estabilice antes de iniciar una toma de datos. No olvide anotar en la tabla en cuestión la temperatura de equilibrio en el parámetro **Ti C&A**.
- * Una vez el calorímetro esté en equilibrio térmico con el agua y sin retirar el sensor, siga los siguientes pasos:
 - Tome uno de los sólidos, registre su temperatura **Ti s** en la tabla correspondiente y colóquelo dentro del calorímetro. Cuando haga esta operación, procure en lo posible no tocarlo e ingréselo al calorímetro lo más seco posible.
 - Asegúrese de tener una columna de datos nueva en limpio (**Ctrl+L**) e inicie una toma de datos dando clic en .
 - Cuando se llegue a una temperatura estable, detenga la toma de datos haciendo clic en .
 - Anote el valor de la temperatura de equilibrio **Tf** en la tabla.
- * Cambie el nombre de la columna de datos **último** con el nombre y temperatura del sólido usado. Ejemplo: aluminio **Ts= 65,2°C**.
- * Almacene la última serie de datos mediante el menú **Experimento/Almacenar última serie** o usando el comando (**Ctrl + L**).
- * Repita todo este procedimiento con el otro sólido seleccionado. Procure utilizar la misma cantidad de agua fría para todas las repeticiones.

Análisis cualitativo

- * ¿Por qué, al medir la temperatura del sólido, se mide la del agua en vez de la del sólido?
- * Proponga un método para estimar la capacidad calorífica del calorímetro.
- * Explique cuál es la diferencia entre capacidad calorífica y calor específico.
- * A partir de la evolución temporal de las temperaturas entre los escenarios inicial y final, proponga un modelo matemático para estimar la tendencia de la función $T(t)$.

Análisis cuantitativo

Tome el valor de la capacidad calorífica del calorímetro como

$$C_C = (16.7 \pm 0.5) \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}} \quad (7.9)$$

1. Calor específico de sólidos

- * Calcule usando la ecuación (7.7) el calor específico de los sólidos. Use una columna calculada. No olvide calcular la propagación de error en sus medidas.
- * Comente sobre el error obtenido de sus medidas contrastándolo con los valores teóricos. Analice si sus resultados son satisfactorios. Identifique fuentes de error.
- * Comente las gráficas de temperatura vs tiempo para ambos sólidos, qué diferencias tienen, ¿cuál llega primero a una temperatura de equilibrio? ¿por qué?