

1. CALOR ESPECIFICO DEL ALUMINIO

1.1. Objetivo

El propósito de esta práctica es determinar el valor del calor específico de un bloque de aluminio. Para ello, se calienta el bloque a una temperatura de aproximadamente tres o cuatro veces la temperatura ambiente y se coloca en un recipiente con agua a temperatura ambiente. La curva de temperatura de calentamiento y enfriamiento del sistema recipiente-agua-bloque se mide en función del tiempo. Las pérdidas de calor del sistema se consideran al usar la ley de enfriamiento de Newton para obtener un valor más exacto del calor específico del aluminio.

1.2. Materiales

- Una plancha para calentar.
- Una balanza.
- Dos recipientes: uno metálico y uno de vidrio (Beaker)
- Una termocupla.
- Un pedazo de aluminio.
- Dos soportes y un pedazo de cuerda.
- Agua.

1.3. Resumen teórico

El calor específico es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia para elevar su temperatura en una unidad. La relación entre calor Q y el cambio de temperatura ΔT que experimenta un cuerpo homogéneo de masa m se expresa normalmente como

$$Q = mc\Delta T$$

donde c es el calor específico. En esta expresión se asume que c permanece constante durante la variación de temperatura. Esta fórmula no se aplica si se produce un cambio de fase, porque el calor añadido o sustraído durante el cambio de fase no cambia la temperatura. El calor específico del agua es 1 caloría/gramo $^{\circ}\text{C} = 4.186$ julios/gramo $^{\circ}\text{C} = 1.0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ que es más alto que el de cualquier otra sustancia común.

La ley del enfriamiento de Newton establece que la tasa de pérdida de calor de un cuerpo es proporcional a la diferencia de temperatura entre el cuerpo y sus alrededores, es decir $dQ/dt = -k(T - T_a)$ donde T_a es la temperatura del medio y k es una constante de proporcionalidad.

1.4. Descripción del problema

Considere el sistema mostrado en la figura 2, el cual consiste de un recipiente metálico que contiene agua y un pedazo de aluminio en su interior, suspendido mediante una cuerda. El bloque de masa m es calentado mediante la plancha con control de temperatura. Una vez que el bloque ha alcanzado la temperatura aproximada de $T_0 = 80^{\circ}\text{C}$, se retira y se sumerge en un recipiente de vidrio (Beaker) de masa m_b , el cual contiene agua de masa m_a a temperatura ambiente $T_a = T_1$. En el caso ideal donde no hay pérdidas de energía, la conservación de la energía establece que el calor absorbido por el agua y el recipiente es igual al calor cedido por el bloque de aluminio, es decir,

$$mc(T_2 - T_0) + (m_a c_a + m_b c_b)(T_2 - T_1) = 0$$

donde $c_a = 1.0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ y $c_b = 0.20 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ son los calores específicos del agua y el vidrio (*Pyrex*) respectivamente; y T_2 es la temperatura de equilibrio del sistema recipiente-agua-bloque. De esta expresión se sigue que

$$c = \frac{(m_a c_a + m_b c_b)(T_2 - T_1)}{m(T_0 - T_2)} \quad (1)$$

En el caso real, es decir, donde hay transferencia de energía hacia el entorno, la ecuación (1) ya no es válida. La figura (2) muestra las variaciones de temperatura para los casos ideal y real. Para el primer caso, se espera que una vez insertado el bloque en el agua, ocurra el intercambio de calor y se establezca una temperatura constante. En el segundo caso, la variación de temperatura del sistema recipiente-agua-bloque con el tiempo es tal que una vez alcanzada una temperatura máxima, esta comienza a decrecer hasta que eventualmente se alcanza la temperatura ambiente.

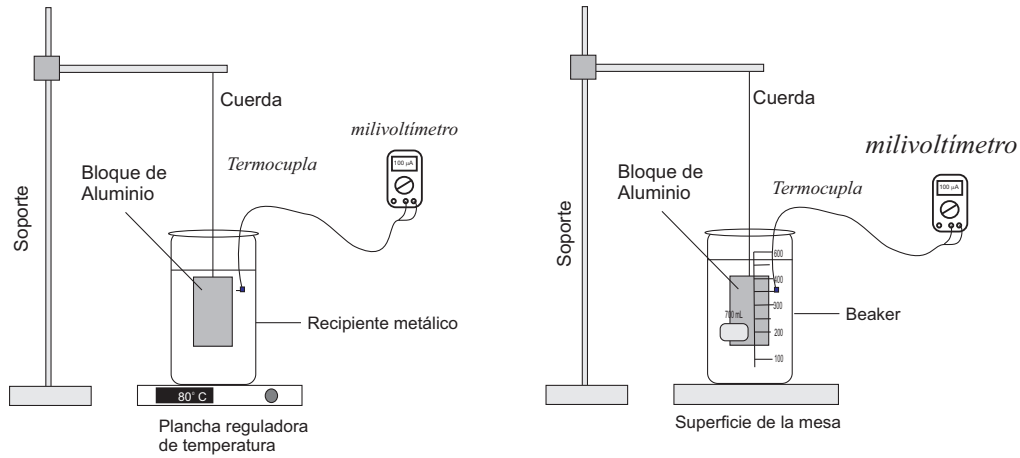


Figura 1: Montaje experimental para determinar el calor específico del aluminio.

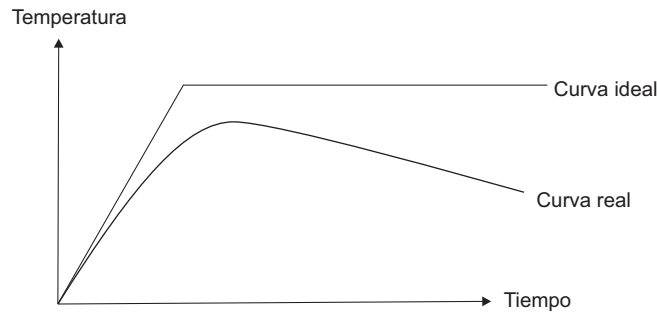


Figura 2: Variaciones de temperatura del sistema recipiente-agua-bloque como función del tiempo, para los casos ideal y real una vez que el bloque se ha insertado en el recipiente con agua a temperatura ambiente.

1.4.1. Calor específico corregido

Consideremos las variaciones de temperatura del sistema recipiente-agua-bloque como función del tiempo, para los casos ideal y real una vez que el bloque se ha insertado en el agua a temperatura ambiente en el instante de tiempo t_1 , ver figura (3). T_2 es la temperatura máxima del sistema, la cual ocurre en el instante de tiempo t_2 . Para $t > t_2$, el sistema se enfría. Así, la cantidad de calor Q transferido al entorno por el sistema de acuerdo a la ley de enfriamiento de Newton es:

$$Q = k \int_{t_2}^{t_3} (T - T_a) dt \quad (2)$$

donde k es una constante de proporcionalidad. Note que el lado derecho de la ecuación (2) es proporcional al área bajo la curva de $(T - T_a)$ en función del tiempo. Por otra parte, Q es proporcional a ΔT_3 , que es la disminución de temperatura en el intervalo de tiempo $[t_2, t_3]$. Recordemos que Q es igual al producto de la capacidad calorífica del sistema recipiente-agua-bloque por su variación de temperatura. De esta manera, podemos escribir

$$\Delta T_3 = k_1 A_2 \quad (3)$$

donde k_1 es otra constante de proporcionalidad. Similarmente, la disminución de temperatura debida al intercambio de calor con el entorno en el intervalo de tiempo $[t_1, t_2]$ es dado por

$$\Delta T_2 = k_1 A_1 \quad (4)$$

De las ecuaciones (3) y (4) resulta

$$\Delta T_2 = \frac{A_1}{A_2} \Delta T_3 \quad (5)$$

Observe que el mecanismo de enfriamiento del sistema para los intervalos de tiempo $[t_2, t_3]$ y $[t_1, t_2]$ es igual y que la constante de proporcionalidad k_1 es la misma.

Así, si T_2 es la temperatura medida en el instante de tiempo t_2 , la temperatura que el recipiente y su contenido hubiese alcanzado si la transferencia de calor al entorno por enfriamiento fuera nula es $T_2 + \Delta T_2$. De esta manera, la ecuación corregida para el calor específico del bloque de aluminio es:

$$c = \frac{(m_a c_a + m_b c_b)(T_2 + \frac{A_1}{A_2} \Delta T_3 - T_1)}{m(T_0 - T_2 - \frac{A_1}{A_2} \Delta T_3)} \quad (6)$$

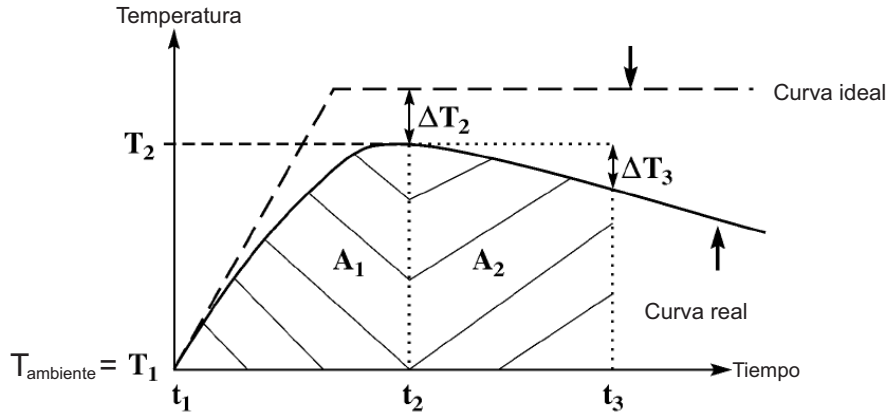


Figura 3: Variaciones de temperatura del sistema recipiente-agua-bloque como función del tiempo, para los casos ideal y real.

1.5. Mediciones

Realice el montaje que se indica en la figura (2). Sumerja el bloque completamente en el agua y déjelo suspendido mediante la cuerda evitando que este haga contacto con el fondo del recipiente. Encienda la plancha reguladora de temperatura y caliente el sistema de manera lenta y uniforme hasta una temperatura comprendida entre 75°C y 90°C . Deje enfriar el sistema recipiente-agua-bloque por un par de minutos. Mida su temperatura, la cual denotaremos como T_0 . Mientras calienta

el bloque de aluminio mida la masa m_b del recipiente de vidrio (Beaker) y vierta $m_a = 650$ g de agua a temperatura ambiente T_a .

Retire el bloque del recipiente mediante la cuerda e insértelo cuidadosamente en el recipiente con el agua a temperatura ambiente. El bloque debe quedar completamente sumergido y suspendido. Justamente, en este momento, se inicia la toma de datos. Mida la temperatura del sistema con la termocupla cada 15 segundos por un lapso de tiempo de 4 minutos. Complete la tabla de mediciones (1). Mientras toma las mediciones *agite permanentemente* el agua con la misma termocupla para garantizar temperatura uniforme en el agua. Calcule el valor del calor específico del aluminio a partir de la ecuación 6. Para medir las áreas A_1 y A_2 bajo la curva de $(T - T_a)$ en función del tiempo use papel milimetrado y cuente el número de cuadros bajo la curva en los intervalos de tiempo $[t_1, t_2]$ y $[t_2, t_3]$. El instante de tiempo t_3 puede marlo como $t_2 + 60$ s.

Compare el valor obtenido del calor específico del aluminio reportado en las tablas usando métodos más sofisticados, $c = 0.21 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ con el obtenido usando las ecuaciones (1) y (6). Discuta sus resultados.

$t(s)$	$T(^{\circ}\text{C})$
$t_1 = 0$	
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
135	
150	
165	
180	
195	
210	
225	
240	

Tabla 1: Mediciones de temperatura en función del tiempo

Referencias

- [1] DA SILVA, W., *A low-cost method for measuring the specific heat of aluminium* Physics Education, November 2004.
- [2] MATTOS, C., *Introducing Specific Heat Through Cooling Curves*. The Physics Teacher, October 2002.
- [3] GILLAN, E. Y KING, R.M, *College Physics*. The M. & E. Handbook Series, Vol 1, 1971.