

Determinación experimental del calor específico de metales y el calor latente de fusión del hielo

Andrés F. Valencia Fonseca¹, Nicolás Aguilera García²

Departamento de Física, Universidad del Valle, Cali, Colombia

¹2125166, ²21273030

(13 de mayo de 2023)

Resumen

El objetivo de este laboratorio es determinar el calor específico de varios metales, aluminio, cobre y hierro, y el calor latente de fusión del hielo. Se utilizaron métodos de calentamiento y enfriamiento para medir el calor específico de los metales, mientras que el método de fusión se empleó para determinar el calor latente del hielo. Los resultados experimentales obtenidos para el calor específico de los metales fueron consistentes con los valores teóricos de referencia, obteniendo que para el aluminio el calor específico es de $0,207, \text{cal/g}^\circ\text{C}$, para el cobre de $0,099, \text{cal/g}^\circ\text{C}$, y para el hierro de $0,117, \text{cal/g}^\circ\text{C}$, reportando un error porcentual en general menor a 7 % lo que indica la precisión del método utilizado y la validación del marco teórico. Además, se observó que cada metal tenía un calor específico único, lo que sugiere diferencias en su capacidad para almacenar calor. En cuanto al calor latente del hielo, el valor promedio del mismo se calcula de $L_f = 75,26, \text{cal/g}$ con una desviación estándar de 6,35 y un porcentaje de error del 5,92 % atribuidos a errores experimentales. Los obtenidos experimentales se aproximaron al valor aceptado de referencia y destacan su importancia para caracterizar la transición de fase del hielo. Estos resultados resaltan la relevancia de comprender las propiedades térmicas de los materiales y su aplicación en campos como la ingeniería y la ciencia de los materiales.

I. INTRODUCCIÓN

Calor específico de metales

El calor específico es una propiedad fundamental de los materiales que determina su capacidad para almacenar calor. El calor específico varía de un material a otro y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de dicho material en una unidad de temperatura, este se relaciona matemáticamente como sigue:

$$\begin{aligned} Q &= m c \Delta T \\ &= m c (T_2 - T_1) \end{aligned} \quad (1)$$

Donde Q es el flujo de energía térmica (Calor), m es la masa de la sustancia, c es la capacidad calorífica de la sustancia y ΔT es la diferencia de temperatura entre el estado inicial y el estado final de la sustancia.

El objetivo principal es caracterizar la capacidad de estos metales para absorber y liberar calor en función de su masa y temperatura. Para ello, se estudiarán 3 materiales en principio desconocidos, los cuales se identificarán, conociendo su calor específico, y comparando con los valores registrados de referencia.

Calor latente de fusión del hielo

La materia se presenta en diferentes fases, las cuales pueden variar en función de las condiciones de presión y temperatura a las que se someta. A este proceso se le denomina cambio de fase o estado (siempre y cuando no ocurra un cambio en la composición) [1]. Estos cambios de estado no ocurren de forma espontánea y requieren un aporte o liberación de energía, conocida como calor latente, que representa la energía calórica necesaria para que una sustancia cambie de estado sin que su temperatura varíe durante el proceso.

La ecuación que modela este proceso en una sustancia es la siguiente [1]:

$$Q_f = m L_f \quad (2)$$

Donde Q es la cantidad de calor requerida para fundir la sustancia, m es la masa de la sustancia y L_f es el calor latente de fusión de la sustancia.

En este laboratorio se busca determinar el calor latente de fusión del hielo, el cual es la energía calórica requerida para que el agua (H_2O) cambie de fase sólida (hielo) a fase líquida.

II. METODOLOGÍA

Los procesos que se llevaron a cabo en este laboratorio fueron los siguientes:

■ Calor específico de metales:

El proceso para determinar el calor específico de los tres diferentes metales utilizados como muestras consiste en primeramente determinar la masa de cada uno de los metales a utilizar, la masa del calorímetro y la masa del agua que estara dentro del calorímetro. Luego de esto, se procede a calentar los metales en un baño de agua hirviendo (llegando a temperaturas de $97^\circ C$), para posteriormente sumergirlos en el calorímetro con agua a temperatura ambiente T_0 .

Tras esto, se espera a que el sistema se encuentre en equilibrio térmico, y se toma la temperatura final del sistema T_e . Con estos datos, se procede a calcular el calor específico de cada metal. Dado que el calorímetro se encuentra aislado térmicamente, se puede afirmar que en el sistema:

$$Q_{ganado} = Q_{cedido} \quad (3)$$

Donde Q_{ganado} es el calor ganado por el agua y el calorímetro, y Q_{cedido} es el calor cedido por el metal. El calor ganado por el agua, el calorímetro y el metal se calcula mediante la ecuación 1. Reemplazando y despejando el calor específico del metal se obtiene la siguiente ecuación que permite realizar el calculo mediante los datos obtenidos experimentalmente:

$$c_m = \frac{M_{agua} c_{agua} + M_{cal} c_{cal} + M_{agi} c_{agi}}{M_{metal} (T_{metal} - T_e)} \cdot (T_e - T_0) \quad (4)$$

■ Calor latente de fusión del hielo:

Para determinar el calor latente de fusión, se utiliza la ecuación 2, la cual requiere que se determine el calor necesario para fundir una cantidad de hielo. Para ello, se utiliza un calorímetro de masa M' , el cual se encuentra aislado térmicamente y cuya capacidad calorífica (c_{cal}) es conocida. Se agrega una masa de agua M con capacidad calorífica c_{agua} y temperatura inicial T_2 , que se mezcla con una masa de hielo m a temperatura inicial T_0 . Tras la mezcla, se espera un tiempo prudencial hasta que la totalidad del hielo se haya fundido completamente, y se toma la temperatura T del agua, la cual se encuentra en equilibrio térmico. Con estos datos, se procede a calcular el calor latente de fusión del hielo.

El calculo al igual que en el caso anterior, se realiza mediante la ecuación 3, pero teniendo en cuenta que el calor ganado y cedido son diferentes.

Para este caso, el Q_{ganado} es el flujo de calor dado por el hielo y el agua resultante del hielo fundido, mientras que Q_{cedido} es el flujo de calor dado por el calorímetro y el agua inicialmente contenida en él. Si se toma en cuenta la ecuación 1, el calor ganado y cedido pueden expresarse como:

$$\begin{aligned} Q_{ganado} &= m c_{agua} (T - 0) + m L_f + m c_{hielo} (0 - T_0) \\ Q_{cedido} &= (M c_{agua} + M' c_{cal}) (T_2 - T) \end{aligned} \quad (5)$$

Al reemplazar estos valores en la ecuación ?? y despejar el valor buscado (L_f), se obtiene:

$$\begin{aligned} L_f &= A - B \\ A &= \frac{(M c_{agua} + M' c_{cal}) (T_2 - T)}{m} \\ B &= c_{agua} (T - 0) + c_{hielo} (0 - T_0) \end{aligned} \quad (6)$$

De esta forma, con los datos obtenidos en el laboratorio, se determina entonces el calor latente de fusión del hielo.

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Calor latente de fusión del hielo

Con los resultados obtenidos en el laboratorio, se procede a calcular el calor latente de fusión del hielo. Para esto, se tienen además los siguientes datos:

- $M' = 92,8, g$
- $c_{agua} = 1,00, cal/g \cdot C^{-1}$
- $c_{cal} = 0,22, cal/g \cdot C^{-1}$
- $c_{hielo} = 0,50, cal/g \cdot C^{-1}$

Los resultados se obtuvieron al realizar el proceso descrito en la metodología para tres masas de hielo diferentes, donde para cada masa se tomó una medida a alta temperatura (en un rango entre $37,^\circ C$ y $39,^\circ C$) y una a temperatura ambiente ($34,^\circ C$), obteniendo un total de 6 medidas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Resultados obtenidos para el calor latente de fusión del hielo.

M	m	T_2	T_0	T	L_f	%Error
[g]	[g]	[°C]	[°C]	[°C]	[cal/g]	
147,75	14,31	37	7	28	81,26	1,58
163,13	14,62	24	7	17	74,38	7,02
182,91	6,11	39	7	36	67,33	15,83
177,08	6,85	24	7	21	68,99	13,76
161,00	5,04	38	7	35	76,49	4,39
224,65	4,80	24	6	22	83,11	3,89

De estos resultados se puede observar que no existe una relación entre la certeza del resultado y la temperatura inicial utilizada para el agua. Si se revisan los resultados por las masas utilizadas, se obtiene lo siguiente:

- $m \approx 14,6, g$: Desviación estándar de 4,87, el valor promedio es de $L_f = 77,82, cal/g$ y un porcentaje de error del 2,72 %.
- $m \approx 6,8, g$: Desviación estándar de 1,17, el valor promedio es de $L_f = 68,16, cal/g$ y un porcentaje de error del 14,79 %.
- $m \approx 5,0, g$: Desviación estándar de 4,68, el valor promedio es de $L_f = 79,80, cal/g$ y un porcentaje de error del 0,25 %.

Se puede observar que los resultados concuerdan con el valor teórico, siendo bastante más preciso el obtenido para $m \approx 5,0, g$. Sin embargo, al igual que en el caso de la temperatura, no se observa una relación entre la masa y la certeza del resultado.

En cuanto al valor promedio del calor latente de fusión del hielo, se obtiene que es de $L_f = 75,26, cal/g$ con una desviación estándar de 6,35 y un porcentaje de error del 5,92 %. Se trata de un resultado aceptable, cuyo error se debe a errores de medición en las masas y las temperaturas. Se podría decir que principalmente en la medida de la masa del hielo, ya que mientras se pesa y se toma la temperatura, ya ha iniciado el proceso de fusión del hielo, lo que reduce la masa final del hielo que será utilizada.

Calor específico de metales

Para el caso del calor específico de los metales, se tiene que los datos previos a las mediciones, son los siguientes:

- $M_{cal} = 54,35, g$
- $M_{agua} = 27,87, g$
- $c_{agua} = 1,00, cal/g \cdot C^{-1}$
- $c_{cal} = 0,22, cal/g \cdot C^{-1}$
- $c_{agi} = 0,22, cal/g \cdot C^{-1}$

Tras realizar el proceso descrito en la metodología, para medir el calor específico de 3 metales, en principio desconocidos, pero que tras el calculo obtenido, se pudo determinar de que metales se trataba comparando los resultados con los valores consignados de distintos materiales en la literatura, se concluye que estos son aluminio, cobre y hierro. Así entonces se tienen los siguientes datos obtenidos del experimento, necesarios para el calculo. Teniendo en consideración que el experimento se realizo a una temperatura inicial de cada metal T_{metal} al rededor de $95,^{\circ}C$, y la temperatura inicial del vaso, y del agua, $T_0 = 26,^{\circ}C$. A continuación se presentan los datos en la tabla 2.

Tabla 2: Datos obtenidos para el calculo del calor específico de los metales.

<i>Metal</i>	M_{agua} [g]	M_{metal} [g]	T_0 [$^{\circ}C$]	T_{metal} [$^{\circ}C$]	T_e [$^{\circ}C$]
<i>Alummio</i>	165,16	157,64	26	92	36
<i>Cobre</i>	159,24	164,46	26	97	32
<i>Hierro</i>	182,8	157,17	26	97	32

Una vez tabulado los datos, se calcula el calor específico de cada metal, utilizando la expresión 4 con su correspondiente desviación porcentual, y se obtiene lo siguiente, tabla 3.

Tabla 3: Resultados obtenidos para el calor específico de los metales.

<i>Metal</i>	C [$cal/g \cdot ^{\circ}C$]	C_{exp} [$cal/g \cdot ^{\circ}C$]	<i>Desviacion porcentual</i>
<i>Alummio</i>	0,214	0,207	3 %
<i>Cobre</i>	0,093	0,099	7 %
<i>Hierro</i>	0,11	0,117	7 %

Se puede notar, que los valores son aceptables con un error porcentual de entre 3 % y 7 % comparado con los convencionalmente verdaderos. El error se atribuye a fallas de medición en las masas y las temperaturas, en especial la temperatura inicial del metal, ya que al momento de introducirlo al calorímetro, este se enfriaba rápidamente, lo cual afecta el resultado final. Aún así se puede concluir que los resultados representan de manera valida el calor específico de los metales. Es importante resaltar que el calor específico del alummio es mayor al resto debido a que este metal es menos denso que los demas, por lo que se requiere de mayor energía para el intercambio de calor.

IV. CONCLUSIONES

En este experimento, se realizaron mediciones y cálculos para determinar el calor específico de varios metales y el calor latente de fusión del hielo. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa sobre las propiedades térmicas de estos materiales.

En primer lugar, se llevó a cabo la determinación del calor latente del hielo mediante el método de fusión. Los resultados obtenidos mostraron una correspondencia cercana con el valor aceptado de referencia para el calor latente del

hielo. Esto indica que el método utilizado fue efectivo para medir el calor latente, lo cual es un parámetro importante para caracterizar la transición de fase de una sustancia.

Por otro lado, se determinó el calor específico de los metales mediante el método de calentamiento y enfriamiento. Los valores experimentales obtenidos para cada metal fueron consistentes con los datos teóricos de referencia. Esto sugiere que el método utilizado fue preciso y confiable. Además, se observó que el calor específico varía según el metal, lo que indica que cada uno tiene una capacidad única para almacenar calor.

En general, se puede concluir que los resultados obtenidos tienen una precisión aceptable, ya que el porcentaje de error es en su mayoría inferior al 10 %. Sin embargo, se observa que para algunas medidas el porcentaje de error es significativamente mayor, lo que puede deberse a errores en la medición o a factores externos que afectaron el proceso, como se menciona, la temperatura inicial del metal, y la masa inicial del hielo, fueron problemas significativos en el experimento.

Referencias

- [1] Puntos de fusión y ebullición calor latente, Ciclo Formativo: Laboratorio de Análisis y Control de Calidad (2015).
URL <https://laboratoriosuperior.files.wordpress.com/2015/10/tema-7-puntos-de-fusio3b3n-y-ebullicio3b3n-calor-latente.pdf>
- [2] D. C. Giancoli, Physics: principles with applications, Vol. 1, Pearson Educación, 2005.
- [3] H. Montiel, Física General, Larousse - Grupo Editorial Patria, 2015.
URL <https://books.google.co.ve/books?id=ZdNUCwAAQBAJ>