



## LABORATORIO DE FÍSICA

**PROFESOR:** Norberto Sinardi

**JTP:** Rodolfo DELMONTE

**ATP:** Emiliano COLAVITTA, Carlos GAMBETTA y Federico GUANUCO

**ASISTE LOS DÍAS:** Miércoles

**EN EL TURNO:** Mañana

**TRABAJO PRÁCTICO N°:** 1

**TÍTULO:** Calorimetría

**INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ**

--

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
REALIZADO EL		

<b>CORREGIDO</b>		
<b>APROBADO</b>		

**INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:**

## Objetivos

- Determinar el equivalente en agua de un calorímetro
- Obtención del calor específico de una sustancia sólida por el método de las mezclas

## Introducción

La calorimetría es la parte de la física que se encarga de medir la cantidad de calor generada o pérdida en ciertos procesos físicos o químicos. Para calcular esa cantidad de calor generada o pérdida, se realiza a través de un artefacto llamado calorímetro. Este consta de un termómetro que está en contacto con el medio que está midiendo, en el cual se encuentran las sustancias que entregan y reciben calor. Las paredes del calorímetro se encuentran construidas de un material aislante que permite evitar, lo máximo posible, el intercambio de calor con el exterior, para una mejor aproximación a las mediciones que queremos obtener. Posee una varilla como agitador para mezclar el contenido y acelerar el intercambio de calor.

Para una buena comprensión y un buen desarrollo, introduciremos algunas definiciones a tener en cuenta:

El **calor** es una forma de energía que intercambian los cuerpos al variar su temperatura o su estado de agregación.

La **capacidad calorífica** es la cantidad de calor que debe intercambiar un cuerpo para variar su temperatura en un grado. Además es una magnitud escalar y depende de la masa, es decir es una propiedad extensiva.

El **calor específico** es la cantidad de calor que debe intercambiar cada unidad de masa de la sustancia para variar su temperatura en un grado. También es una magnitud escalar, pero es independiente de la masa, es decir es una propiedad intensiva.

El **equilibrio térmico** se da cuando dos cuerpos de temperaturas diferentes, siendo  $T_1 < T_2$ , se ponen en contacto sin interacción con otro cuerpo, dejando en evidencia cómo el cuerpo más caliente se va enfriando y el que estaba más frío va adquiriendo más temperatura, y esto seguirá hasta que ambos alcancen la misma temperatura.

## Materiales utilizados

- ❖ Calorímetro con  $\pi$  de equivalente en agua.
- ❖ Agitador.
- ❖ Probeta.
- ❖ Agua.
- ❖ Balanza.
- ❖ Mechero
- ❖ Termómetro

## Desarrollo

Este trabajo experimental consiste en dos prácticas:

Para poder realizar esta primera práctica la cual consiste en obtener el equivalente en agua en el calorímetro seguimos los siguientes pasos:

Se introduce en una probeta una cantidad de masa de agua a temperatura ambiente ( $M$ ) y la introducimos dentro del calorímetro. Luego calentamos otra cantidad de masa de agua ( $m$ ) hasta una temperatura llamada  $T_2$ . Cuando introducimos la masa de agua ( $m$ ) dentro del calorímetro y agitamos la mezcla con el agitador, hay una variación de temperatura, debido a que la masa de menor temperatura recibe energía en forma de calor, hasta que alcanzan un equilibrio, es decir que las masas alcanzan una misma temperatura.

El intercambio de calor producido anteriormente viene dado por esta relación:

$$Q_1 + Q_2 + Q_{\text{CAL}} = 0$$

Donde  $Q_1$  es la cantidad de calor intercambiada por la masa a temperatura ambiente,  $Q_2$  es la cantidad de calor intercambiada por la masa a  $T_2$  y  $Q_{\text{CAL}}$  es la cantidad de calor intercambiada por el calorímetro.

Para obtener  $Q_1$  y  $Q_2$  utilizamos la siguiente ecuación  $\rightarrow Q = C_e \cdot m_i (T_f - T_o)$

Para obtener  $Q_{\text{CAL}}$  utilizamos la siguiente ecuación  $\rightarrow Q_{\text{CAL}} = C \cdot (T_f - T_o)$

Relacionamos  $C$  con el  $C_e$  para determinar experimentalmente este valor y queda como ecuación:

$$C = C_e \cdot \Pi$$

$$\text{Siendo } \Pi = \frac{-M(T_f - T_{\text{ambiente}}) - m(T_f - 80^\circ\text{C})}{(T_f - T_{\text{ambiente}})}$$

Por último se calculará el error absoluto con la siguiente ecuación:

$$\varepsilon\Pi = \varepsilon\text{NUMERADOR} + \varepsilon\text{DENOMINADOR}$$

Para poder desarrollar los cálculos utilizaremos los siguientes valores:

Grupo	Determinación del equivalente en agua de un calorímetro				
	Masa agua fría	Masa agua caliente	Temp. inicial agua fría	Temp. inicial agua caliente	Temp. de equilibrio/final
	M <sub>af</sub> (g)	M <sub>ac</sub> (g)	T <sub>iaf</sub> (°C)	T <sub>iac</sub> (°C)	T <sub>e</sub> (°C)
6	70	70	20	80	47,8

- Cálculo del valor de  $\pi$

$$\pi = \frac{-M(T_f - T_1) - m(T_f - T_2)}{(T_f - T_1)}$$

$$\pi = \frac{-70(47,8 - 20) - 70(47,8 - 80)}{(47,8 - 20)}$$

$$\pi = \frac{-70(27,8) - 70(-32,2)}{(27,8)}$$

$$\pi = 11,08g$$

- Cálculo del error absoluto de  $\pi$

$$\Delta\pi = \sqrt{\left(\frac{\partial\pi}{\partial M} \cdot \Delta M\right)^2 + \left(\frac{\partial\pi}{\partial m} \cdot \Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial\pi}{\partial T_1} \cdot \Delta T_1\right)^2 + \left(\frac{\partial\pi}{\partial T_2} \cdot \Delta T_2\right)^2 + \left(\frac{\partial\pi}{\partial T_f} \cdot \Delta T_f\right)^2}$$

$$\frac{\partial\pi}{\partial M} = -1 \frac{g}{^\circ C}$$

$$\frac{\partial\pi}{\partial m} = -\frac{T_f - T_2}{T_f - T_1} = -\frac{(47,8) - 80}{(47,8) - 20} = 1,1582 \frac{g}{^\circ C}$$

$$\frac{\partial\pi}{\partial T_1} = -m \cdot \frac{T_f - T_2}{(T_f - T_1)^2} = (-70) \cdot \frac{(47,8) - 80}{(47,8 - 20)^2} = 2,9165 \frac{g}{^\circ C}$$

$$\frac{\partial\pi}{\partial T_2} = \frac{m}{T_f - T_1} = \frac{-70}{(47,8) - 20} = -2,5179 \frac{g}{^\circ C}$$

$$\frac{\partial\pi}{\partial T_f} = -m \cdot \frac{T_2 - T_1}{(T_f - T_1)^2} = (-70) \cdot \frac{80 - 20}{(47,8 - 20)^2} = -5,4345 \frac{g}{^\circ C}$$

$$\Delta\pi = \sqrt{(-1,1)^2 + (1,1582 \cdot 1)^2 + (2,9165 \cdot (0,1))^2 + (-2,5179 \cdot (0,1))^2 + (-5,4345 \cdot (0,1))^2}$$

$$\Delta\pi = \sqrt{1 + (1,3414) + (0,0850) + (0,0633) + (0,2953)}$$

$$\Delta\pi \cong 1,6688 g$$

$$\pi = (11 \pm 2)g$$

Para esta segunda práctica la cual consiste en lograr obtener la correcta determinación del calor específico de una sustancia sólida por el método de las mezclas realizamos lo siguiente:

Como primer paso vaciamos el calorímetro, luego de eso agregamos una masa de agua (M) a temperatura ambiente al calorímetro. Al agregarla, hay que esperar a que se alcance el equilibrio térmico, para entonces medir la temperatura común (calorímetro-M) a la que llamaremos  $T_1$ . Luego se mide con una balanza una masa (m) de la sustancia a la que se le desea medir su calor específico. Se introduce un

termómetro en un tubo de ensayo y se agrega la sustancia con cuidado, dejando el termómetro en el medio. Luego se calienta la sustancia hasta lograr una temperatura próxima a la deseada y se retira el tubo de la fuente de calor. Antes de introducir la sustancia dentro del calorímetro hay que esperar a que la temperatura se estabilice, la cual llamaremos  $T_2$ . Por último, agitamos el contenido, para acelerar el intercambio de calor, leyendo la indicación del termómetro hasta que la temperatura deje de cambiar. Esta temperatura en equilibrio la llamaremos  $T_f$ .

Tal como en la primer parte, este intercambio de calor, viene dado por la ecuación:

$$Q_1 + Q_2 + Q_{CAL} = 0$$

Por eso, reemplazamos y sacando como factor común  $(T_f - T_1)$ , llegamos a la conclusión que el calor específico, en este caso llamado  $C_x$  está dado por la ecuación:

$$C_x = \frac{C_{e_{agua}} \cdot (M + \Pi) \cdot (T_f - T_1)}{m \cdot (T_f - T_2)}$$

Por último se calculará el error absoluto con la siguiente ecuación:

$$\Delta C_x = \varepsilon C_x \cdot C_{x0}$$

Para desarrollar los cálculos utilizaremos los siguientes valores:

Grupo	Obtención del calor específico de una sustancia sólida por medio del método de mezclas				
	Masa agua fría	Masa de la sustancia desconocida	Temp. inicial agua fría	Temp inicial de sust. desconocida	Temp. de equilibrio
	Maf (g)	Mx (g)	Tiaf (°C)	Tix (°C)	Te (°C)
6	80	100	20	90,2	24,4

- Cálculo de  $C_x$

$$C_x = - \frac{C_{e_{agua}} \cdot (M + \Pi) \cdot (T_f - T_1)}{m \cdot (T_f - T_2)}$$

$$C_x = \frac{-1 \cdot (80 + 11,08) \cdot (24,4 - 20)}{100 \cdot (24,4 - 90,2)}$$

$$C_x = - \frac{(91,08) \cdot (4,4)}{100 \cdot (-65,8)}$$

$$C_x = 0,06 \frac{cal}{g^{\circ}C}$$

- Cálculo del error relativo de  $C_x$

$$\Delta C_x = \sqrt{\left(\frac{\partial C_x}{\partial \pi} \cdot \Delta \pi\right)^2 + \left(\frac{\partial C_x}{\partial M} \cdot \Delta M\right)^2 + \left(\frac{\partial C_x}{\partial m} \cdot \Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial C_x}{\partial T_1} \cdot \Delta T_1\right)^2 + \left(\frac{\partial C_x}{\partial T_2} \cdot \Delta T_2\right)^2 + \left(\frac{\partial C_x}{\partial T_f} \cdot \Delta T_f\right)^2}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial \pi} = -C_e \cdot \frac{T_f - T_1}{m \cdot (T_f - T_2)} = -1 \cdot \frac{24,4 - 20}{100 \cdot (24,4 - 90,2)} = -0,00066 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial M} = -C_e \cdot \frac{T_f - T_1}{m \cdot (T_f - T_2)} = -1 \cdot \frac{24,4 - 20}{100 \cdot (24,4 - 90,2)} = -0,00066 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial m} = C_e \cdot \frac{(\pi + M)(T_f - T_1)}{m^2 \cdot (T_f - T_2)} = 1 \cdot \frac{(11,08 + 80)(24,4 - 20)}{100^2 \cdot (24,4 - 90,2)} = -0,00060 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial T_1} = \frac{C_e \cdot (\pi + M)}{m \cdot (T_f - T_2)} = \frac{1 \cdot (11,08 + 80)}{100 \cdot (24,4 - 90,2)} = -0,01384 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial T_2} = \frac{-C_e \cdot (\pi + M)(T_f - T_1)}{m \cdot (T_f - T_2)^2} = \frac{-1 \cdot (11,08 + 80)(24,4 - 20)}{100 \cdot (24,4 - 90,2)^2} = -0,00092 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial T_f} = -C_e \cdot \frac{(\pi + M)}{m} \times \frac{(T_1 - T_2)}{(T_f - T_2)^2} = -1 \cdot \frac{(11,08 + 80)}{100} \times \frac{(20 - 80)}{(24,4 - 90,2)^2} = 0,012614 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$\Delta C_x = \sqrt{(-0,00066 \cdot 1)^2 + (-0,00066 \cdot 1)^2 + (-0,00060 \cdot 1)^2 + (-0,01384 \cdot (0,1))^2 + (-0,00092 \cdot (0,1))^2 + (0,012614 \cdot 0,1)^2}$$

$$\Delta C_x = \sqrt{(0,0000004356) + (0,0000004356) + (0,00000036) + (0,00001915456) + (0,00000008464) + (0,0000159136)}$$

$$\Delta C_x = 0,00217858$$

$$C_x = (0,100 \pm 0,002) \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

Según la siguiente tabla de calores específicos de los metales, podemos decir que el valor específico de nuestro sólido se aproxima a la plata:

Sustancia	cal/g °C	J/kg °C
Agua	1.00	4200
Hielo	0.50	2100
Vapor	0.48	2016
Hierro	0.113	475
Cobre	0.093	391
Aluminio	0.217	911
Plata	0.056	235
Vidrio	0.199	836
Mercurio	0.033	139
Plomo	0.031	130

## Preguntas

1. ¿Qué expresa la ley cero de la termodinámica y en qué parte de este experimento está presente?

La ley cero de la termodinámica expresa que al poner en contacto un objeto con cierta temperatura con otro que posee una temperatura distinta, estos intercambiarán calor hasta llegar a una temperatura de equilibrio en ambos cuerpos. Está presente en las dos partes del experimento, tanto como para hallar la masa del calorímetro como para hallar el calor específico de la sustancia desconocida, en las cuales se nos brindan las temperaturas iniciales y la de equilibrio y las masas para que aplicando esta ley podamos arribar al resultado que indica la consigna.

2. ¿Qué es un calorímetro y qué se puede medir con él?

Un calorímetro es un instrumento diseñado para medir cantidades de calor suministradas por cuerpos a cierta a distintas temperaturas. Sirve para determinar el calor específico de sustancias y para medir las cantidades de calor liberadas o

3. ¿Cuáles son las posibles fuentes de error en la medición de  $c_x$ ?

Las posibles fuentes de error son las temperaturas iniciales, las cuales se deben estabilizar antes de ingresar la sustancia desconocida y el calorímetro el cual debe transferir la menor cantidad de calor posible al entorno.

4. ¿Qué función cumple el agitador en la práctica?

La función del agitador es acelerar la transferencia de calor entre las sustancias.

5. ¿Por qué fue necesario medir el equivalente en agua del calorímetro? ¿Se podría haber medido correctamente el calor específico de la sustancia desconocida sin conocerlo?

Es necesario medir el equivalente en agua del calorímetro porque es un cuerpo que va a tener transferencia de calor por lo tanto para poder hallar el calor específico de la sustancia desconocida. El no tener en cuenta esta equivalencia el resultado del valor buscado hubiera sido completamente distinto.



6. ¿Por qué es importante dejar de calentar la sustancia incógnita y esperar a que su temperatura se estabilice antes de introducirla en el calorímetro?

Esto es importante para asegurar que no siga aumentando su temperatura y se tome un valor distinto como temperatura inicial de la sustancia.

7. Defina capacidad calorífica e indique sus características.

Es la energía necesaria, en forma de calor, para aumentar una unidad de temperatura a toda la masa de una determinada sustancia. Indica la mayor o menor dificultad que presenta un cuerpo para experimentar cambios de temperatura cuando se le suministra calor. Depende de la sustancia como tal y de la cantidad de sustancia, por lo tanto es una propiedad extensiva.

### Conclusión

Como grupo, pudimos aplicar los conocimientos adquiridos en las clases sobre calorimetría. Se vio que a qué valores tienden a estabilizarse dos sustancias que se mezclan, cuando están a dos temperaturas distintas. También obtuvimos  $\pi$  el cual es el equivalente en agua de un calorímetro que es muy importante para poder obtener el calor específico de cualquier sustancia, como se ve anteriormente. En nuestro caso el valor del mismo ( $C_x$ ) se aproxima al calor específico de la plata (0,056 Cal/g°C).