FISICA GENERAL II– 2013
Guía de Trabajo Practico N^{o} 4
Calorímetro de las mezclas. Calor específico de sólidos

INTRODUCCIÓN

Se llama **calor específico** c de una sustancia a la cantidad de calor que se debe entregar a 1g de esa sustancia para elevar su temperatura en 1 °C. Es la misma cantidad de calor que el cuerpo cede al enfriarse 1 °C. Según esta definición, la cantidad de calor ΔQ recibida por un cuerpo, con masa m y calor específico c, para incrementar su temperatura un ΔT estará dada por

$$\Delta Q = cm\Delta T = cm(T_f - T_i) \quad (1)$$

donde T_f y T_i son las temperaturas final e inicial del cuerpo.
El calorímetro de las mezclas consiste de un recipiente, térmicamente aislado (adiabático), dentro del cual se coloca una masa M de agua. Se introduce en el calorímetro un cuerpo de masa m, cuyo calor específico se desea determinar, el cual previamente ha sido llevado a una temperatura T_{mi}. El agua del calorímetro se encuentra inicialmente a temperatura T_{ai} y absorberá calor (si $T_m > T_a$) hasta que la mezcla (agua + cuerpo) alcance el equilibrio térmico, en el cual el agua y el cuerpo tendrán una temperatura final T_f. El calor Q_m transferido por el cuerpo (de masa m) debe ser igual al calor Q_a absorbido por el agua y el calorímetro, de manera que

$$\begin{gathered} Q_a = c_a(M+\pi)(T_{af} - T_{ai}) = -Q_m = cm(T_{mi} - T_{mf}) \\ T_{af} = T_{mf} \end{gathered} \quad (2)$$

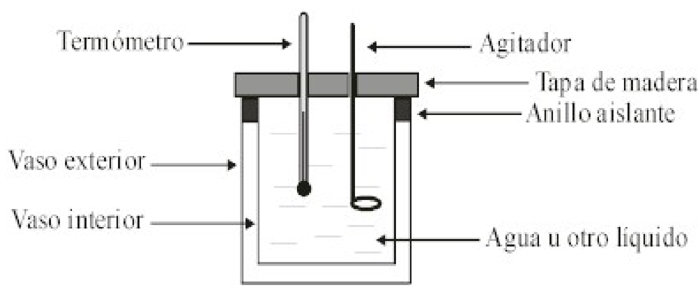

Figura 1: Calorímetro de las mezclas

donde M es la masa inicial de agua a temperatura inicial T_{ai}, π es el "equivalente en agua" del calorímetro, m la masa del cuerpo y c su calor específico. El equivalente en agua π es una cantidad que equivale a la masa de agua que absorbería la misma cantidad de calor que el calorímetro, termómetro, agitador, etc. De modo que

$$c_a\pi = c_c m_c + c_t m_t + c_s m_s + \ldots$$

Donde los subíndices corresponden con c, calorímetro, t, termómetro, y s, agitador, etc.
Puede estimarse por cálculo, pero conviene determinarlo experimentalmente; debido que es difícil determinar otros términos tal como el calor que transfiere el calorímetro al medio por radiación y convexión, etc.

Posibles Correcciones

Como el recipiente del calorímetro no es totalmente adiabático, hay algún intercambio de calor con el ambiente, que modifica la temperatura de la masa de agua M y π del calorímetro. Por lo tanto en la ecuación (2) debe introducirse un término $Q_r = (M + \pi)\, c_a\, \Delta T'$ que tenga esto en cuenta, de manera que

$$c_a(M+\pi)\left(T_{af} - T_{ai} + \Delta T'\right) = c\, m\, \left(T_{mi} - T_{af}\right) \tag{3}$$

La ecuación (3) puede rescribirse como

$$c_a(M+\pi)\left(T_f' - T_i'\right) = c\, m\, \left(T_{mi} - T_{af}\right) \tag{4}$$

De donde el calor específico del cuerpo es

$$c = \frac{c_a(M+\pi)\left(T_f' - T_i'\right)}{m\, \left(T_{mi} - T_{af}\right)} \tag{5}$$

Para la determinación de T'_f -T'_i se procede de la siguiente manera: Previamente se hace una estimación del salto ΔT (ver apéndice). Luego se coloca agua a temperatura $\Delta T/2$ por debajo de la ambiente, aproximadamente, y se toman temperaturas durante no menos de diez minutos antes de introducir el cuerpo (usar data-logger ver apéndice). Sin dejar de medir temperatura se introduce el cuerpo y se continúa con las lecturas hasta al menos diez minutos posteriores a que se alcance el registro máximo. Representando los valores medidos de temperatura en función del tiempo se obtiene un gráfico similar al indicado en la figura

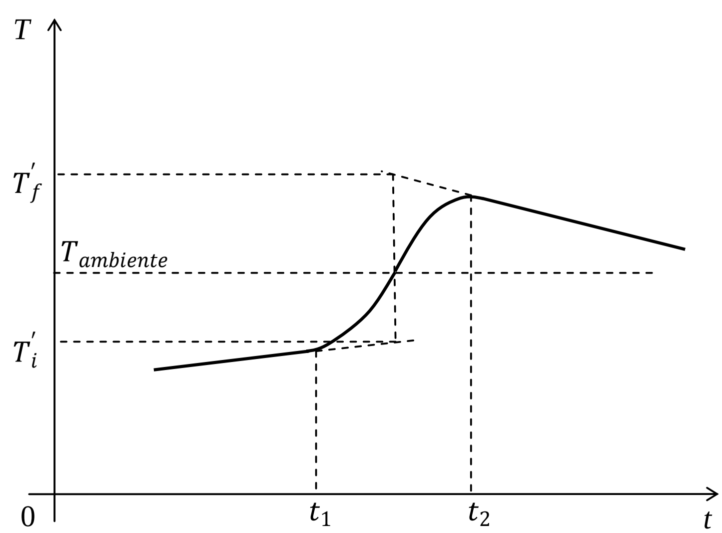

Figura 2: Grafico de la temperatura del sistema en función del tiempo al introducir un cuerpo más caliente que inicialmente el calorímetro.

En los instantes t_1 ,en el que se introduce el cuerpo, y t_2 ,en el que se alcanza la temperatura máxima, se trazan las rectas 1 y 2 y por el punto medio de ellas una recta paralela al eje T que en los puntos de intersección con las prolongaciones de las rectas inicial y final determinan el salto térmico $(T_f' - T_i')$ corregido. Es importante notar que si el calorímetro es muy bueno, es decir es prácticamente adiabático, $\Delta T' = 0$ y el salto de la figura 1 parece un escalón con bordes abruptos.

Para la determinación de π el procedimiento es similar. Se introduce una masa m de agua a temperatura T_{mi} y se repite el procedimiento descripto para un cuerpo. En la (3), donde ahora es $c = c_a = 1$, y se despeja π, resultando

$$\pi = \frac{m\left(T_{mi} - T_{af}\right)}{\left(T'_f - T'_i\right)} - M \tag{6}$$

Notar que por su definición, π es una cantidad **¡no negativa!**.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Elementos:

- Calorímetro
- Data-logger
- Caldera de Regnault
- Accesorios (Cuerpos de diferentes materiales, agitador, etc.)

1) Inicialmente estime el valor de π geométricamente.
2) Mida π experimentalmente (ver introducción). Para ello Ud. introducirá una masa de agua caliente en el calorímetro.

Fije la temperatura inicial del calorímetro unos $2\ °C$ por debajo de la temperatura ambiente. Haga inicialmente una estimación de la cantidad de agua que se debe agregar para subir al menos $2\ °C$ la temperatura del calorímetro respecto de la temperatura ambiente. Con los valores estimados realice la medición de π.

Conteste:

a) Que cantidad física involucrada le introduce mas error al valor de π?
b) Que valor obtuvo de π con su respectivo error?

3) Determine experimentalmente el valor del calor específico c de un sólido metálico. Realice las estimaciones necesarias para que el calorímetro trabaje entre $1\ °C$ de temperatura por encima y por debajo de la temperatura ambiente.

Conteste:

a) Que cantidad física involucrada le introduce mas error al valor de c?
b) Que valor obtuvo de c con su respectivo error?
c) Podría pedirse saltos de 2 ^{o}C de temperatura en el calorímetro?

APÉNDICES

I) Calores específicos de algunas sustancias

Sustancias	Calor específico $cal\ gr^{-1}K^{-1}$
Agua líquida a 25C	1
Hielo a 0C	0,502
Aluminio	0,22
Cobre	0,092
Chapa o latón	0,094
Acero	0,114

II) Estimación de $\left(T_f' - T_i'\right)$: Partiendo de la ecuación (6), suponemos que el cuerpo introducido al calorímetro es una masa de agua, $m = 0.3\ M = 60gr$, a una temperatura $T_{mi} = 2\ T_{ai}$, de manera que de (6) obtenemos

$$\left(T_f' - T_i'\right) = \frac{m\left(T_{mi} - T_{af}\right)}{(M + \pi)}$$

Seguidamente hacemos el siguiente razonamiento: Un calorímetro con un rendimiento pobre posee un $\pi \sim 0.1\ M$, y si el aislamiento es pobre pierde un cierta cantidad de calor tal que si $M = 200\ gr \Rightarrow \pi = 20\ gr$, y considerando que $T_{ai} = 25\ °C \Rightarrow 2\ T_{ai} = 50\ °C$, y por consiguiente, si el calorímetro es de pobre desempeño pierde una cierta cantidad de calor, durante los 10 minutos que dura la medición, tal que $T_{af} = 45\ °C$. Introduciendo estos valores en la ecuación anterior obtenemos

$$\left(T_f' - T_i'\right) = \frac{0.3\ M\ (50 - 45)°C}{1.1\ M} \cong 1.4\ °C$$

Bibliografía:

1. Estudio del Calor- Isnardi-Collo;
2. Trabajos Prácticos de Física - Fernández y Galloni.
3. Física. Resnick R., Halliday D., Krane K. 5a. edición en español.