

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El trabajo práctico consta de dos objetivos principales, los cuales son:

- Determinar el equivalente en agua de un calorímetro.
- Obtener el valor del calor específico de una sustancia sólida (granallas) y deducir el tipo de sustancia a partir del mismo.

MARCO TEÓRICO

Para lograr un mayor entendimiento de la actividad propuesta y su procedimiento, resulta necesario mencionar algunos conceptos teóricos relativos a la termodinámica. Estos se presentan a continuación:

Calor	Forma de energía que intercambian los cuerpos al variar su temperatura y/o al cambiar su estado de agregación.
Capacidad calorífica	Constante que indica la cantidad de calor que requiere un cuerpo para elevar su temperatura en un grado. Se trata de una propiedad extensiva (dependiente de la masa).
Calor específico	Constante. Cantidad de calor que debe intercambiar cada unidad de masa de una sustancia para variar su temperatura en un grado, sin que se produzca un cambio de fase. Se trata de una propiedad intensiva (independiente de la masa).
Equilibrio térmico	Cuando se ponen en contacto dos objetos de diferente temperatura, el calor fluye del cuerpo caliente al cuerpo frío. Dicho proceso continúa hasta que ambos presenten la misma temperatura. Entonces se dice que los dos objetos se encuentran en equilibrio térmico. El cambio que experimenta cada componente depende de su temperatura inicial, masa y calor específico.
Calorímetro de mezclas	Recipiente térmicamente aislado (adiabático) provisto de un termómetro y un agitador que pasan a través de orificios practicados en su tapa. Permite determinar el calor específico de una sustancia mediante una mezcla de dos componentes a diferente temperatura.

DESARROLLO

01. Materiales empleados

- Balanza
- Dos termómetros
- Probeta graduada
- Calorímetro de mezclas
- Caldera de Regnault
- Trípode
- Mechero de Bunsen
- Tubo de vidrio con pinza metálica

02. Cálculo del equivalente en agua (π)

El equivalente en agua, denominado con la letra griega π , se define como la masa de agua que intercambiaría la misma cantidad de calor que el calorímetro y sus elementos.

Comenzamos la experiencia colocando una masa m_1 de agua fría en el calorímetro. Para realizar la medición correspondiente, disponemos de la probeta graduada. Con un termómetro, hallamos la temperatura T_1 una vez que el líquido ha alcanzado el equilibrio térmico con el calorímetro. A continuación, añadimos al recipiente otra masa de agua m_2 previamente calentada en la caldera con temperatura $T_2 > T_1$. Para finalizar, mezclamos ambas sustancias, esperamos que el sistema alcance nuevamente el equilibrio térmico y procedemos a anotar la temperatura final T_f .

Los datos relevados son los siguientes:

$$m_1 = m_2 = 80g$$

$$T_1 = (22,7 \pm 0,1)^\circ C$$

$$T_2 = (74,9 \pm 0,1)^\circ C$$

$$T_f = (46,8 \pm 0,1)^\circ C$$

Desarrollo de cálculos:

$$Q_1 = ce \cdot m_1 \cdot (T_f - T_1)$$

$$Q_2 = ce \cdot m_2 \cdot (T_f - T_2)$$

$$Q_3 = ce \cdot \pi \cdot (T_f - T_1)$$

Si se desprecia todo intercambio de calor entre el calorímetro y el medio, se cumple que la suma de Q_1 , Q_2 y Q_3 es igual a cero. $\rightarrow \sum Q = 0$

$$ce \cdot m_1 \cdot (T_f - T_1) + ce \cdot m_2 \cdot (T_f - T_2) + ce \cdot \pi \cdot (T_f - T_1) = 0$$

$$\pi = \frac{-ce \cdot m_1 \cdot (T_f - T_1) - ce \cdot m_2 \cdot (T_f - T_2)}{ce \cdot (T_f - T_1)}$$
$$\pi_0 = -m_1 - \frac{m_2 \cdot (T_f - T_2)}{(T_f - T_1)}$$

$$\pi_0 = -80g - \frac{80g \cdot (46,8 - 74,9)^\circ C}{(46,8 - 22,7)^\circ C}$$

$$\pi_0 = 13,278g$$

Para buscar el error absoluto del equivalente en agua, propagamos errores de la siguiente manera:

$$\Delta\pi = \Delta m_1 + \Delta \left(m_2 \left(\frac{|T_F - T_2|}{|T_F - T_1|} \right) \right)$$

Con motivos de simplificación el segundo término lo expresaremos como Δx para poder propagar por separado.

$$x = m_2 \left(\frac{|T_F - T_2|}{|T_F - T_1|} \right)$$

$$\Delta\pi = \Delta m_1 + \Delta x$$

$$\varepsilon_x = \varepsilon(m_2) + \varepsilon(T_F - T_2) + \varepsilon(T_F - T_1)$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \left(\frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_2}{|T_F - T_2|} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_1}{|T_F - T_1|} \right)$$

Si reemplazo x:

$$\Delta x = \left(\frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_2}{|T_F - T_2|} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_1}{|T_F - T_1|} \right) \cdot m_2 \left(\frac{|T_F - T_2|}{|T_F - T_1|} \right)$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta la suma de errores inicial:

$$\Delta\pi = \frac{\Delta m_1}{m_1} + \left[\left(\frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_2}{|T_F - T_2|} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_1}{|T_F - T_1|} \right) \cdot m_2 \left(\frac{|T_F - T_2|}{|T_F - T_1|} \right) \right]$$

Entonces, si reemplazo los valores medidos;

$$\Delta\pi = \frac{1g}{80g} + \left[\left(\frac{1g}{80g} + \frac{0,2^\circ C}{28,1^\circ C} + \frac{0,2^\circ C}{24,1^\circ C} \right) \cdot 80g \left(\frac{28,1^\circ C}{24,1^\circ C} \right) \right]$$

$$\Delta\pi = 2,61g$$

Luego de haber obtenido los valores del valor representativo y el valor absoluto, podemos proceder a determinar el valor real del equivalente en agua.

$$\pi = \pi_0 \pm \Delta\pi$$

$$\pi = (13,278 \pm 2,61)g$$

$$\pi = (13 \pm 2)g$$

03. Cálculo del calor específico de una sustancia

A partir del valor del equivalente en agua π (valor calculado anteriormente), se puede determinar el calor específico c_e de una sustancia desconocida. En nuestro caso vamos a emplear granallas de un cierto material que ignoramos.

Para lograr esto, comenzamos pesando una masa m_x de la sustancia con ayuda de la balanza. Dicha muestra se coloca en un tubo de ensayo y se calienta en una caldera hasta que alcance una temperatura de 75°C . En este momento se retira la muestra de la exposición al calor y se mide la temperatura de la misma, a la cual llamaremos T_2 .

A la par de este procedimiento se coloca una masa m_1 de agua en el calorímetro y, cuando se ha logrado el equilibrio térmico, se releva su temperatura y se la llama T_1 .

Luego se introducen las granallas en el calorímetro y se espera nuevamente que el sistema alcance el equilibrio térmico para medir la temperatura final T_F .

Los datos relevados son los siguientes:

$$m_x = (110,28 \pm 0,02) \text{ g}$$

$$m_1 = (80 \pm 1) \text{ g}$$

$$T_1 = (24,1 \pm 0,2)^\circ\text{C}$$

$$T_2 = (78,8 \pm 0,2)^\circ\text{C}$$

$$T_F = (26,7 \pm 0,2)^\circ\text{C}$$

Al igual que en el experimento anterior, la transferencia neta de calor es igual a 0. Por lo tanto, se plantean las ecuaciones de calor de cada cuerpo y dentro del calorímetro.

$$Q_1 = C_e m_1 (T_F - T_1)$$

$$Q_C = C_e \pi (T_F - T_1)$$

$$Q_2 = C_x m_x (T_F - T_2)$$

Como se estableció anteriormente, $\sum Q = 0$, entonces:

$$C_{x_o} = \frac{-C_e m_1 (T_F - T_1) - C_e \pi (T_F - T_1)}{m_x (T_F - T_2)}$$

$$C_{x_o} = \frac{-C_e (m_1 + \pi) (T_F - T_1)}{m_x (T_F - T_2)}$$

Reemplazando valores podemos llegar al valor representativo del calor específico de nuestra muestra.

$$C_{x_o} = \frac{-1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot (80 \text{ g} + 13 \text{ g}) (26,7^\circ\text{C} - 24,1^\circ\text{C})}{110,28 \text{ g} \cdot (26,7^\circ\text{C} - 78,8^\circ\text{C})}$$

$$C_{x_o} = \frac{-93 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \cdot 2,6^\circ\text{C}}{110,28 \text{ g} \cdot (-52,1^\circ\text{C})}$$

$$C_{x_o} = 0,04 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

Para el cálculo del error absoluto, se propaga errores de la siguiente manera:

$$\varepsilon (C_x) = \varepsilon (C_e) + \varepsilon (m_1 + \pi) + \varepsilon (T_F - T_1) + \varepsilon (m_x(T_F - T_2))$$

Como el calor específico del agua es una constante, puedo tomar el error como 0.

$$\frac{\Delta C_x}{C_{x_o}} = \frac{\Delta m_1 + \Delta \pi}{m_1 + \pi} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_1}{|T_F - T_1|} + \frac{\Delta m_x}{m_x} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_2}{|T_F - T_2|}$$
$$\Delta C_x = \left(\frac{\Delta m_1 + \Delta \pi}{m_1 + \pi} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_1}{|T_F - T_1|} + \frac{\Delta m_x}{m_x} + \frac{\Delta T_F + \Delta T_2}{|T_F - T_2|} \right) \cdot C_{x_o}$$

Reemplazando valores queda:

$$\Delta C_x = \left(\frac{3g}{93g} + \frac{0,5^\circ\text{C}}{2,6^\circ\text{C}} + \frac{0,02g}{110,28g} + \frac{0,5^\circ\text{C}}{52,1^\circ\text{C}} \right) \cdot 0,04 \frac{\text{cal}}{g^\circ\text{C}}$$

$$\Delta C_x = 0,00937$$

Una vez obtenidos los valores, se puede expresar el valor real del calor específico de la muestra:

$$C_x = C_{x_o} \pm \Delta C_x$$

$$C_x = (0,04 \pm 0,00937)g$$

$$C_x = (0,04 \pm 0,01)g$$

CONCLUSIONES

A partir de la experiencia, pudimos determinar el equivalente en agua del calorímetro y, una vez obtenido aquel valor, calcular el calor específico aproximado de una sustancia desconocida. Para poder identificar el material de las granallas hemos de tener en cuenta su apariencia, propiedades y comparación con otras sustancias. Así, observamos que se trataba de un metal, de un color gris oscuro, opaco, pesado (tomando un puñado de granallas y a pesar de su pequeño tamaño) y no magnético. Además, comparamos el resultado obtenido con la tabla de calores específicos de sustancias conocidas brindada por el laboratorio de física.

En conclusión y teniendo en cuenta los aspectos mencionados, consideramos que se trata de granallas de plomo, aunque el valor obtenido difiere un poco del que especifica la tabla ya que se encuentra justo en el límite de nuestro valor real. Esta incerteza en el valor se puede dar por varios factores; en primer lugar, las mediciones, tanto de temperatura como de agua, no son exactas ya que influye mucho el error humano en las mismas y muchas veces solo se toma la incerteza del instrumento que puede no ser suficiente. Por otro lado, también se puede pensar que el equivalente en agua tiene una incerteza muy grande (cercana al 15%) y esto afecta a los cálculos, haciendo que los valores no sean tan exactos. Entonces, teniendo en cuenta estos posibles errores, si se cometen al mismo tiempo, el error en los cálculos puede modificar el valor real de la medición.

ANEXO


Se adjunta la hoja firmada de valores calculados en el laboratorio.

Experimento 1

$T_1 = 22.7^\circ\text{C}$ $m_1 = m_2 = 80\text{ g}$
 $T_2 = 74.9^\circ\text{C}$ $\Pi = (13 \pm 3)\text{ g}$
 $T_F = 46.8^\circ\text{C}$

Experimento 2

$T_1 = 24.1^\circ\text{C}$ $m_x = 110.28\text{ g}$
 $T_2 = 78.8^\circ\text{C}$ $m_{\text{agua}} = 80\text{ g}$
 $T_F = 26.7^\circ\text{C}$ $C_x = (0.04 \pm 0.01) \frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot^\circ\text{C}}$


20/4/2023
Z-2017
64