

PRÁCTICA 5. CALORIMETRÍA

INTRODUCCIÓN

Al mezclar dos cantidades de líquidos a distinta temperatura se genera una transferencia de energía en forma de calor desde el más caliente al más frío. Dicho tránsito de energía se mantiene hasta que se igualan las temperaturas, cuando se dice que ha alcanzado el equilibrio térmico.

La cantidad de calor Q que se transfiere desde el líquido caliente, o la que absorbe el frío, responde a la expresión

$$Q = mC_e \Delta T$$

donde m es la masa del líquido, C_e su calor específico y ΔT la variación de temperatura que experimentan.

1. MEDIDA DE LA CAPACIDAD CALORÍFICA DE UN CALORÍMETRO

Las transferencias de calor se miden en un calorímetro a través de variaciones de temperatura. Previo a toda experiencia es necesario *calibrarlo*, esto es, determinar su capacidad calorífica.

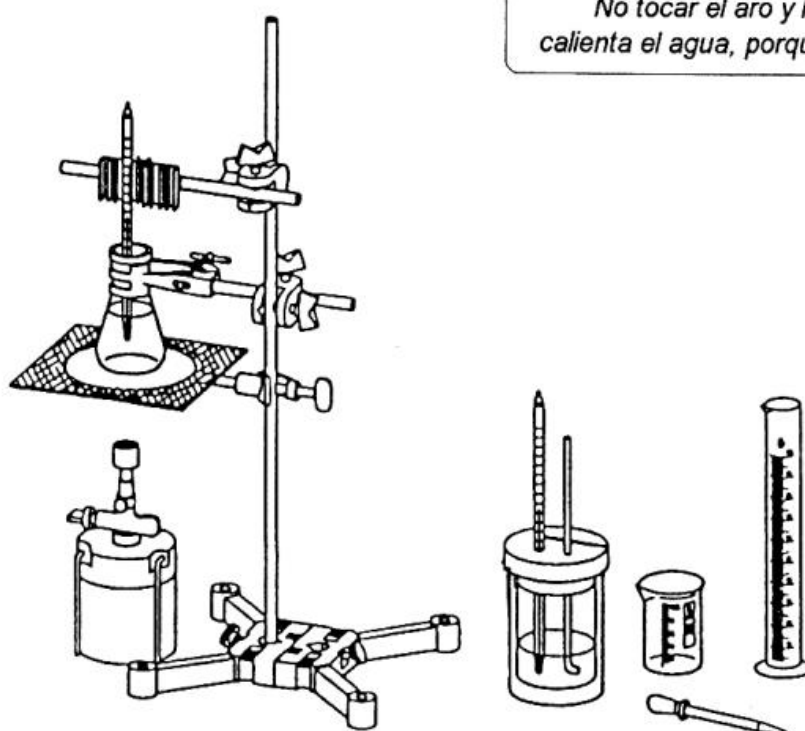
Para realizar el calibrado, se mezclan cierta cantidad de agua fría con agua caliente y se mide la temperatura de equilibrio. Durante este proceso una parte de la energía cedida por el agua caliente es absorbida por el vaso Dewar del calorímetro que eleva su temperatura desde T_2 a T_e . En consecuencia, como en el calorímetro no se producen pérdidas de energía hacia el exterior, la variación del conjunto formado por el calorímetro y las cantidades de agua será nula, por lo que se puede escribir

$$m_1(T_e - T_1) + C_K(T_e - T_2) + m_2(T_e - T_2) = 0 \quad (1)$$

donde C_K es la capacidad calorífica del calorímetro, esto es, cuánto calor absorbe por grado de aumento en la temperatura. Además se ha tomado el calor específico del agua como $1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \text{K}^{-1}$

La influencia del calorímetro también se acostumbra a identificar como equivalente en agua (K), que se define como la cantidad de agua cuya capacidad calorífica es C_K . Por ser el calor específico del agua $1 \text{ cal.g}^{-1}\text{K}^{-1}$, el equivalente en agua es la capacidad calorífica del calorímetro pero expresada en gramos.

Diseño experimental y recogida de datos



PRECAUCION:

No tocar el aro y la rejilla cuando se calienta el agua, porque están muy calientes

La figura ilustra el montaje que debe disponerse para realizar esta práctica. Echense 200ml de agua del grifo, medidos cuidadosamente con la probeta en el calorímetro y tápese colocando el termómetro y el agitador. Al cabo de cierto tiempo anótese su temperatura (T_2).

Échense por otra parte 200 ml de agua, también medidos con la probeta, en el erlenmeyer que se sujetará al soporte mediante la pinza y la varilla. En él se introduce un termómetro suspendido de la placa soporte sin que llegue a tocar el fondo del vaso.

FUNDAMENTOS DE QUÍMICA-PRÁCTICA 5

Se calienta este agua hasta alcanzar unos 40°C , y a continuación se vierte en el calorímetro, procurando anotar su temperatura (T_1) justo antes de introducirse en el mismo. Una vez ambas porciones de agua se encuentran en el calorímetro, se agita ligeramente y se lee la temperatura de equilibrio T_e al cabo de un minuto (o el tiempo requerido para que la lectura del termómetro se mantenga estable). En la medida de lo posible *inténtese apreciar hasta la mitad de grado en la lectura de las temperaturas*.

Se propone realizar dos experiencias semejantes utilizando en cada una de ellas diferentes cantidades de agua caliente y fría.

1. Masa de agua fría = $m_2 = 200\text{ g}$ + masa de agua caliente = $m_a = 200\text{ g}$
2. Masa de agua fría = $m_2 = 150\text{ g}$ + masa de agua caliente = $m_a = 150\text{ g}$

Los datos de ambas experiencias se trasladan a la tabla siguiente:

<i>Temperaturas en $^{\circ}\text{C}$</i>	T_1	T_2	T_e
Caso 1			
Caso 2			

Resultados y conclusiones

1. Efectuando los cálculos que se derivan de la expresión (1), se determina el valor de la capacidad calorífica C_K y del equivalente en agua K en ambos casos. La capacidad calorífica del calorímetro se asigna al valor medio de los dos valores encontrados. Igualmente se hace con el equivalente en agua.
2. Expresar los resultados en calorías y en unidades del Sistema Internacional, sabiendo que $1\text{ cal} = 4,185\text{ J}$.
3. Los valores que se obtienen para C_K y K , ¿dependen de la cantidad de líquido que se utiliza en la experiencia?

2. MEDIDA DEL CALOR LATENTE DE FUSIÓN DEL HIELO

El calor latente de fusión L_F se define como la cantidad de calor por unidad de masa necesaria para fundir un sólido que coexiste con el líquido a la temperatura de fusión. Por lo tanto, la energía total en forma de calor Q_F necesaria para fundir una masa M de hielo se encuentra en agua a la temperatura de 0°C vendrá dada por:

$$Q_F = L_F \cdot M$$

El valor experimental aceptado para el calor latente de fusión del hielo es $L_F = 80\text{ cal/g}$ = $3.34 \cdot 10^5\text{ J/kg}$.

Al realizar la medida experimental de L_F debemos asegurarnos de que el hielo se encuentre precisamente a 0°C , por lo que si el hielo se saca de un congelador se deberá dejarlo alcanzar la coexistencia con el agua.

Procedimiento experimental

Se calientan en un matraz unos 200 ml de agua hasta unos 30°C , que controlaremos con un termómetro. De esta agua templada se toman exactamente $V_1=150\text{ml}$ medidos en una probeta enrasando con un cuentagotas. Esta cantidad de agua $M_1=150\text{g}$ se decantan en el calorímetro, midiéndose al cabo de unos minutos la temperatura de equilibrio T_1 de agua y calorímetro.

Por otra parte se toma una cantidad de hielo picado o, en su defecto, varios cubitos de hielo que se trocean envolviéndolos con un paño y golpeándolos contra el suelo, procurando que esté lo más seco posible antes de echarlo en el calorímetro. La masa de hielo M_2 se medirá posteriormente una vez fundido a partir del incremento del volumen total del agua en el calorímetro. Seguidamente se agita el calorímetro y al cabo de unos minutos se anota la temperatura T_E del equilibrio, que deberá ser necesariamente superior a 0°C ; de lo contrario se deberá repetir la experiencia con menor cantidad de hielo. Es conveniente aproximar las medidas de las temperaturas hasta medio grado, aunque, en rigor la escala sólo permita lecturas de unidades de grado.

Recogida de datos

El volumen de agua procedente del hielo fundido V_2 se obtiene midiendo el volumen total de agua en el calorímetro V_A h, de manera que $V_2 = V_A - V_1$. La masa M_2 de hielo vendrá entonces dada por $m_2 = V_2 \cdot \rho$, tomando $\rho = 1.0 \text{ g/ml}$, para la densidad del agua a temperatura ambiente.

Construir una tabla con los valores todos los datos experimentales: volumen, masa y temperatura iniciales del agua templada (V_1 , m_1 , T_1) y del hielo fundido (V_2 , m_2 , $T_2=0^\circ\text{C}$), y temperatura de equilibrio T_E .

Cálculos

El cálculo de $L_F = Q_F / m_2$ se lleva a cabo utilizando la expresión calorimétrica:

$$m_1 \cdot C_e \cdot (T_E - T_1) + C_K \cdot (T_E - T_1) + Q_F + m_2 \cdot C_e \cdot (T_E - T_2) = 0 \quad (2)$$

siendo $C_e = 1.0 \text{ cal/(g } ^\circ\text{C)}$ y C_K la capacidad calorífica del calorímetro, obtenida en la primera parte de la práctica.

Expresar el valor obtenido para L_F en unidades del Sistema Internacional. Comparar dicho valor con el valor experimental aceptado para el calor de fusión del hielo dado

más arriba. Repasa el procedimiento experimental que has seguido y discute cuáles son en tu opinión las mayores fuentes de incertidumbre al realizar las medidas.

3. MEDIDA DEL CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN DEL AGUA

En el cambio de estado líquido-vapor que se pone de manifiesto en la ebullición del agua, la energía del foco calorífico que se transfiere a las moléculas de agua hace que estas adquieran una gran energía cinética. Este aumento de energía hace que algunas moléculas sean capaces de vencer las fuerzas intermoleculares de la superficie del líquido que tienden a retenerlas y pasen a la fase vapor.

La temperatura a que se produce este fenómeno recibe el nombre de *temperatura de ebullición* y se mantiene invariable aunque se aporte más energía al líquido. Si se continúa calentando, toda la energía adicional irá a evaporar más moléculas hasta que todas ellas hayan pasado a la fase gaseosa y solo entonces, empezará a calentarse el vapor resultante. Cuando la presión es de 1 atm (760 mm Hg), la temperatura de ebullición es de 100 °C, siendo menor cuanto menor es la presión atmosférica.

Para transformar m gramos de agua a 100 °C en m gramos de vapor también a 100 °C se precisa una cantidad de energía en forma de calor Q_V . El calor de vaporización L_V , es la cantidad de calor necesaria para que se evapore 1 g de agua. Por lo tanto puede determinarse como:

$$L_V = \frac{Q_V}{m}$$

El valor de L_V establecido experimentalmente es 540 cal / g, ó $2.26 \cdot 10^6$ J / kg.

Procedimiento experimental

Los materiales que se utilizan en esta práctica deben disponerse como en la figura adjunta. Se comienza midiendo en la probeta con exactitud un volumen de agua $V_1=100$ ml, que se echan en el Erlenmeyer. A continuación se coloca el termómetro de manera que el bulbo quede situado dentro del agua y se enciende el mechero Bunsen. Es importante no modificar la llama del mechero durante toda la experiencia.

Cuando el agua alcanza 30 °C, se mide el tiempo de tarda en alcanzar los 70 °C, dato que se utilizará después para determinar la potencia calorífica, P , del mechero. Además del tiempo total, se anotarán los tiempos parciales a 40 °C, 50 °C y 60 °C, con el fin de construir la curva de calentamiento del mechero.

En el momento en que el agua tiende a hervir, se mantiene así durante 10 minutos y se apaga el mechero. Transcurridos unos minutos y con cuidado, se afloja la nuez que sujeta la pinza y utilizando ésta como asa del Erlenmeyer se echa el agua caliente en la probeta, midiendo el volumen V , a partir del cual podemos conocer la parte que se

evaporó, V_2 ($V_2 = V_1 - V$). Suponiendo que la densidad del agua es 1 g/cm^3 , tendremos así también la masa de agua evaporada, m_2 .

Cálculos

El calor invertido en calentar el agua es:

$$Q = m_1 C_e \Delta T \quad (3)$$

donde C_e es la capacidad calorífica del agua, $C_e = 1.0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$. Por lo tanto, la potencia calorífica del mechero, P , se puede calcular como

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m_1 C_e \Delta T}{\Delta t} \quad (4)$$

Donde Δt es el tiempo que se tarda en calentar el agua desde 30°C a 70°C , expresado en segundos, y ΔT es el incremento de temperatura entre esos dos valores, es decir, 40°C . Sus unidades son cal/s. Con ese valor de P , se obtiene L_v mediante la expresión:

$$L_v = \frac{600P}{m_2} \text{ (cal/g)} \quad (5)$$

Donde 600 es el número de segundos correspondientes a los 10 minutos que hemos calentado después de que el agua haya entrado en ebullición.

Comparar el resultado obtenido con el experimental dado anteriormente y comentar cuáles son las posibles fuentes de error que expliquen las posibles discrepancias