-14-

ENTALPÍA DE FUSIÓN DEL HIELO

OBJETIVO

Determinar la entalpía de fusión del hielo utilizando el método de las mezclas.

MATERIAL

- Calorímetro, manta eléctrica
- Termómetro y vaso
- Hielo y agua
- Balanza

FUNDAMENTO Y MÉTODO

La entalpía de fusión del hielo, ΔH_f, (también denominada calor latente de fusión**),** se define como *la cantidad de calor necesaria para pasar la unidad de masa de hielo del estado sólido al líquido a la temperatura de fusión del mismo*. Si la presión bajo la cual se produce el cambio de fase se mantiene constante e igual a 1 atmósfera, la temperatura de fusión también se mantiene constante y es igual a 0ºC.

Podemos determinar el calor latente de fusión midiendo cómo varía la temperatura de una mezcla de agua y hielo cuando éste se funde. Para evitar intercambios de calor con el medio, debemos hacer la mezcla dentro de un *calorímetro*, que es, simplemente, un recipiente cerrado y térmicamente aislado.

1.-<u>Determinación del equivalente en agua del calorímetro</u>

Cuando en un calorímetro se coloca un líquido a temperatura distinta de la suya, el calorímetro absorbe (o cede) algo de calor. A la hora de hacer el *balance calorimétrico* podemos imaginar que el calorímetro se comporta como una cantidad de agua adicional que hubiera que calentar o enfriar al hacer cualquier mezcla. Se define por tanto el *equivalente en agua del calorímetro* como la masa de agua que absorbería (o cedería) la misma cantidad de calor que el calorímetro para modificar su temperatura desde la inicial del calorímetro a la final del mismo.

Para determinar el equivalente en agua del calorímetro, empiece por pesar el calorímetro vacío y seco, y anote el valor de la masa obtenido, M_0. A continuación, tome una cantidad de agua (unos 200 cm^3) y, utilizando la manta eléctrica, caliéntela hasta unos 10ºC por encima de la temperatura ambiente. Una vez caliente, vierta esta agua en el calorímetro y ciérrelo. Determine ahora la masa del calorímetro con el agua, M_1. La masa de agua añadida, Ma, se obtendrá por diferencia entre las dos pesadas anteriores:

$$M_a = M_1 - M_0$$

Observe cómo evoluciona la temperatura que marca la sonda dentro del calorímetro; cuando este nivel se estabilice, anote el valor de la temperatura del sistema (agua + calorímetro), T_1.

NOTA: El calorímetro debe mantenerse continuamente tapado durante todos los experimentos. Sólo se destapará cuando haya que poner algo dentro de él.

Mientras se estabiliza la temperatura en el calorímetro, tome unos 200 cm^3 de agua y enfríelos añadiendo un poco de hielo picado (hasta unos 10ºC por debajo de la temperatura ambiente). Cuando se ha enfriado el agua y en **la mezcla no queda nada de hielo**, se toma nota de la temperatura de esta agua fría, T_2 , se vierte en el calorímetro y se tapa. Note que ha medido la temperatura del agua fría antes de ponerla en el calorímetro, mientras que la del agua caliente la midió después.

La masa de agua fría añadida M_b se obtiene pesando de nuevo el calorímetro con el agua caliente y fría. Si la masa total es ahora M_2 , la masa de agua fría es:

$$M_b = M_2 - M_1$$

Seguidamente agite suavemente la mezcla en el calorímetro, e introduzca el termómetro. Anote la temperatura de equilibrio de la mezcla T_{final}. En este proceso el calorímetro y el agua caliente ceden calor y bajan su temperatura, mientras que el agua fría recibe dicho calor y aumenta su temperatura. Por consiguiente, la ecuación de balance calorimétrico, en el equilibrio, podremos escribirla de la forma:

$$c\,(M_a + K)(T_1 - T_{final}) = c\,M_b(T_{final} - T_2) \qquad [1]$$

siendo c el calor específico del agua *(c = 4183 J/(kg K))*

Por tanto, el equivalente en agua del calorímetro, *K*, se calcula mediante la ecuación:

$$K = \frac{M_b(T_{final} - T_2)}{(T_1 - T_{final})} - M_a = \frac{(M_2 - M_1)(T_{final} - T_2)}{(T_1 - T_{final})} - (M_1 - M_0) \qquad [2]$$

El procedimiento utilizado de mezclar distintas masas a distintas temperaturas y medir la temperatura final de equilibrio se denomina *método de las mezclas* y vamos a utilizarlo también para la determinación de la entalpía de fusión del hielo.

2.- Determinación la entalpía de fusión del hielo.

Para determinar la entalpía de fusión del hielo tome 5 cubitos de hielo, equivalen a unos 40 g pero la medida precisa de su masa le realizaremos más tarde por diferencia de pesadas. En el calorímetro tendrá el agua que queda de la primera parte de la práctica. Justo antes de echar el hielo en el calorímetro, lea y anote nuevamente la temperatura del calorímetro con el agua, T_3 (esta temperatura deberá coincidir prácticamente con la última que hizo, T_{final}, pero puede diferir ligeramente). Tape el calorímetro y siga atentamente la evolución de la temperatura del sistema (calorímetro, agua y hielo),

durante unos minutos, hasta que todo el hielo se haya fundido. Para comprobar que el hielo se ha fundido, no necesita estar destapando continuamente el calorímetro; lo sabrá porque la temperatura deja de bajar, se estabiliza en un cierto valor durante unos minutos y luego vuelve a subir. La mínima temperatura alcanzada se anota y la denominaremos T'_{final}.

En este ensayo, el calor cedido por el agua caliente y el calorímetro deberá igualar al calor que ha tomado el hielo para fundirse (calor de fusión) más el necesario para elevar su temperatura desde la de fusión $T_{fusión} = 0ºC$ hasta la temperatura de equilibrio T'_{final}. Si la masa de hielo es M_c, este balance se expresa como:

$$M_c \Delta H_f + M_c c\ (T'_{final} - T_{fusión}) = c(M_2 - M_0 + K)(T_3 - T'_{final}) \qquad [3]$$

Para medir la masa de hielo M_c, pesamos una vez más el calorímetro con todo lo que contiene (calorímetro+agua+hielo fundido), y anotamos su masa M_3; Entonces:

$$M_c = M_3 - M_2$$

Por tanto, la entalpía de cambio de fase vendrá dada por:

$$\Delta H_f = \frac{c\ (M_2 - M_0 + K)(T_3 - T'_{final})}{M_3 - M_2} - c\ (T'_{final} - T_{fusión}) \qquad [4]$$

TRABAJO PREVIO

Calcule las expresiones de las incertidumbres del equivalente en agua del calorímetro y la entalpía de fusión. Discuta qué expresión de las dos que aparecen en la fórmula [2] es conveniente usar para calcular las incertidumbres.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Nota: Es importante antes de abandonar el laboratorio calcular el valor de k y comentarlo con el tutor para asegurar la coherencia de los datos.

- Determine el equivalente en agua del calorímetro, con sus correspondientes incertidumbres.
- Determine la entalpía de fusión del hielo con sus correspondientes incertidumbres.
- Discuta los resultados, comentando y analizando las posibles fuentes de error.
- Conteste a las siguientes cuestiones:

1) ¿Por qué es preciso no tener hielo cuando se determina el equivalente en agua del calorímetro?
2) Si el equivalente en agua del calorímetro es 50 g, ¿significa esto que la masa del calorímetro es igual a 50 gramos?
3) ¿Cómo debería escribirse la ecuación de balance [3] para incluir la posible circunstancia de que el trozo de hielo tenga una temperatura inferior a la de fusión?
4) ¿Por qué no usamos hielo picado cuando se trata de determinar su entalpía de fusión?

5) Cuando se hace la determinación del equivalente en agua del calorímetro, se sugiere tomar aproximadamente las mismas cantidades de agua y ajustar las temperaturas, de modo que el agua caliente esté unos 10ºC por encima de la temperatura ambiente y la fría 10ºC por debajo. ¿Cómo justifica esta sugerencia?