



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

Determinación del calor latente de fusión del hielo

Apellidos, nombre	Atarés Huerta, Lorena (loathue@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	ETSIAMN (Universidad Politécnica de Valencia)



1 Resumen de las ideas clave

En este objeto de aprendizaje se va a tratar el concepto de calor latente de una sustancia. Se sentarán los fundamentos de dicho concepto, y se describirá el denominado método de las mezclas. Este método es un procedimiento sencillo e intuitivo que permite determinar el calor latente de una sustancia. Tras la exposición de su fundamento teórico, se describirá paso por paso el modo de operación en el laboratorio.

2 Introducción

El calor latente de una sustancia se define como la energía calorífica necesaria para que cierta masa de esa sustancia cambie de estado ^[1]. Si la sustancia se encuentra inicialmente en estado sólido y pasa a líquido, se hablaría de calor latente de fusión (L_f), en el caso de pasar de líquido a gas se trataría de calor latente de vaporización, y para la transición de sólido a gas se tendría el calor latente de sublimación.

El cambio de estado de una sustancia no supone ningún cambio de temperatura. Por ejemplo, a presión atmosférica, se puede calentar agua líquida hasta los 100°C. Una vez alcanzada esta temperatura, si se sigue suministrando calor éste será invertido en el cambio de estado de la sustancia, que ocurrirá a temperatura constante. En otras palabras, se pasará de agua líquida a 100°C a vapor de agua a 100°C.

Como puede deducirse fácilmente de la definición, las dimensiones del calor latente de una sustancia son:

$$\frac{\text{Energía}}{\text{masa}}$$

Las unidades en el numerador son normalmente julios o calorías. La equivalencia entre ambas es $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$ ^[2].

Para un caso concreto de cambio de estado (fusión), el flujo de calor (Q_f) que debe recibir una cierta masa (m) de una sustancia para cambiar de estado (pasar de sólido a líquido) se calcularía como:

$$Q_f = m \cdot L_f$$

Si se quisiera determinar el calor latente de fusión del hielo utilizando el método de las mezclas, sería necesario mezclarlo con una sustancia caliente de calor específico conocido.

El calor específico (c) de una sustancia se define como la energía calorífica necesaria para que una cierta masa de esa sustancia eleve su temperatura en un cierto incremento de temperatura ^[3].

Así pues, las dimensiones de esta magnitud son

$$\frac{\text{Energía}}{\text{masa} \cdot \text{incremento de T}}$$



Las unidades en el numerador son normalmente julios o calorías. La equivalencia entre ambas es $1\text{cal} = 4.18\text{J}$. Las unidades de incremento de temperatura pueden ser, indistintamente, $^{\circ}\text{C}$ o K , ya que un aumento de temperatura de 1°C equivale a un aumento de temperatura de 1K .

El flujo de calor que debe recibir una cierta masa de un fluido para aumentar su temperatura en un cierto incremento de T se calcularía según la siguiente ecuación:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Donde:

Q es el flujo de calor

m es la masa de sustancia

ΔT es el incremento de temperatura que sufre esa sustancia

La misma ecuación se utilizaría para calcular el flujo de calor desprendido por una cierta masa de una sustancia que se enfría.

3 Objetivos

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos adquieran la capacidad de:

- Comprender el fundamento del método de las mezclas
- Hallar el calor latente de fusión de una sustancia utilizando el método de las mezclas

4 Desarrollo

Para comenzar, en el apartado 4.1. se va a exponer el fundamento del método de las mezclas, un método sencillo e intuitivo para la determinación del calor latente de una sustancia. Este método consiste en la mezcla de la sustancia problema con otra de calor específico conocido. A modo de ejemplo, supondremos que la sustancia cuyo calor latente queremos determinar es hielo (inicialmente a 0°C), y la de calor específico conocido es agua (inicialmente caliente).

En el segundo subapartado (4.2.) se va a describir el procedimiento experimental que se seguiría para dicha determinación, haciendo énfasis en las precauciones necesarias para la obtención de resultados fiables.

4.1 Fundamentos del método de las mezclas

El método de las mezclas se fundamenta en la utilización de un calorímetro ^[4], un recipiente que permite un alto aislamiento térmico de cualquier sustancia contenida en su interior. En este recipiente, se mezclará el hielo con agua caliente. De este modo se podrá afirmar que el calor cedido por la sustancia caliente (que se enfriará) equivale al calor recibido por el hielo. Este calor recibido por el hielo se empleará en dos procesos: el hielo se fundirá a temperatura constante (0°C), y el agua resultante de dicha fusión se calentará por encima de 0°C hasta alcanzar la temperatura de equilibrio T_e .



$$Q_{\text{ganado}} = Q_{\text{cedido}}$$

Como ya se ha comentado en la introducción, cada flujo de calor puede calcularse como el producto de la masa por el calor específico por el incremento de temperatura. En adelante, vamos a utilizar el subíndice 1 para hacer referencia al fluido frío (etanol, de calor específico desconocido) y el subíndice 2 para el fluido caliente (agua, de calor específico conocido). La ecuación anterior quedaría así:

$$Q_f + m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_2 - T_e)$$

A la derecha de la ecuación tendríamos expresado el calor cedido por el agua caliente que se enfría, pasando de la temperatura inicial T_2 a la temperatura final T_e . En cuanto al calor recibido por el hielo, se tienen dos sumandos diferentes porque se han tenido en cuenta los dos procesos que ya se han señalado: fusión (Q_f) y calentamiento del agua que se obtiene de la fusión desde 0°C hasta T_e ($m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1)$). Obviamente, m_1 será la masa de hielo.

Resaltar que ambos incrementos de temperatura se han considerado positivos ($T_2 > T_e > T_1$), puesto que al hablar de "calor ganado" y "calor cedido" el criterio de signos es innecesario.

En esta ecuación, la única incógnita es Q_f , puesto que el calor específico del agua es conocido, y las masas y temperaturas se han de determinar experimentalmente. Puesto que Q_f es el flujo de calor recibido por el hielo, éste es dependiente de la masa de hielo que se haya utilizado. Para hallar el calor latente L_f sería necesario dividir Q_f entre la masa de hielo (m_1).

$$m_1 \cdot L_f + m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_2 - T_e)$$

Vayamos ahora un paso más allá. Hasta aquí habíamos considerado que el calor cedido por el agua caliente equivalía al recibido por el hielo. En realidad, hay un tercer elemento tomando parte en el intercambio de calor: el propio calorímetro. Considerar al calorímetro como un elemento que cede o que toma calor depende del procedimiento experimental que se siga. Supongamos que decidimos introducir en el calorímetro el fluido caliente en primer lugar. En ese caso, el calorímetro tomaría la temperatura del fluido caliente y consideraríamos que el conjunto de ambos cedería calor al fluido frío. Así pues, la aportación del calorímetro se debería tener en cuenta de este modo:

$$m_1 \cdot L_f + m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_2 - T_e) + m_c \cdot c_c \cdot (T_2 - T_e)$$

Donde se ha considerado que el calorímetro cede calor y que el incremento de temperatura que sufre es el mismo que el que sufre el fluido caliente.

Al añadir la aportación del calorímetro, se hace necesario determinar experimentalmente su masa m_c . Además, se nos suma una nueva incógnita: el calor específico del calorímetro c_c . Para determinarla, se debe llevar a cabo la calibración del calorímetro. Esta calibración consiste en el mezclado de fluidos de c conocidos (por ejemplo, agua fría y caliente), de modo que la única incógnita sea c_c . Una vez aplicada la ecuación y determinado este valor, c_1 pasará a ser la única incógnita de la ecuación. Por lo tanto se podrá determinar L_f , mezclando agua caliente con hielo y aplicando el valor determinado de c_c .



4.2 Procedimiento experimental

4.2.1 Calibración del calorímetro

Para la determinación del calor latente de fusión del hielo L_f , es necesario mezclar dos fluidos de c conocido. Normalmente se utiliza agua fría y agua caliente. El procedimiento consistiría en:

- Determinar la masa del calorímetro m_c
- Calentar agua hasta unos 80°C
- Pesar unos 100g de agua caliente y anotar su masa m_2 . Conviene pesarla en el mismo calorímetro
- Medir la temperatura del agua caliente T_2 . Conviene medirla una vez en el calorímetro, para evitar el enfriamiento que supone el vertido. Mantener el calorímetro tapado.
- Pesar unos 100g de agua fría, anotar su masa m_1 y medir su temperatura T_1 .
- Verter el agua fría en el calorímetro, tapar y medir la temperatura de equilibrio T_e .

Por último, se aplica la ecuación donde la única incógnita es c_c .

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (T_e - T_1) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_2 - T_e) + m_c \cdot c_c \cdot (T_2 - T_e)$$

Es conveniente repetir el procedimiento experimental como mínimo tres veces, de modo que se obtenga c_c como el valor promedio de las tres determinaciones. El valor de c_c suele ser bastante pequeño y por lo tanto el error experimental puede hacer que se obtengan valores negativos, que por supuesto no tienen sentido físico y deberán despreciarse.

4.2.2 Determinación del calor latente de fusión del hielo

La determinación de L_f se llevaría a cabo a través de un procedimiento muy similar al seguido para la calibración del calorímetro, teniendo en cuenta unas pequeñas precauciones.

Es conveniente utilizar hielo picado para favorecer la transferencia de calor entre el agua caliente y éste. El hielo que se introduzca en el calorímetro debe estar, en la medida de lo posible, exento de agua superficial, ya que su masa se considerará íntegramente como masa de hielo (y no de una mezcla parcialmente fundida). Bastará con poner el hielo picado sobre papel y hacerlos contactar y antes de verter el hielo en el calorímetro. La mejor forma de determinar la masa de hielo es por diferencia de las masas del sistema antes y después de añadir el hielo. Si no se hiciera así, sería necesario pesar el hielo y esto permitiría cierto grado de fusión.

5 Cierre

En este objeto de aprendizaje se han expuesto los fundamentos del método del as mezclas, un procedimiento sencillo y muy intuitivo para obtener el calor latente de fusión de una sustancia. Se ha ejemplificado este procedimiento suponiendo que



la sustancia problema es hielo. Se ha descrito la necesidad de la calibración del calorímetro como paso previo a la obtención de resultados fiables.

6 Bibliografía

- [1] http://es.wikipedia.org/wiki/Calor_latente
- [2] <http://es.wikipedia.org/wiki/Caloria>
- [3] http://es.wikipedia.org/wiki/Calor_espec%C3%ADfico
- [4] <http://es.wikipedia.org/wiki/Calor%C3%ADmetro>