

DEMO 75

PROPIEDADES TÉRMICAS



Autor de la ficha	Roberto Pedrós
Palabras clave	Conductividad térmica; calor específico; calor; Termodinámica
Objetivo	Estudiar la conductividad térmica y el calor específico de varios materiales
Material	2 cubitos de hielo; bloque de aluminio, bloque de espuma de alta densidad; vasos; arena; agua; encendedor.
Tiempo de Montaje	Nulo

Descripción

Conductividad térmica

La conductividad térmica es una magnitud que describe la capacidad de un material para transmitir calor por conducción. Los átomos de un material están ligados formando una estructura ordenada y pueden existir además electrones libres. La conducción de calor se produce mediante ondas que se propagan a través de la estructura de los átomos y, por otra parte, en un aumento de la agitación de los electrones libres (en su caso). Por eso los metales, que poseen muchos electrones libres, son mejores conductores que otros materiales, como las aleaciones, que poseen menos. También influyen en la conducción factores que afecten al flujo de calor a través del material, como la fracción de espacios huecos. El flujo de calor Q por conducción (variación del calor respecto al tiempo) a través de un material puede expresarse como

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Donde: t es el tiempo; k es la conductividad térmica del material; A es la superficie; T es la temperatura; x es la distancia. En igualdad de condiciones, los materiales que presenten una elevada conductividad térmica experimentarán un mayor flujo de calor por conducción. El símbolo ∂ para la derivada del calor significa que el calor es una diferencial inexacta

Calor específico

El concepto de calor específico lo introdujo Joseph Black a partir de un experimento muy sencillo. Introdujo en un horno dos recipientes iguales, uno con agua y el otro con la misma masa de mercurio. Al cabo de un cierto tiempo midió la temperatura de ambos líquidos y observó que el mercurio se había calentado más deprisa. Térmicamente los materiales no se comportaban igual, y para distinguirlo introdujo el concepto de calor específico.

Podemos aumentar la temperatura de un cuerpo suministrándole energía en forma de calor. Para conseguir un cierto aumento de temperatura, el calor que tendremos que suministrar dependerá de la masa del cuerpo (a más masa, más calor necesario) y de las propiedades térmicas del cuerpo, en este caso de su calor específico. Podemos expresarlo como

$$Q = mc_e \Delta T \quad (2)$$

Donde Q es el calor; m es la masa del cuerpo; c_e es el llamado calor específico, que describe cuánto calor necesita el cuerpo para calentarse; ΔT es la variación de la temperatura. La ecuación (2) también es válida cuando el cuerpo cede calor. Esta ecuación permite definir la unidad de calor, la caloría, que es el calor necesario para elevar en un grado la temperatura de un gramo de agua. Por tanto, el patrón que se utiliza para definir el calor específico es el agua, al que se le asigna el valor de 1 cal/g °C.

Procedimiento

1) Conductividad térmica: bloques de distintos materiales y cubitos de hielo.

Observemos que el bloque de metal está más frío al contacto que el de espuma de alta densidad. Sin embargo, si utilizamos el termómetro de infrarrojos (demo 9) observaremos que ambos bloques están a la misma temperatura. Colocamos un cubito de hielo encima de cada bloque. Al cabo de unos pocos minutos veremos que el cubito de hielo que estaba sobre el bloque de metal se ha derretido completamente mientras que el que el otro apenas ha cambiado.

El bloque de metal tiene una mayor conductividad térmica que el del otro material. De ahí que al tocar el metal lo notemos frío, ya que el calor de nuestro dedo fluye muy rápidamente a través del bloque. Este efecto se evidencia más al poner el cubito de hielo. El calor fluye rápidamente por el metal, suministrando el calor necesario para fundir el hielo rápidamente. En cambio en el bloque de espuma de alta densidad, el calor fluye más despacio y la fusión del hielo se retarda.

2) Conductividad térmica y calor específico: vaso con arena, vaso con agua y encendedor

Llenamos parcialmente un vaso con agua y el otro con arena. Aplicamos el mechero al vaso con agua y el vaso no se quema. En cambio al aplicarlo al vaso con arena, el vaso rápidamente se derrite y la arena se escapa.

Hay una combinación de dos fenómenos. Por una parte el agua es mejor conductor térmico que la arena ($k_{\text{agua}}=0.617 \text{ W/mK}$ frente a $k_{\text{arena}}=0.15-0.25 \text{ W/mK}$). El calor de la llama rápidamente será conducido a través del agua, mientras que para la arena la conducción será mucho más lenta. Por otra parte el calor específico del agua es mucho mayor que el de la arena ($ce_{\text{agua}}=4180 \text{ J/kgK}$ frente a $ce_{\text{arena}}\sim 830 \text{ J/kg K}$), lo cual hará que con el mismo calor aplicado, el aumento de temperatura de la arena sea mayor que el del agua.

La combinación de peor conductividad térmica y calor específico más bajo producirá que, en comparación, la arena cerca de la llama esté más caliente que el agua cerca de la llama. Cuando la llama se mantenga unos pocos segundos en el vaso con arena, se alcanzará el punto de fusión del plástico del vaso y la arena se escapará al producirse un agujero. En cambio el agua se irá calentando poco a poco y para alcanzar el punto de ebullición del plástico serán necesarios varios minutos.

Advertencias

Los cubitos de hielo pueden obtenerse en el bar de la Facultad.

Los aros de goma se pueden colocar alrededor de los cubitos para evitar que se derrame el agua por la mesa cuando se fundan. De todas maneras, poner una bayeta debajo de los bloques para evitar mojar la mesa o mancharla de arena. Se puede seguir explicando mientras se derriten los cubitos.

Los vasos de plástico se han marcado para que la masa de agua y la de arena coincidan.

La demostración se puede utilizar junto a la demostración 9 (termómetro de infrarrojos) para demostrar que, aunque al tacto el bloque de aluminio parece más frío, en realidad se encuentra a la misma temperatura que el bloque de espuma de alta densidad.

La demostración de la conductividad térmica puede hacerse también con dos latas de refresco, una de aluminio y otra de acero. La conductividad térmica del aluminio (o de una aleación de aluminio) es mucho mayor que la del acero. El experimento puede consultarse en Planinsic G. (2011), "Soda cans aid teaching of thermal conductivity", *Phys. Educ.* 46, 143-145