La carrera del calor: ¿qué metal ganará? · Carlos Alonso Arias, Agustín Ceba Herrero, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés

Esta experiencia ha sido galardonada con una MENCIÓN DE HONOR en la categoría Demostraciones de Física de los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Observar los efectos de la transferencia de calor por conducción.
- Diferenciar los conceptos de conductor y aislante térmico.
- Mostrar al alumnado que una réplica de un instrumento del siglo XIX (el aparato de Ingenhousz) permite comprobar las diferencias de conductividad térmica entre materiales.
- Concienciar sobre la importancia de conservar el patrimonio científico educativo.

Esta demostración se puede aplicar en 2.º, 3.º y 4.º ESO y en 1.º Bachillerato (bloque de Energía), así como en la materia optativa de Técnicas Experimentales de 3.º de ESO (currículo de las Illes Balears).

Fundamento

Jan Ingenhousz (1730-1799) fue un médico, botánico, fisiólogo y químico británico de origen neerlandés, considerado el descubridor de la fotosíntesis vegetal. Inventó lo que actualmente se conoce como aparato de Ingenhousz. Se trata de un dispositivo que permite comparar la conductividad térmica de diferentes materiales. Consta de una cubeta metálica con mango, unida a una serie de varillas de distintos materiales, todas ellas de la misma longitud y diámetro. La conductividad térmica mide la capacidad de un material para transmitir el calor a través de su interior. Para un material homogéneo e isótropo, la conductividad térmica es una magnitud escalar, caracterizada por el coeficiente de conductividad térmica (k). Este aparato se conserva en diferentes institutos históricos, ya que fueron creados a mediados del siglo XIX (Museo Cabrera Pinto, s. f.).

La demostración que se presenta es el resultado de un proyecto en curso de puesta en valor del patrimonio y recuperación de los usos didácticos de la colección de instrumentos científicos antiguos del IES Ramon Llull de Palma. El proyecto pretende construir réplicas y elaborar un conjunto de demostraciones experimentales, en la línea de otras iniciativas existentes (Ferrer et al., 2013). Cuanto mayor es el valor de (k) (expresado en unidades del SI, W/(m·K)), mejor conductor del calor es un material. En la siguiente tabla se muestran los valores de la conductividad térmica de algunos materiales (Young y Freedman, 2009).

Material	cobre	latón	aluminio	acero	madera	vidrio
k (W / m·K)	385,0	109,0	205	50,2	0,12-0,04	0,8

Tabla 1. Valores de la conductividad térmica de algunos materiales.

Materiales

- Aparato de Ingenhousz (réplica).
- Placa calefactora.
- Olla con agua.
- Cera de una vela, mantequilla o algún material de punto de fusión bajo.

Procedimiento experimental

1. Calentamos agua en una olla con la placa calefactora hasta alcanzar el punto de ebullición.
2. Mientras tanto, colocamos un material con un punto de fusión bajo en los extremos de cada varilla. Si se desea utilizar cera, se funde la cera de las velas en uno de los recipientes metálicos.
3. Con el aparato de Ingenhousz vacío, sumergimos las varillas en la cera fundida y las retiramos con cuidado. Esperamos a que la cera se solidifique sobre las varillas.
4. Vertemos el agua caliente en el aparato de Ingenhousz.
5. Esperamos a que el calor se transfiera a través de todo el aparato.



Figura 1. Aparato de Ingenhousz

Consejos para el docente

- Sumergir las varillas en cera y esperar a que esta se solidifique implica que el experimento solo puede realizarse una vez por sesión. Se puede sustituir la cera por mantequilla, que es más fácil de aplicar y permite repetir el experimento muchas veces.
- Colocar un paño absorbente debajo del aparato por si se producen derrames de agua, mantequilla o cera.
- Tener cuidado al manipular la placa calefactora y transportar el agua hirviendo. Mantener estos elementos alejados del alumnado.

Aplicación didáctica

Parte 1: El aparato

En primer lugar, se presenta el aparato y se explica que se ha encontrado en un armario del centro una réplica de un instrumento antiguo que no se puede utilizar, ya que data del siglo XIX y podría deteriorarse. Se pide al alumnado que describa la forma del instrumento, sus partes, los materiales que podrían haberse empleado en su construcción y, finalmente, para qué se utilizaba. El profesor o la profesora irá proporcionando pistas, como pedirles que se fijen en las inscripciones, hasta explicar quién era Jan Ingenhousz, las características del aparato que inventó y su finalidad didáctica.

Parte 2: Trabajo practico con el aparato

Se adopta una metodología didáctica POE (Predicción, Observación y Explicación), siguiendo el procedimiento experimental descrito anteriormente (Corominas, 2013).

Predicción

1. Orden de fusión de la cera

Teniendo en cuenta los valores de conductividad térmica de la tabla, ¿en qué orden prevés que se fundirá por completo la cera de las diferentes varillas? ¿Qué material será el más rápido y cuál el más lento?

2. Proporcionalidad de la fusión de la cera según la conductividad

Si una varilla tiene el doble de conductividad térmica que otra (por ejemplo, si comparamos el latón con el aluminio), ¿crees que la longitud de cera fundida será aproximadamente el doble en el mismo intervalo de tiempo? El alumnado debería.

3. Aislantes vs. conductores

¿Qué ocurrirá con las varillas de madera y vidrio? ¿Llegará a fundirse la cera en algún momento? ¿Por qué crees que se utilizan estos materiales en la construcción de viviendas?

Observación

La demostración experimental consiste en observar las varillas y comprobar en qué medida se funde el material depositado sobre ellas. Si se ha utilizado cera y se ha recubierto toda la varilla con ella, observamos qué longitud de cera se funde en cada una. Una variante consiste en colocar gotas de cera o mantequilla sobre cada varilla, a la misma distancia de la fuente de calor, y observar qué gota se funde primero y cae al suelo. De este modo, la demostración puede realizarse más rápidamente.

Explicación

Tras explicar el fundamento del aparato, se pueden plantear las siguientes cuestiones:

- Pregunta sobre las variables de control: ¿Por qué es importante que todas las varillas del aparato de Ingenhousz tengan exactamente el mismo diámetro (grosor) y la misma longitud expuesta a la fuente de calor? ¿Qué ocurriría si una varilla fuera mucho más gruesa que las demás?
- Pregunta de reflexión: ¿Cómo varía la temperatura a lo largo de la varilla a medida que nos alejamos de la fuente de calor central?

Conclusiones

La varilla de cobre es la mejor conductora del calor. Se ha podido comprobar que el orden en que se funde la cera coincide con los valores del coeficiente de conductividad térmica de la tabla 1. La metodología POE, basada en la formulación de preguntas, estimula la curiosidad del alumnado y favorece la construcción del conocimiento por parte de los propios estudiantes. Por otra parte, la elaboración de la réplica ha permitido evitar el deterioro de un aparato del siglo XIX que resulta muy atractivo para el alumnado debido a su forma inusual y que se había utilizado durante las jornadas de puertas abiertas del IES Ramon Llull. Finalmente, cabe destacar que el análisis de este instrumento también forma parte de la demostración, ya que no constituye una «caja negra», sino que permite al alumnado comprender cómo funciona.

Carlos Alonso Arias
IES Josep Maria Llompart (Palma)
Agustín Ceba Herrero*, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés
IES Ramon Llull (Palma)
*Contacto: agustincebaherrero@iesramonllull.net

Bibliografía

- Corominas, J. (2013). Actividades experimentales POE en la enseñanza de la química y de la física. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, (74)69-75.
- Ferrer-Roca, C. *et al* (2013). *La Colección de Demostraciones Experimentales de Física para el Aula de la UVEG: la recuperación de un recurso docente*. En P. García Pilan (Coord.), Anejos de @tic. Vol. 4. Iniciatives d'innovació educativa de la Universitat de València (pp. 64-73). Universitat de València.
- Aparato de Ingenhousz del Museo del IES Canarias Cabrera Pinto: https://museocabrerapinto.es/blascabrera/museo-virtual/instrumentos?id=12
- Young, H. D. i Freedman, R. A. (2009). *Sears-Zemansky Física universitaria* (12.ª Ed.) Volumen 1. Pearson Educación.