Del invisible al visible · Carlos Alonso Arias, Agustín Ceba Herrero, Carme Lliteras Señan y Llucia Sancho de la Jordana Llabrés

Esta experiencia fue presentada a los Premios a la Labor Docente en el Fomento de la Experimentación en Física y Química.

Esta demostración experimental tiene por objetivos:

- Demostrar la dilatación lineal de los metales.
- Comprobar que la dilatación varía según el tipo de metal.
- Mostrar al alumnado que una réplica de un instrumento del siglo XIX (pirómetro de cuadrante) permite comprobar la dilatación de los metales.
- 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, así como en la materia de Técnicas Experimentales de 3.º de ESO (currículo de las Illes Balears).

Fundamento

El pirómetro de cuadrante es un instrumento diseñado para medir la dilatación lineal de los metales cuando se someten a una fuente de calor. Fue inventado por Pieter van Musschenbroek hacia finales del siglo XVIII. Consta de una estructura metálica en la que se coloca una varilla metálica fijada por uno de sus extremos. En el otro extremo se encuentra una escala semicircular (cuadrante). En la parte inferior hay un tubo donde se puede colocar algún material combustible, como algodón impregnado en alcohol. El fenómeno de la dilatación lineal de los metales puede explicarse desde el punto de vista cinético-corpuscular de la siguiente manera: al calentar la varilla, las partículas vibran y se mueven más rápidamente. Este aumento de energía cinética hace que las partículas necesiten más espacio para moverse. El resultado colectivo es un empuje mecánico sobre una palanca situada en el extremo libre de la varilla y conectada a una aguja. El sistema funciona como un amplificador visual: una expansión física minúscula se traduce en un desplazamiento amplio de la aguja sobre el cuadrante.

La fórmula de la dilatación lineal de los metales es: $\Delta L=\alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$; donde:
$\Delta L \rightarrow$ incremento de longitud (cuánto se alarga el metal), que se relaciona con el ángulo observado según $\Delta L \approx D \cdot \Delta\theta$; donde $D \rightarrow$es la distancia entre el pirómetro y el objeto y $\Delta\theta$ la variación del ángulo, expresada en radianes
$\alpha \rightarrow$ coeficiente de dilatación lineal del material (depende del metal)
$L_0 \rightarrow$ longitud inicial
$\Delta T \rightarrow$ cambio de temperatura ($T_{final} - T_{inicial}$)

Este aparato se conserva en diferentes institutos considerados históricos, ya que fueron creados a mediados del siglo XIX (Ideal en Clase, 2020; IES San Isidoro, 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).

Materiales

- Pirómetro de cuadrante.
- Alcohol.
- Cerillas.
- Varillas de diferentes metales.

Procedimiento experimental

1. Verter una cantidad suficiente de alcohol en el recipiente inferior.
2. Encender el alcohol y esperar hasta conseguir una llama estable.
3. Esperar el tiempo suficiente para que la varilla metálica se caliente y comience a dilatarse.
4. La varilla ejercerá presión sobre una palanca que elevará la aguja hasta marcar un ángulo en el cuadrante.
5. Anotar el ángulo observado y calcular el coeficiente de dilatación del metal mediante la fórmula correspondiente.



Figura 1. Pirómetro de cuadrante.

Consejos para el docente

- Como combustible se puede utilizar alcohol de farmacia. Llenar el recipiente hasta la mitad.
- Antes de encender el alcohol, conviene calentar durante unos minutos el tubo que lo contiene, aplicándole una llama, hasta que esté bien caliente. De lo contrario, el alcohol no combustiona correctamente.
- Esperar hasta conseguir una llama homogénea. Es entonces cuando la varilla metálica comienza a calentarse adecuadamente.

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 pedir al alumnado que se fije en las inscripciones. También explicará que un cuadrante es la cuarta parte de una circunferencia, es decir, un arco de 90 grados.

Parte 2: Trabajo práctico con el aparato

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

Predicción

Efecto del calentamiento de las varillas metálicas: ¿Qué creéis que ocurrirá cuando calentemos una varilla metálica en el pirómetro de cuadrante? ¿Se dilatarán todas las varillas por igual o habrá diferencias según el material?

Observación

Realizad el experimento con diferentes varillas metálicas. ¿Qué ocurre con cada varilla cuando se calienta? ¿El movimiento de la aguja (o indicador) es el mismo en todos los casos? Describid las diferencias que observáis entre los materiales. Anotad en una tabla el material de cada varilla y la dilatación observada, medida a partir del ángulo descrito por la aguja.

Explicación

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

- Dibujad el pirómetro de cuadrante, identificad sus partes (varilla metálica, soporte, sistema de indicación —aguja y escala— y fuente de calor) y escribid junto a cada una la función que desempeña.
- Imaginad que podéis observar las partículas del metal. ¿Cómo están antes de calentarlo? ¿Cómo están después? Haced un dibujo que represente ambas situaciones, antes y después del calentamiento.
- Recordad que las partículas vibran más intensamente y se separan ligeramente. Utilizad el modelo cinético-corpuscular para explicar el fenómeno.
- ¿Por qué creéis que en estructuras como los puentes o las vías del tren se dejan espacios entre las piezas? ¿Es el aluminio un buen material para construir un motor? ¿Y para fabricar una caldera de gas?

Conclusiones

Con esta demostración se consigue apreciar la dilatación, ya que, aunque sea muy pequeña, su efecto se amplifica y resulta claramente visible. La demostración también permite analizar las propiedades del aluminio, puesto que en el vídeo se observa que la varilla de este material se rompe. Esto se debe a que la temperatura de fusión de este elemento es de 660 °C, mientras que el latón —que es una aleación— y el hierro presentan

ISSN: 2990-0271 Real Sociedad Española de Física y Real Sociedad Española de Química

temperaturas de fusión más elevadas: entre 900 y 940 °C en el caso del latón y 1538 °C en el del hierro puro. 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 construcción de la réplica ha permitido evitar el deterioro de un aparato del siglo XIX que resulta muy atractivo por su forma inusual y que se había utilizado durante las jornadas de puertas abiertas de nuestro centro.

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.
- Elemento de la semana del Museo de Ciencias del IES Padre Suárez: https://en-clase.ideal.es/elemento-de-la-semana-del-museo-de-ciencias-del-ies-padre-suarez-6-pirometro-de-cuadrante/
- Gabinete de Física y Química del IES San Isidoro de Sevilla (incluye pirómetros de cuadrante): https://www.institutosanisidoro.com/gabinete-fisica-quimica/