

EXPERIENCIAS DE DILATACION LINEAL

Por GUILLERMO MUR ESTEBAN
y ENRIQUE SANZ JARAUTA
(Catedráticos de Física y Química de los Institutos de Pamplona).

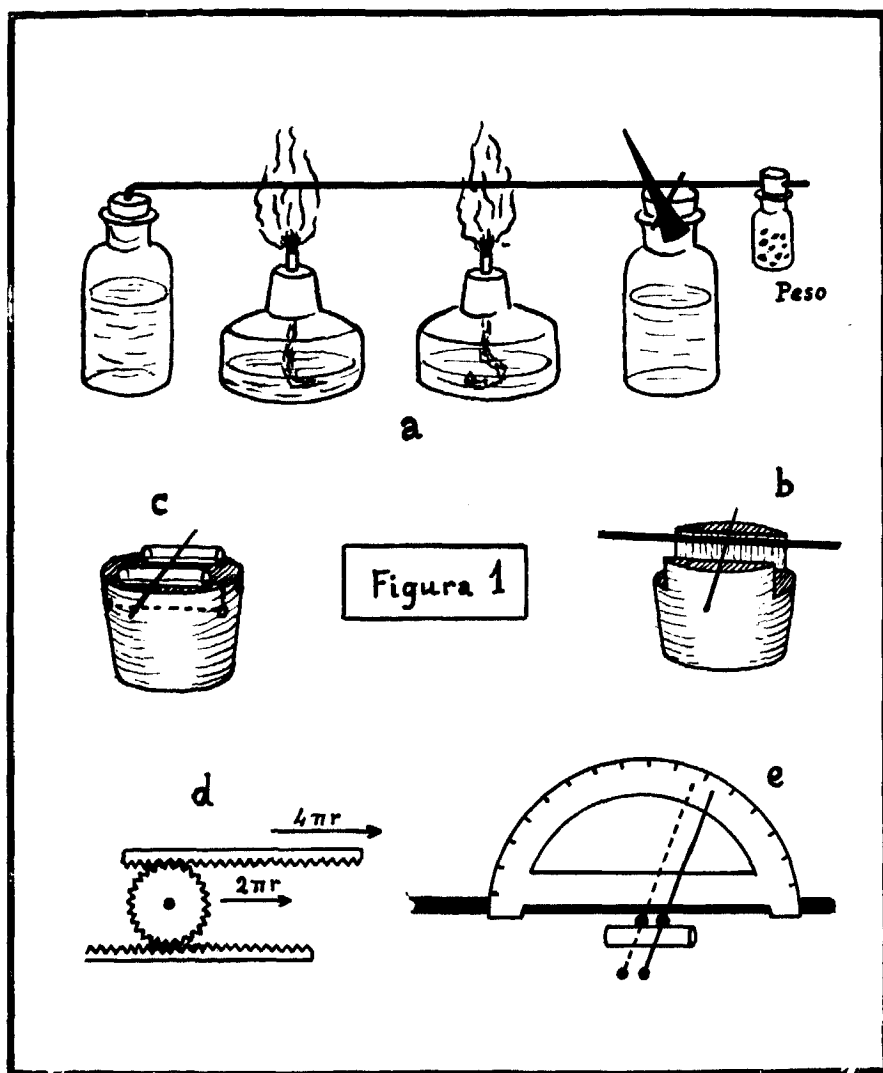
EL procedimiento más apropiado para demostrar, en cuarto curso, la dilatación de un alambre es seguramente el de la aguja-rodillo. La experiencia se monta fácilmente (fig. 1) con dos frascos como soporte, un trozo de cable eléctrico grueso, de cobre o mejor de aluminio, y una aguja de coser con flecha indicadora de cartulina. La flecha se fija por su centro de gravedad en la aguja, mediante una gota de pegamento. Para que la varilla se apoye bien en la aguja, conviene poner un peso en el extremo y para que no se apoye en el corcho, se talla éste con la lima según muestra el detalle *b*, o se adaptan con alambre dos tubitos de vidrio, que constituyen dos carriles muy lisos (*c*).

Con este sencillo dispositivo se pueden inducir las leyes cualitativas, si se opera con distintas varillas, o se varía la distancia entre soportes, o se calienta con dos o tres lamparillas. También se pueden proponer cuestiones que exciten la iniciativa de los alumnos y les hagan razonar. He aquí algunas:

¿Conviene que la aguja sea fina o gruesa? ¿Se podría hacer visible la dilatación mediante un proyector? Idear un procedimiento para demostrar que la varilla se dilata, utilizando una pila y un timbre eléctrico, o una bombilla. Si la aguja diese una vuelta completa, ¿cuánto se habría dilatado la parte de varilla comprendida entre los soportes? Los alumnos suelen responder, a esta última cuestión, diciendo que se dilataría $2\pi r$ (siendo r el radio de la aguja), pero comprenden que es el doble, si hacen rodar un lapicero sobre la mesa, empujado por otro que se apoya en aquél, o si dibujan una rueda dentada que rueda entre dos cremalleras, una de ellas fija (*d*).

* * *

No es difícil perfeccionar esta misma técnica de la aguja rodante, y emplearla en el Curso Preuniversitario para medir con bastante exactitud los coeficientes de dilatación; basta adaptar un semicírculo graduado,



para medir el ángulo de giro por medio de la flecha. El error de excentricidad, debido a la traslación de la aguja, se puede evitar si se pone en una posición inicial conveniente para que después quede horizontal con un palmer. Para calentar a una temperatura bien determinada, se coloca

la varilla dentro de un tubo de vidrio por el que circula vapor, según se indica en la técnica, fundada en la palanca óptica, que se describe a continuación, y que resulta más exacta.

MEDIDA DEL COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL

La figura 2 representa otro montaje sencillo que permite medir coeficientes de dilatación con exactitud más que suficientes para la enseñanza.

El vapor que produce el matraz pasa por el tubo de vidrio *B*, que contiene la varilla de metal cuya dilatación se estudia. Al dilatarse esta varilla empuja al tubo de vidrio *C* y éste hace girar al espejo *E*, con lo cual la señal luminosa *S*, imagen de la rendija *R*, desciende sobre la escala; midiendo este descenso, se puede calcular, como después se indica, el incremento de longitud de la varilla.

Conociendo además la temperatura inicial, que es la del ambiente, y la temperatura del vapor, según la presión atmosférica, se calcula el coeficiente medio:

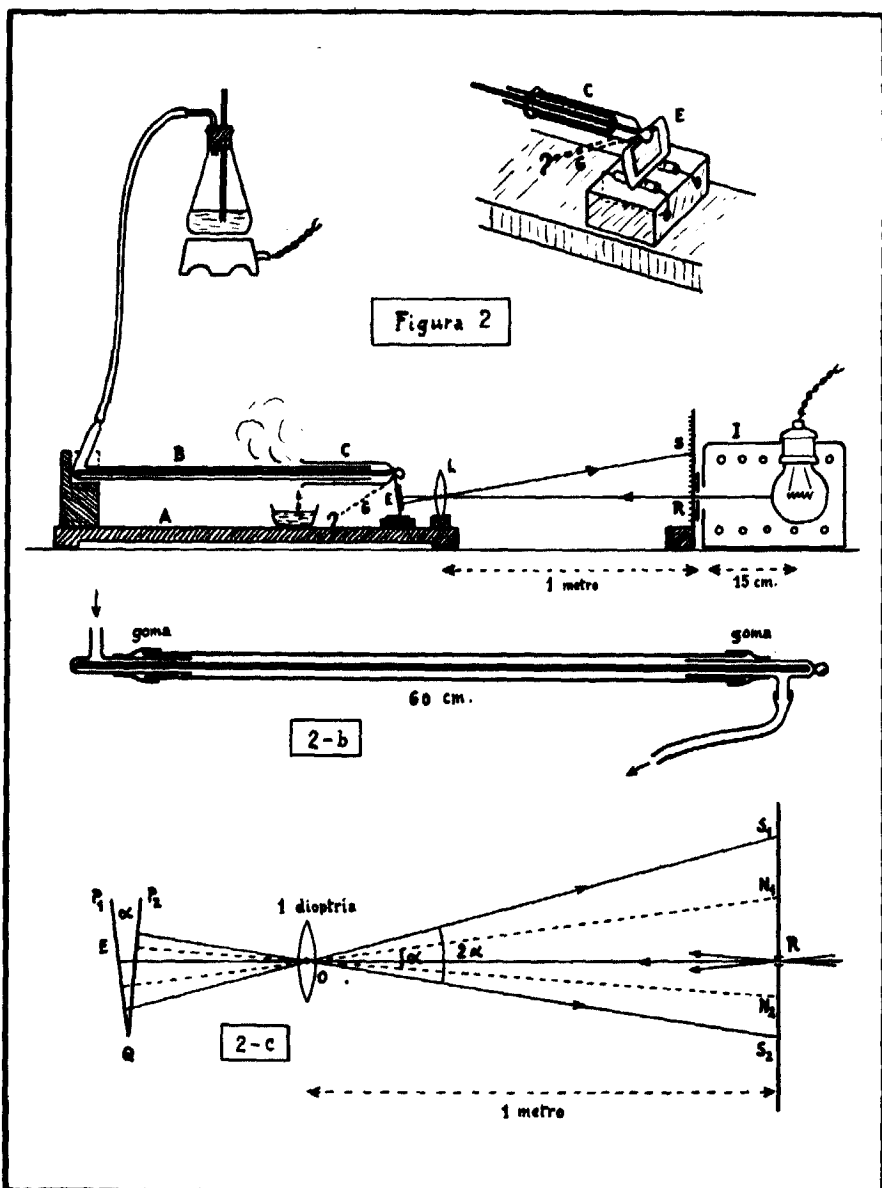
$$[1] \quad K = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta t} \quad \left\{ \begin{array}{l} l = \text{Longitud de la varilla.} \\ \Delta l = \text{Incremento de longitud.} \\ \Delta t = \text{Incremento de temperatura.} \end{array} \right.$$

Descripción del dilatómetro

A) Base de madera con soportes atornillados, también de madera, para sostener el tubo *B*, el espejo y la lente.

B) Tubo de vidrio de unos 8 mm. de diámetro de unos 58 cm. de longitud acodado en su extremo; el ángulo debe de ser pronunciado (casi "estrangulado") para que la varilla se apoye bien en la pared del codo. Se puede emplear también una "T" de vidrio cerrada por una rama y empalmada con tubo de caucho. (fig. 2-b).

C) Otro tubo de vidrio más grueso que cubre al anterior, dejando suficiente holgura para el paso del vapor y del agua condensada. Se prepara este tubo haciéndole con la llama un estrechamiento muy angosto y dejando una pequeña ampolla. La varilla ha de tropezar con el estrechamiento sin pasar por él. Se puede sustituir este tubo por otra "T", según indica el detalle 2-b.



E) Cuchilla de afeitar que lleva pegado el espejo plano de unos 15×30 mm. El estrechamiento del tubo C descansa sobre el borde superior de la cuchilla y el borde inferior de la misma se encaja en las ranuras que se han hecho con la lima en dos tubitos de vidrio, sujetos con alambres a la base, de modo que puedan deslizarse para regular la inclinación del espejo (fig. 2-c).

Conviene atar el tubo C a la base del aparato por medio de una goma o muelle, cuya tensión producirá un componente horizontal que apretará el tubo contra la varilla y otra vertical que sujetará firmemente al espejo.

L) Lente convergente de una dioptría fijada a la base.

I) Iluminador constituido por una caja de cartón con lámpara de 60 vatios y perforaciones para la ventilación. La fina rendija R en forma de flecha horizontal va en una cartulina deslizante sobre guías de cartón, pegadas a la caja, de modo que, al subir o bajar permita dirigir los rayos hacia el espejo. La regla se coloca en posición vertical junto a la rendija y sin taparla.

La distancia de la lente a la rendija ha de ser de un metro justo (distancia focal) para que los rayos que pasen por la lente lleguen al espejo paralelos entre sí. Después de reflejarse vuelven paralelos en otra dirección, atraviesan de nuevo la lente y forman sobre la regla una imagen S del mismo tamaño que la rendija.

En la fig. 2-c sólo se representan las dos imágenes S_1 (inicial) y S_2 (final) y las dos normales al espejo (ON_1 y ON_2) trazadas por el centro de la lente.

El ángulo α que ha girado el espejo es el mismo que forman las normales y vale la mitad del ángulo de los rayos centrales OS_1 y OS_2 . Por tanto, la distancia N_1 y N_2 es casi exactamente igual a la mitad del desplazamiento S_1 y S_2 de la señal luminosa, medido con regla. Como los triángulos QP_1P_2 y ON_1N_2 son casi semejantes:

$$\frac{P_1P_2}{P_1Q} = \frac{N_1N_2}{ON_1}$$

Se mide con un calibrador la altura P_1Q de la cuchilla, se toma $ON_1 = 100$ cm. y se calcula P_1P_2 que es el aumento Δl de la longitud de la varilla.

EJEMPLO:

Varilla de cobre (cable eléctrico de 5 mm.)

Longitud $l = 60$ cm.

Desplazamiento de la señal luminosa $= 7,4$ cm.

Altura de la cuchilla $= 2,2$ cm.

Temperatura del ambiente $= 19^\circ$

Presión atmosférica $h = 727$ mm.

La temperatura de ebullición del agua se busca en las tablas, o se calcula por la fórmula Guillaume:

$$t = 100 + \frac{h - 760}{27,25}$$

y resulta: Temperatura del vapor $= 98,8^\circ$.

Incremento de temperatura $= 79,8$.

$$\Delta l = \frac{2,2 \cdot 3,7}{100} = 0,0814$$

$$K = \frac{0,0814}{60 \cdot 19,8} = 1,7 \cdot 10^{-5}$$

Las tablas dan este mismo valor exacto, u otros ligeramente diferentes según el intervalo de temperatura.

CUESTIONES Y EJERCICIOS

1.º) Sacando la varilla de cobre y poniendo en su lugar un termómetro, se puede demostrar que no hace falta forrar los tubos de vidrio con un aislante térmico.

2.º) ¿Cuándo serían exactamente semejantes los triángulos $P_1 Q P_2$ y $N_1 O N_2$?

3.º) Completar la figura 2-c dibujando el trayecto completo de algunos rayos.

4.º) ¿En qué se diferencia la fórmula (1) de la que generalmente se usa? ¿Por qué decimos coeficiente medio?

5.º) Suponiendo que la regla está bien graduada y que podemos medir $S_1 S_2$ con un error menor que 1 mm; que el calibrador es del tipo más corriente, y que la distancia rendija-lente es de 100 cm justos, calcular el error relativo de Δl .

6.º) Suponiendo también que la varilla se mide con error inferior a 0,5 mm., que en la temperatura del ambiente puede haber error de $0,2^\circ$ y que la del vapor es exacta, calcular el error relativo del coeficiente K (resultará un 2 %).

7.º) En el ejemplo se ha hecho el cálculo con la longitud l a la temperatura del ambiente en lugar de l_0 (a cero grados). ¿Ocasiona esto un error notable?