

## Dilatación térmica de cuerpos sólidos

### DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA DEL LATÓN, DEL ACE-RO Y DEL VIDRIO

- Medición del coeficiente de dilatación lineal de un tubo de latón, uno de acero y de uno de vidrio.
- Determinación de los coeficientes de dilatación lineal de estos materiales y comparación con los valores bibliográficos.

UE2010130

03/16 UD



Fig. 1: Disposición de medición.

### FUNDAMENTOS GENERALES

En un cuerpo sólido cada átomo oscila alrededor de su posición de equilibrio. La oscilación no es armónica porque la energía potencial aumenta con más fuerza cuando los átomos se acercan a partir de la posición de equilibrio que cuando se alejan el uno del otro. Con temperaturas altas y por lo tanto con energía de oscilación más alta, los átomos oscilan de tal forma que la distancia

media entre dos átomos vecinos es mayor que la distancia de equilibrio. Este efecto se incrementa con más fuerza al aumentar la temperatura. En este sentido es frecuente observar la variación de longitud relativa y a partir de ello calcular la variación del volumen.

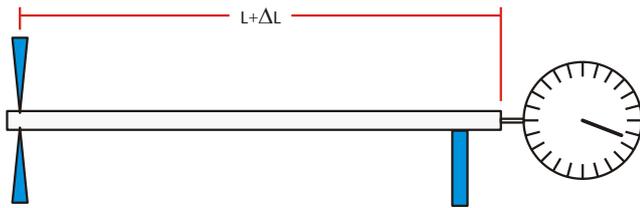


Fig. 2: Representación esquemática del montaje de medición

El coeficiente de dilatación lineal se define como

$$(1) \quad \alpha = \frac{1}{L(\vartheta)} \cdot \frac{dL}{d\vartheta}$$

L: Longitud

ϑ: Temperatura en °C

Éste es fuertemente dependiente del material y por lo regular sólo un poco dependiente de la temperatura. Por lo tanto se obtiene que

$$(2) \quad L(\vartheta) = L_0 \cdot \exp(\alpha \cdot \vartheta)$$

$$L_0 = L(0^\circ\text{C})$$

resp. para temperaturas no muy altas

$$(3) \quad L(\vartheta) = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \vartheta)$$

En el experimento se realizan mediciones con tubos delgados de, acero, latón y vidrio dejando fluir agua caliente a través de ellos para su calentamiento. Un termostato de circulación mantiene la temperatura del agua constante y ajustable. Como los tubos en el aparato de dilatación lineal están fijos en un extremo, se puede leer en el otro extremo la variación de la longitud con un reloj comparador, tomando como temperatura de referencia la temperatura del medio ambiente (Fig. 2).

## MONTAJE

**Modificación del aparato dilatación de longitud para indicación con reloj comparador**

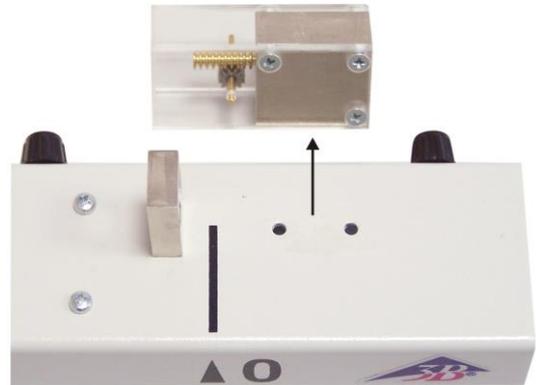


Fig. 3: Se desatornilla el engranaje para la aguja en el aparato de dilatación de longitud.



Fig. 4: Se atornilla el adaptador para el reloj comparador.



Fig. 5: Se inserta el reloj comparador completamente en el adaptador y se fija con el tornillo de mariposa.

## LISTA DE APARATOS

- 1 Aparato para la dilatación lineal D 1002977 (U15400)
- 1 Termostato de baño y de circulación @230V 1008654 (U144002-230)
- o
- 1 Termostato de baño y de circulación @115V 1008653 (U144002-115)
- 1 Escala circular con adaptador 1012862 (U8442250)
- 2 Manguera de silicona, 6 mm 1002622 (U10146)

## Montaje de los tubos de prueba



Fig. 6: El asiento fijo se sujeta con el tornillo moleteado en la marca 600 del aparato de dilatación de longitud. El tubo de prueba de acero se coloca con su extremo abierto sobre el asiento fijo.



Fig. 7: El tubo de prueba se coloca con el extremo cerrado en el asiento guía. Se debe tener cuidado de que la brida muestre hacia atrás.



Fig. 8: El tubo de prueba se desplaza hacia la derecha hasta cuando la hendidura en el extremo abierto venga a quedar en el asiento fijo (Observación: En esta forma la punta de medición del reloj comparador queda previamente tensa). Se fija ahora el tubo de prueba con el tornillo de fijación en el asiento fijo.

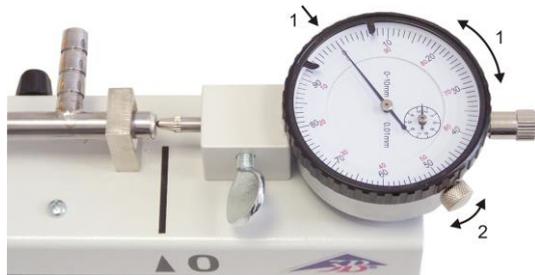


Fig. 9: Se gira el anillo graduado del reloj comparador hasta que el "0" en la escala coincida con la posición de la aguja. El anillo graduado se fija con el tornillo de fijación.

**Montaje y conexión del termostato de baño y circulación**

**Advertencia de seguridad:**

El termostato no se conecta a la red antes de que el botón de control esté montado correctamente en la tapa del baño.

- Se siguen las instrucciones de montaje de la tapa del baño y el puente del baño se monta en el termostato. Para ello se hace pasar el termostato a través de la apertura circular del puente del baño. Del lado de la carcasa de la bomba se monta el juego de la bomba de circulación junto con la salida de la bomba incluyendo la manguera L, al lado contrario, una placa ciega.
- Se cuelga el termostato en el recipiente del baño, con el puente del baño montado y el botón de control se fija con la pinza girando el tornillo moleteado en el borde del baño.



Fig. 10: Avance (1) y retorno (2) del juego de circulación de la bomba.

- La manguera de silicona se divide en dos mitades. Como se muestra en la Fig. 1, una mitad de la manguera del avance de la bomba de circulación (Fig. 10) se conecta con el extremo abierto del tubo de prueba con la otra mitad de la manguera se conecta la brida del tubo de prueba con el retorno del juego de la bomba de circulación (Fig. 10).

**REALIZACIÓN**

**Advertencia de seguridad:**

Antes del manejo del termostato de baño y circulación es necesario leer detenidamente todas las indicaciones y advertencias de seguridad en las instrucciones de uso del termostato.

- El baño se llena con agua descalcificada, de forma que el cuerpo calefactor esté completamente cubierto. La tapa del baño se coloca sobre el puente del baño.
- El termostato se conecta a un tomacorriente con contacto de protección. Es necesario tener cuidado de que las indicaciones en la placa de características concuerden con la tensión de la red.
- Se enciende el termostato con el interruptor en el lado frontal.

Se indica la temperatura actual del baño, que corresponde a la temperatura ambiente.

- La temperatura actual del baño se anota en la Tab. 1 como temperatura de referencia.
- Las temperaturas que deberá tener se ajustan en pasos de unos 4º grados, cada vez se espera a que la temperatura que deberá tener y la temperatura actual se haya logrado y los valores concuerden y anota en la Tab. 1. Cada vez se forma la diferencia con respecto a la temperatura de referencia y a su vez se anota en la Tab. 1.
- Para cada temperatura resp. para cada diferencia de temperaturas se lee en la escala del reloj comparando la variación de la longitud con respecto a la posición 0 y se anota en la Tab. 1.
- Se coloca ahora el tubo de latón resp. el tubo de vidrio y se repite la medición. Si es necesario se adapta el ancho de los pasos de temperatura. Los valores de medida se anotan en Tab. 2 resp Tab. 3.

## EJEMPLO DE MEDICION

Tab. 1: Dilatación térmica del acero,  $\vartheta$ : temperatura ajustada,  $\Delta\vartheta$ : Diferencia de temperatura,  $\Delta L$ : Variación de la longitud.

$\vartheta / ^\circ\text{C}$	$\Delta\vartheta / ^\circ\text{C}$	$\Delta L / \text{mm}$
21,70	0,00	0,00
25,00	3,30	0,02
29,00	7,30	0,05
33,20	11,50	0,07
37,30	15,60	0,11
41,30	19,60	0,13
44,90	23,20	0,16
48,40	26,70	0,19
52,30	30,60	0,22
56,10	34,40	0,24
60,10	38,40	0,27
64,10	42,40	0,29
68,00	46,30	0,32
72,00	50,30	0,35
76,10	54,40	0,38
80,10	58,40	0,41
84,30	62,60	0,44
87,40	65,70	0,46
91,80	70,10	0,49
95,80	74,10	0,52
98,80	77,10	0,54

Tab. 2: Dilatación térmica del latón,  $\vartheta$ : temperatura ajustada,  $\Delta\vartheta$ : Diferencia de temperatura,  $\Delta L$ : Variación de la longitud.

$\vartheta / ^\circ\text{C}$	$\Delta\vartheta / ^\circ\text{C}$	$\Delta L / \text{mm}$
25,3	0,0	0,00
32,9	7,6	0,07
36,2	10,9	0,11
40,9	15,6	0,17
45,1	19,8	0,22
48,8	23,5	0,26
52,6	27,3	0,31
56,6	31,3	0,35
60,6	35,3	0,40
64,4	39,1	0,45
68,3	43,0	0,49
72,7	47,4	0,53
76,1	50,8	0,58
80,3	55,0	0,63
84,1	58,8	0,67
88,4	63,1	0,71
91,9	66,6	0,76
96,2	70,9	0,81
99,5	74,2	0,84

Tab. 3: Dilatación térmica del vidrio,  $\vartheta$ : temperatura ajustada,  $\Delta\vartheta$ : Diferencia de temperatura,  $\Delta L$ : Variación de la longitud.

$\vartheta / ^\circ\text{C}$	$\Delta\vartheta / ^\circ\text{C}$	$\Delta L / \text{mm}$
23,8	0,0	0,00
26,8	3,0	0,01
33,2	9,4	0,02
39,2	15,4	0,03
44,9	21,1	0,04
50,8	27,0	0,05
56,4	32,6	0,06
62,7	38,9	0,07
68,1	44,3	0,08
74,8	51,0	0,09
80,4	56,6	0,10
86,3	62,5	0,11
92,2	68,4	0,12
97,9	74,1	0,13

## EVALUACIÓN

En el rango de temperaturas estudiado es  $\alpha \cdot \Delta\vartheta \ll 1$ . Por lo tanto la ecuación (3) se puede modificar

$$(4) \quad \Delta L = L(\vartheta_1) \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta \text{ mit } \Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1, L(\vartheta_1) = 600 \text{ mm}$$

El coeficiente de dilatación lineal buscado se puede determinar de las líneas rectas en la Fig. 11 que pasan por el origen.

$$(5) \quad \alpha = \frac{a}{L(\vartheta_1)}$$

- Las variaciones de longitud medidas para el latón, el acero y el vidrio (Tabs. 1, 2 y 3) se grafican en contra de la diferencia de temperatura y en cada una se adapta un recta.
- Se determinan los coeficientes de dilatación lineales según la ecuación (5), a partir de las pendientes de las rectas y se anotan en la Tab. 4. Observación: Como lo que se observa son *variaciones* de temperatura, la indicación de la temperatura en °C equivale a la indicación de la temperatura en K.

Tab. 4: Coeficientes de dilatación lineal, para latón, acero y vidrio determinados a partir de la medición, así como los valores bibliográficos.

Material	$a / \text{mm} \cdot \text{K}^{-1}$	$\alpha / 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ Medición	$\alpha / 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ Literatura
Latón	0,0114	19,0	18,5
Acero	0,0070	11,7	11,5
Vidrio	0,0018	3,0	3,3

Los coeficientes de dilatación lineal determinados con la medición concuerdan bien con los valores bibliográficos.

La deducción de la ecuación (3) ya no sería válida, porque cuando se observan temperaturas más altas, por el hecho de que  $\alpha$  ya no es constante sino que depende de la temperatura, en efecto, hablando exactamente y este es el caso en las temperatura que estamos observando. Como las mediciones de la dilatación lineal se hacen con una exactitud de 0,01 mm, un análisis preciso muestra que las mediciones no son exactamente lineales, en especial para el latón; el coeficiente de dilatación lineal aumenta un poco con la temperatura.

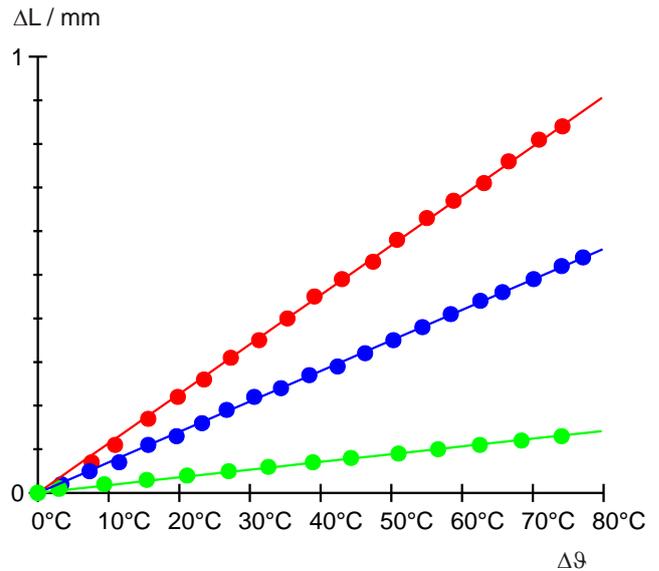


Fig. 11: Variación de la longitud del latón (rojo), del acero (azul) y del vidrio (verde) en dependencia con la diferencia de temperatura.

## OBSERVACIÓN

En caso de que sea suficiente estudiar la diferencia de longitud entre la temperatura ambiente y la del vapor de agua, se puede trabajar con un generador de vapor en lugar de un termostato de baño / de circulación. La lista correspondiente de accesorios se la ofrecemos bajo el número UE2010135 (ver Fig. 12).



Fig. 12: Montaje con generador de vapor

