

# Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności liniowej ciał stałych - doświadczenie 103 (sala 217)

Sebastian Maciejewski (132275) i Jan Techner 132332

10 listopada 2017

## 1 Wstęp teoretyczny

Zmiana temperatury ciała z reguły powoduje zmianę jego wymiarów liniowych. Elementarny przyrost temperatury  $dT$  ciała o długości  $l$  powoduje przyrost długości  $dl$ , który jest określony wzorem:

$$dl = \alpha l dT. \quad (1)$$

Współczynnik  $\alpha$  nazywany jest współczynnikiem rozszerzalności liniowej. Jego wartość liczbową jest równa względnemu przyrostowi długości  $dl/l$  spowodowanemu zmianą temperatury o  $1^\circ\text{C}$  i zależy od rodzaju ciała, a także od temperatury. Zależność współczynnika  $\alpha$  od temperatury powoduje, że długość ciała jest na ogół nieliniową funkcją temperatury. Jednakże w zakresie niewielkich zmian temperatury można przyjąć, że współczynnik  $\alpha$  jest stały, a długość jest wprost proporcjonalna do temperatury. W takim przypadku wzór (1) można zastąpić wzorem:

$$l - l_0 = \alpha_{sr} l_0 \Delta T, \quad (2)$$

który znacznie ułatwia obliczenie długości w dowolnej temperaturze.

Przyczyny zjawiska rozszerzalności cieplnej są związane ze strukturą mikroskopową ciał. Ciała stałe są zbudowane z atomów (jonów) rozłożonych regularnie w przestrzeni i tworzących sieć krystaliczną. Atomy są ze sobą powiązane siłami pochodzenia elektrycznego, co uniemożliwia im trwałą zmianę położenia. Dostarczona do kryształu energia cieplna wywołuje drgania atomów wokół położenia równowagi, a amplituda tych drgań rośnie wraz ze wzrostem temperatury. Częstotliwość drgań atomów sięga rzędu  $10^{13}$  Hz. W tej sytuacji ciężko jest określić odległość między atomami, a pojęcie to ma sens tylko jako odległość pomiędzy środkami drgań sąsiednich atomów.

Gdyby energia kinetyczna atomów była równa zero, znajdowałyby się one w odległości  $r_0$  od siebie, a przy tej odległości energia potencjalna ma swoje minimum. W rzeczywistości jednak atomy wykonują drgania wokół położenia równowagi, tzn. mają pewną energię kinetyczną, zależną od temperatury. Wskutek asymetrii krzywej potencjalnej średnia odległość między cząsteczkami nie będzie się pokrywać z wartością  $r_0$ , ale będzie rosła wraz ze wzrostem temperatury.

Z powyższego opisu wynika, że podczas wzrostu temperatury rośnie nie tylko amplituda drgań atomów, ale także średnia odległość między nimi, co rzutuje na makroskopowe wydłużenie ciała zwane rozszerzalnością cieplną.

## Opis doświadczenia

Badane ciała, w naszym przypadku 3 pręty (stalowy, mosiężny i miedziany), umieszczamy w płaszczu wodnym połączonym z termostatem. Jeden koniec każdego z prętów umieszczony jest w uchwycie, natomiast drugi przesuwany jest w miarę podgrzewania. Wydłużenie każdego pręta mierzymy czujnikiem mikrometrycznym, a jego temperaturę termometrem elektrycznym.

## 2 Wyniki pomiarów

Początkowa długość i temperatura prętów została zamierzona na początku i wynosiła:

23,4 °C i 72,3 cm dla stali,

23,8 °C i 71,2 cm dla mosiądzu,

23,8 °C i 72,35 cm dla miedzi.

Poniższa tabela ukazuje zmiany długości prętów pod wpływem temperatury.  
Dokładność pomiarów temperatury to  $\Delta t = \pm 0,1^\circ C$ , zaś pomiarów długości to  $\Delta l = \pm 0,01 mm$  dla pomiaru wydłużenia oraz  $\Delta l = \pm 0,05 cm$  dla pomiaru długości początkowej.

Stal		Mosiądz		Miedź	
t (°C)	$\Delta l$ (mm)	t (°C)	$\Delta l$ (mm)	t (°C)	$\Delta l$ (mm)
27,5	0,04	27,7	0,07	27,4	0,06
33,2	0,11	33,3	0,19	32,6	0,15
38,6	0,16	38,3	0,26	38,2	0,23
43,1	0,21	43,0	0,34	43,0	0,30
48,0	0,25	48,3	0,44	48,3	0,38
53,2	0,32	53,0	0,53	53,0	0,47
58,2	0,37	58,1	0,63	58,0	0,54
53,3	0,28	53,1	0,50	53,2	0,42
48,3	0,23	48,4	0,42	48,4	0,34
43,3	0,23	43,2	0,33	43,1	0,26
38,5	0,13	38,4	0,26	38,4	0,19
33,2	0,08	33,3	0,17	32,2	0,12
28,1	0,02	28,1	0,08	28,2	0,04

### 3 Opracowanie wyników

Korzystając z regresji liniowej (zależność długości pręta od temperatury jest liniowa) możemy policzyć współczynnik  $a$  występujący we wzorze:

$$a = \alpha_{sr} l_0, \quad (3)$$

przy pomocy wzoru  $a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$  zastosowanego do funkcji  $dl = f(T)$ , której wartości znajdują się w tabeli z wynikami pomiarów. Możemy zatem policzyć współczynnik  $\alpha$  i błąd  $\Delta \alpha = \alpha \left( \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta dl}{dl} + \frac{\Delta T}{T} \right)$  dla każdego z badanych metali.

Dla stali otrzymany przez nas wynik to  $\alpha_{sr} = (14,64 \pm 0,79) * 10^{-6} K^{-1}$ ,

dla mosiądzu  $\alpha_{sr} = (25,58 \pm 0,88) * 10^{-6} K^{-1}$ ,

zaś dla miedzi  $\alpha_{sr} = (22,01 \pm 0,85) * 10^{-6} K^{-1}$ .