

MC 10.1. Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności liniowej i objętościowej ciał stałych

INSTRUKCJA WYKONANIA ZADANIA

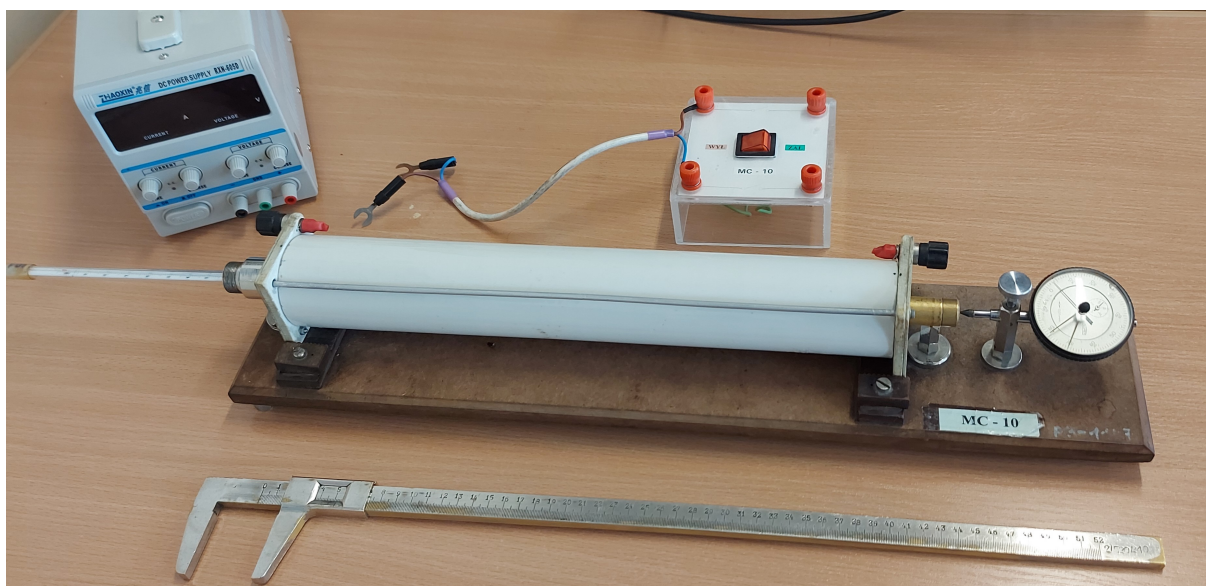
Obowiązujące zagadnienia teoretyczne:

1. Zjawisko rozszerzalności liniowej i objętościowej ciał stałych
2. Wyjaśnienie mechanizmu rozszerzalności cieplnej
 - a) charakter siły oddziaływania międzycząsteczkowego
 - b) wykres zależności sił wzajemnego oddziaływania od odległości między cząsteczkami
 - c) wykres energii potencjalnej wzajemnego oddziaływania dwóch cząsteczek
3. Definicja współczynnika rozszerzalności liniowej, sens fizyczny i jednostka miary
4. Definicja współczynnika rozszerzalności objętościowej, sens fizyczny i jednostka miary
5. Pojęcie ciepła i jednostka miary. Prawo Joule'a-Lenza
6. Pojęcie temperatury; skale i jednostki miary

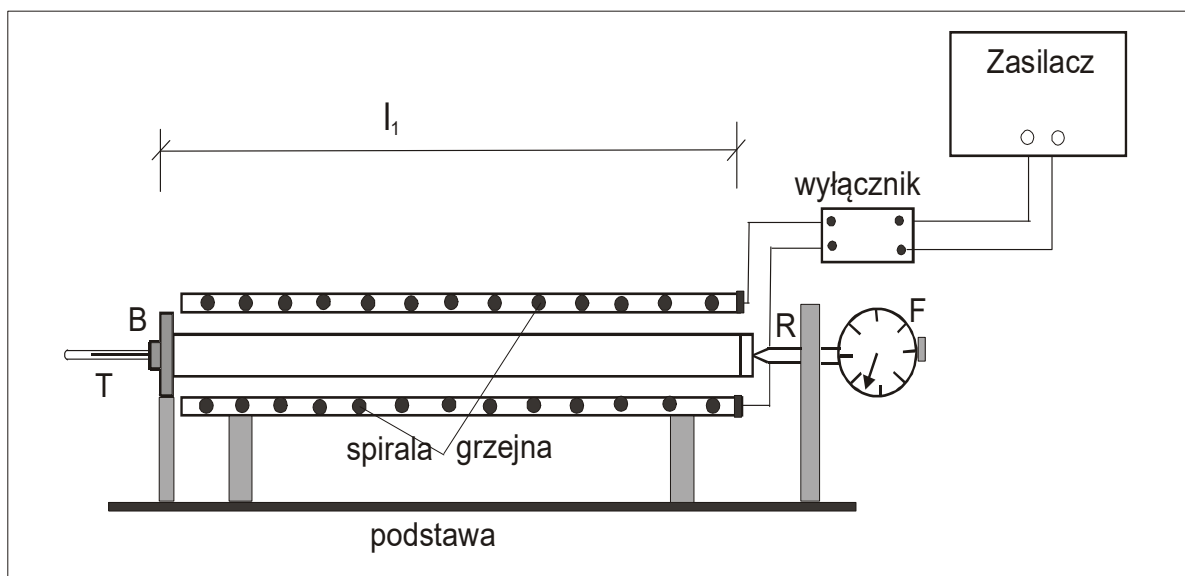
Literatura:

1. Skrypt PL: *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Mechanika, termodynamika i fizyka cząsteczkowa*, M. Bobyk, H. Goebel, W. Gustaw, red. E. Śpiewła, Wydawnictwa Uczelniane PL, Lublin, 1995.
2. B. Kuśmiderska, J. Meldizon, *Podstawy rachunku błędów w pracowni fizycznej*, red. E. Śpiewła, Wydawnictwa Uczelniane PL, Lublin, 1992.
3. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005, tom II.

Wykonanie zadania:



Rys. 1. Fotografia stanowiska pomiarowego do wyznaczania współczynnika rozszerzalności liniowej ciał stałych.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny urządzenia do wyznaczenia współczynnika rozszerzalności liniowej: F – czujnik mikrometryczny, R – trzpień czujnika, T – termometr, B – uchwyt mocujący rurkę i termometr.

1. Sprawdzić, czy na stanowisku znajdują się wszystkie elementy, w szczególności: rurka z badanego materiału, termometr (do 100 C^0) oraz czujnik mikrometryczny.
2. Zmierzyć długość początkową rurki l_1 za pomocą suwmiarki (z dokładnością do $0,1\text{ mm}$).
3. Umieścić delikatnie rurkę wewnątrz pieca elektrycznego, tak by otwarty koniec rurki tkwił nieruchomo w gnieździe B (Rys. 2).
4. Zamocować termometr T z uszczelką od strony otwartej rurki tak, by była możliwość odczytu temperatury ze skali. Odczekać 5 min i odczytać temperaturę T_1 .
5. Z drugiej strony rurki zamontować czujnik mikrometryczny F tak, by jego ruchome ramię R lekko dotykało zamkniętej części rurki.
6. Wyzerować skalę czujnika pokręcając jego zewnętrzną obudowę (czarna wskazówka powinna wskazywać zero).
7. Połączyć obwód elektryczny według schematu na Rys. 2.

Ćwiczenie można wykonać na dwa sposoby. Metodę wykonania ćwiczenia wskazuje prowadzący zajęcia.

Metoda 1

8. Po sprawdzeniu obwodu przez prowadzącego, załączyć sieć oraz ustawić napięcie na zasilaczu na około 40 V . Pokrętła regulacji prądu (ogranicznik prądowy) ustawić na maksimum - obrócić je do lekkiego oporu w prawą stronę.
9. Po ogrzaniu próbki do temperatury 323 K (50^0C), zanotować tę temperaturę jako T_2 oraz jednocześnie odczytać wskazania czujnika, które odzwierciedla wydłużenie pręta o Δl . (1działka = $0,01\text{ mm}$)
10. Zwiększyć napięcie do 55 V i przy temperaturze 333 K (60^0C) odczytać jednocześnie wskazanie czujnika - Δl .
11. Powtarzać czynności, zwiększając temperaturę o 10^0C i zapisując jednocześnie wskazania wydłużenia czujnika Δl .
12. Nie przekroczyć temperatury 90^0C . Po jej osiągnięciu i końcowym odczycie wskazania na czujniku, zredukować napięcie do zera.

13. Tabelę wyników przygotować według poniższego wzoru:

Nazwa materiału	L_1 [mm]	T_1 [K]	T_2 [K]	ΔT [K] ($T_2 - T_1$)	ΔL [mm]	λ_{1-2} [K^{-1}]	λ_{sr} [K^{-1}]	β_{sr} [K^{-1}]
				

14. Na podstawie uzyskanych w doświadczeniu danych obliczyć szukane wartości λ_{1-2} i β_{1-2} ze wzorów:

$$\lambda_{1-2} = \frac{1}{l_1} \frac{l_2 - l_1}{T_2 - T_1} = \frac{1}{l_1} \frac{\Delta l}{\Delta T} \quad \text{oraz} \quad \beta_{1-2} = 3\lambda_{1-2}. \quad (1)$$

15. Oceny niepewności pomiaru współczynnika rozszerzalności dokonać metodą różniczkowania wzoru (1) przyjmując jako zmienne l_1 , Δl oraz ΔT .

16. Wartości niepewności dla pomiarów bezpośrednich:

a) niepewność pomiaru długości pręta: $\Delta l_1 = 0,1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m}$

b) niepewność pomiaru wydłużenia mierzonego na czujniku: $\Delta(\Delta l) = 0,01 \text{ mm} = 10^{-5} \text{ m}$

c) niepewność pomiaru przyrostu temperatury: $\Delta(\Delta T) = 1 \text{ K}$

Metoda 2

8. Po sprawdzeniu obwodu przez prowadzącego, załączyć sieć oraz ustawić napięcie na zasilaczu na około 40 V. Pokrętła regulacji prądu (ogranicznik prądowy) ustawić na maksimum - obrócić je do lekkiego oporu w prawą stronę.

9. Notować rosnącą temperaturę pręta T_2 oraz przyrosty jego długości Δl co 3°C. W zespołach dwuosobowych studenci notują pomiary naprzemiennie - jeden parzyste, drugi nieparzyste. Na czujniku mikrometrycznym 1działka = 0,01 mm

10. Po osiągnięciu temperatury 50°C zwiększyć napięcie na zasilaczu do 55 V

11. Pomiary kontynuować do temperatury 90°C. Po jej osiągnięciu zredukować napięcie zasilacza do zera.

12. Tabelę wyników przygotować według poniższego wzoru:

Nazwa materiału	L_1 [mm]	T_1 [K]	T_2 [K]	ΔT [K] ($T_2 - T_1$)	ΔL [mm]	$L_1 \cdot \Delta T$ [mm·K]	λ [K^{-1}]	β [K^{-1}]
				

13. Uzyskane wyniki przedstawić na wykresie zależności przyrostu długości (Δl) od ($\Delta T \cdot L_1$)

14. Współczynnik rozszerzalności liniowej oraz jego niepewność należy wyznaczyć metodą najmniejszych kwadratów korzystając z liniowej zależności przyrostu długości od przyrostu temperatury:

$$\Delta l = \lambda \cdot L_1 \cdot \Delta T$$

Jeśli przyjmiemy

$$y = \Delta l \quad x = L_1 \cdot \Delta T$$

to współczynnik kierunkowy dla powyższej zależności liniowej $a = \lambda$, zaś $\beta = 3\lambda$
Korzystając np. z funkcji *reglinp* w Excelu można wyznaczyć zarówno $a = \lambda$, jak i $\Delta a = \Delta\lambda$

Uwaga: Pieca nie można chłodzić wodą, w lodówce lub za oknem (grozi to jego uszkodzeniem) !

Autor instrukcji:

Andrzej Dudziak

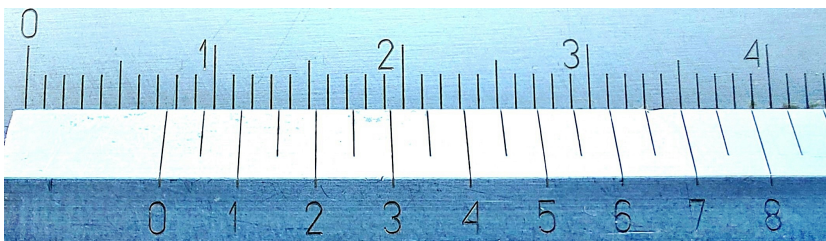
INSTRUKCJA TECHNICZNA

Pomiary przy pomocy suwmiarki:

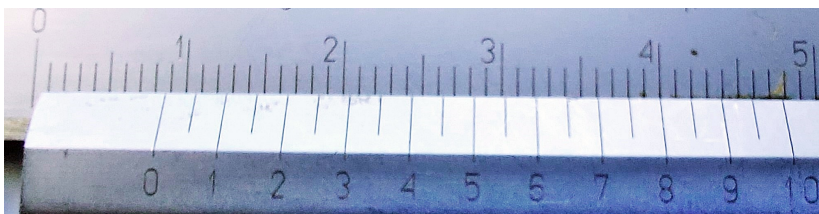
Użyta w ćwiczeniu suwmiarka pozwala mierzyć rozmiary przedmiotów z dokładnością do 0,1 mm. Odczyt następuje ze skali głównej i noniusza (mała skala). Całe milimetry odczytujemy ze skali głównej naprzeciwko zera noniusza. Następnie poszukujemy kreski z obu skal które leżą dokładnie naprzeciwko siebie. Numer kreski noniusza określa dziesiąte części milimetra. Nie jest istotny numer kreski skali głównej. Przykłady poniżej.



10,5 mm



7,6 mm



8,8 mm