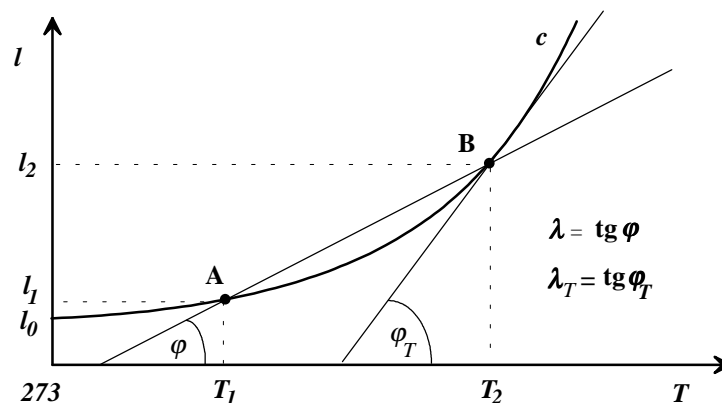


WYZNACZANIE WSPÓLCZYNNIKÓW ROZSZERZALNOŚCI LINIOWEJ CIAŁ STAŁYCH

- I. Cel ćwiczenia:** zapoznanie ze zjawiskiem rozszerzalności liniowej ciał stałych, wyznaczenie współczynnika rozszerzalności liniowej dla żelaza, aluminium i mosiądzu.
- II. Przyrządy:** czujnik zegarowy, metalowa rurka, dwa termometry, kolba szklana do wytwarzania pary, pręty pomiarowe.
- III. Literatura:** 1. M. Grotowski Wykłady fizyki.
2. H. Hofmokl, A. Zawadzki Laboratorium fizyczne.

IV. WPROWADZENIE

Z obserwacji i doświadczeń wiadomo, że ciała stałe ze zmianą temperatury zmieniają swoje rozmiary liniowe. Niech l będzie długością pręta w temperaturze $T = 273\text{K}$. Ogrzewając podnosimy stopniowo temperaturę pręta. Jeśli na osi odciętych odłożymy temperaturę T , na osi rzędnych odpowiadającą jej długość pręta, to otrzymamy zależność daną krzywą c na rys.1.



Rys.1. Zależność długości l ciała od temperatury T (dla zdefiniowania współczynników λ narysowano krzywą c zdecydowanie różniącą się od prostej)

Średnim współczynnikiem rozszerzalności liniowej w granicach temperatur T_1 i T_2 nazywamy wielkość

$$\lambda = \frac{1}{l_0} \frac{l_2 - l_1}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

gdzie l_1 i l_2 są długościami pręta w temperaturach T_1 i T_2 .

Wymiar współczynnika rozszerzalności liniowej: $[\lambda] = \text{K}^{-1}$.

Średni współczynnik rozszerzalności liniowej jakiegos ciała jest wielkością wyrażającą liczbowo zmianę długości przypadającą na jednostkę długości tego ciała w temperaturze 273K (0°C) przy zmianie jego temperatury o 1K .

Ma on prostą interpretację graficzną. Jest on mianowicie równy liczbowo tangensowi kąta, jaki tworzy z osią temperatury T prosta łącząca punkty krzywej odpowiadające temperaturom granicznym, $\lambda = \operatorname{tg}\varphi$.

Gdy różnicę temperatur będziemy stopniowo zmniejszali, cięciwa AB będzie przybliżała się coraz bardziej do stycznej i w granicy kąt stanie się równy kątowi jaki tworzy z osią T styczna do krzywej w punkcie B (lub w punkcie A).

Mamy wówczas

$$\lambda_T = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta l}{\Delta T} = \frac{1}{l_0} \frac{dl}{dT} \quad (2)$$

Jest to współczynnik rozszerzalności liniowej w temperaturze T . Graficznie interpretujemy go jako równy liczbowo tangensowi kąta, jaki z osią T tworzy styczna do krzywej w punkcie B , $\lambda_T = \operatorname{tg} \varphi_T$. Zależnie zatem od temperatury, w której wykonywany jest pomiar, otrzymamy na ogół różne wartości współczynników λ i λ_T . Mają one wartość stałą tylko w szczególnym przypadku, gdy krzywa c jest linią prostą, a więc gdy długość zmienia się proporcjonalnie do temperatury. Wtedy zależność długości pręta od temperatury wyraża się wzorem

$$l_T = l_0 [1 + \lambda(T - T_0)] \quad (3)$$

W większości przypadków okazuje się, że przyjęcie średniej wartości współczynnika λ pozwala uzyskać wystarczająco dokładne wyniki obliczeń nawet przy przyrostach temperatur równych 100K.

V. ZASADA POMIARU

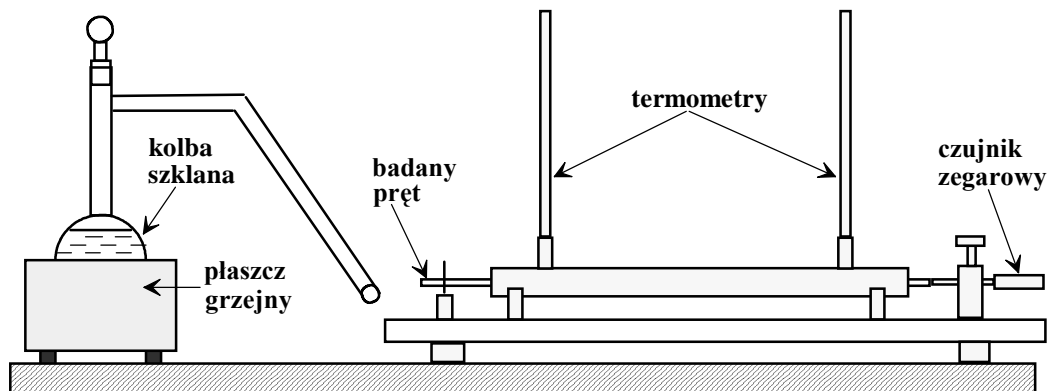
W pierwszym przybliżeniu możemy przyjąć, że wydłużenie Δl w pewnych rozpatrywanych granicach temperatur jest proporcjonalne do zmiany temperatury $\Delta T = T_2 - T_1$. Krzywa c z rys.1 jest wówczas prostą. We wzorze (1) długość l_0 w temperaturze $T_0 = 273\text{K}$ zastępujemy długością l_1 w temperaturze pokojowej T_1 . Wobec małej rozszerzalności ciał stałych w tym zakresie temperatur, błąd popełniony jest nieznaczny. Możemy więc w przybliżeniu napisać :

$$\lambda = \frac{l_2 - l_1}{l_1(T_2 - T_1)} \quad (4)$$

Ze względu na to, że we wzorach (1) ÷ (4) występuje przyrost temperatury, a nie jej wartość, możemy go podawać zarówno w stopniach Celsjusza, jak i w kelwinach.

VI. UKŁAD POMIAROWY

Przyrząd służący do pomiaru współczynnika rozszerzalności liniowej składa się z metalowej rurki z dwoma bocznymi i dwoma górnymi otworami. Parę wrzącej wody z kolby doprowadza się do jednego z bocznych otworów, drugim otworem odprowadza się skroploną parę. W dwóch górnych otworach umieszcza się termometry laboratoryjne o zakresie 0 - 100 °C. Badane pręty metalowe wkłada się do środka rury mocując jeden koniec (ten z bolcem) w odpowiednim zaczeple. Swobodny koniec pręta znajdzie się wówczas w pobliżu uchwyty służącego do zamocowania czujnika zegarowego. Należy tak dosunąć czujnik do pręta, by jego mała wskazówka pokazywała 3 - 4 mm. Po przykręceniu śruby zaciskającej czujnik, obrócić ruchomy pierścień tak, by duża wskazówka znalazła się na kresce 0. Jeden pełny obrót dużej wskazówki odpowiada 1 mm. Elementarna 1 działka odpowiada 0,01 mm.



Rys.1. Układ pomiarowy do wyznaczania współczynników rozszerzalności liniowej.

UWAGA!

Przed wykonaniem następnego pomiaru należy rurę metalową i pręt ochłodzić do temperatury pokojowej (wodą z kranu).

VI. POMIARY

- 1♦ Zmierzyć długość prętów w temperaturze pokojowej T_1 . Pomiar wykonae za pomocą miarki milimetrowej mierząc pręt od bolca do swobodnego końca.
- 2♦ Odczytać temperaturę pokojową T_1 .
- 3♦ Włączyć płaszcz grzejny do sieci i doprowadzić wodę w kolbie do wrzenia (należy sprawdzić czy w kolbie jest wystarczająca ilość wody - co najmniej połowa pojemności kolby, jeśli jest mniej - należy dolać wody). Umieścić termometry w otworach rurki. Wprowadzić parę wrzącej wody do rurki i po stwierdzeniu, że jej temperatura ustaliła się, zanotować wskazania termometrów T_2' i T_2'' .
- 4♦ Zanotować wskazanie czujnika zegarowego będące przyrostem długości $\Delta l = l_2 - l_1$.
- 5♦ W podobny sposób przeprowadzić pomiar przyrostu długości Δl dla pozostałych prętów. Pomiar Δl dla każdego pręta przeprowadzić kilkakrotnie.

VII. OPRACOWANIE WYNIKÓW

- 1♦ Obliczyć wartość współczynnika rozszerzalności liniowej λ dla każdego pręta.
- 2♦ Przeprowadzić rachunek błędów.