C6. Pomiar współczynnika rozszerzalności liniowej

***Celem ćwiczenia** jest poznanie zjawiska rozszerzalności cieplnej ciał stałych, cieczy i gazów oraz doświadczalne znalezienie współczynnika rozszerzalności liniowej dla kilku metalowych prętów.*

Ciała pod wpływem zmian temperatury zmieniają swoje rozmiary. Zjawisko to nosi nazwę ***rozszerzalności cieplnej***, gdyż na ogół ciała zwiększają swoje rozmiary wraz ze wzrostem temperatury.

Najłatwiej, zjawisko to można wyjaśnić na przykładzie ciała stałego, w którym atomy, znajdujące się w regularnym układzie przestrzennym sieci krystalicznej, wykonują drgania wokół swoich położeń równowagi. Wraz ze wzrostem temperatury rośnie amplituda tych drgań oraz średnia odległość między atomami, co powoduje rozszerzanie się całego ciała.

W ciałach stałych odległości między sąsiednimi atomami są takie, że działające między nimi siły przyciągania i odpychania równoważą się. Ze względu na specyfikę tych oddziaływań, w wyższej temperaturze (czyli przy większej amplitudzie drgań atomów) równowaga ta zachodzi, gdy atomy oddalają się od siebie.

Dla ciał stałych - zmianę liniowych wymiarów ciała nazywamy ***rozszerzalnością liniową.*** Jeżeli ciało w temperaturze początkowej t_o ma długość początkową l_o, a po ogrzaniu do temperatury t ma długość l_t, to nastąpił przyrost długości $\delta l = l_t - l_o$. Jest on proporcjonalny do przyrostu temperatury $\Delta t = t - t_o$, co określa wzór:

$$\delta l = \lambda l_0 \Delta t \qquad (1),$$

gdzie λ - jest ***współczynnikiem rozszerzalności liniowej.***

Podobnie opisuje się ***rozszerzalność objętościową*** ciał stałych:

$$\delta V = \gamma V_0 \Delta t \qquad (2),$$

gdzie γ - jest ***współczynnikiem rozszerzalności objętościowej.***

Przy małej zmianie temperatury: $\gamma \cong 3 \cdot \lambda$. Oba współczynniki wyrażamy w [K^{-1}].

W przypadku cieczy mamy do czynienia tylko z rozszerzalnością objętościową (wzór 2). Ciecze na ogół zwiększają swoją objętość wraz ze wzrostem temperatury, przy czym wzrost objętości jest często około dziesięciokrotnie większy niż dla ciał stałych.

Niektóre ciecze, zwłaszcza organiczne, wykazują ***anomalną rozszerzalność cieplną,*** która charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem rozszerzalności objętościowej γ.

Taką ***anomalną rozszerzalność*** wykazuje ***woda.*** Przy jej podgrzewaniu, w zakresie temperatur od 0^oC do 4^oC, woda kurczy się, a nie rozszerza, natomiast powyżej 4^oC objętość wody rośnie z temperaturą, ale nie w sposób liniowy. W temperaturze 4^oC wykazuje więc, najmniejszą objętość, a równocześnie największą gęstość*.

**Ma to swoje konsekwencje w przyrodzie: woda o temperaturze 4^oC opada zawsze na dno zbiorników wodnych (stawów, jezior), przez co możliwe jest tam życie biologiczne nawet podczas mroźnej zimy.*

Gazy – pod względem rozszerzalności cieplnej – znacznie różnią się od cieczy i ciał stałych, które wykazują różne wartości współczynników rozszerzalności. Wszystkie gazy mają natomiast w przybliżeniu ten sam współczynnik rozszerzalności objętościowej: $\gamma = \frac{1}{273}$ [K^{-1}].

Zależność objętości od temperatury dla gazów doskonałych, pod stałym ciśnieniem, można zapisać analogicznie jak dla innych ciał (wzór 2) lub w postaci:

$$V_t = V_o(1 + \gamma \cdot t).$$

Powyższe równanie opisuje ***przemianę izobaryczną gazu doskonałego*** i może być stosowane – z pewnym przybliżeniem – również do innych gazów tzw. ***rzeczywistych***, które często niewiele różnią się od gazu doskonałego (szczególnie te, które znajdują się pod niewielkim ciśnieniem i w umiarkowanej temperaturze).

W wyniku zwiększania się objętości gazów i cieczy ze wzrostem temperatury maleje ich gęstość ρ (gdyż $\rho = m/V$). To powoduje, że ogrzane masy cieczy lub gazu (np. powietrza) unoszą się w górę, powodując powstawanie tzw. ***prądów unoszenia,*** inaczej ***prądów konwekcyjnych.***

Literatura uzupełniająca:

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker - Podstawy fizyki – T.2 rozdz.19
2. P.G. Hewitt – Fizyka wokół nas – rozdz. 14

Zobacz też:

symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki* **(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/)** (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*).

C6. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary:	Imię i nazwisko studenta:	Kierunek studiów: grupa
Data:	Imię i nazwisko prowadzącego:	Zaliczenie:

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy: dylatometr, pręty metalowe, kolba szklana, piecyk elektryczny, barometr, miara milimetrowa.

1. Za pomocą miary milimetrowej mierzymy długość początkową (l_0) badanego pręta.
2. Pręt umieszczamy w dylatometrze, orientując go płaskim końcem w stronę ostrza czujnika mikrometrycznego.
3. Zerujemy czujnik mikrometryczny.
4. Kolbę wypełniamy do połowy wodą i umieszczamy w płaszczu grzejnym piecyka elektrycznego, po czym za pomocą węża gumowego łączymy wylot kolby z osłoną badanego pręta.
5. Wodę w kolbie doprowadzamy do wrzenia i przez kilka minut ogrzewamy badany pręt w strumieniu pary wodnej.
6. Odczytujemy końcowe wskazanie czujnika mikrometrycznego równe bezwzględnemu przyrostowi długości pręta *(δl).*
7. Dla pozostałych prętów, powtarzamy czynności pomiarowe opisane w punktach 1- 6.
8. Na termometrze pokojowym odczytujemy temperaturę otoczenia (t_p) i przyjmujemy ją, jako temperaturę początkową badanych prętów.
9. Na barometrze odczytujemy wartość ciśnienia atmosferycznego i w tablicach fizycznych znajdujemy, odpowiadającą mu, temperaturę wrzenia wody *(t_w).* Tak określoną temperaturę przyjmujemy jako temperaturę końcową prętów po ogrzaniu.

Tabela

Rodzaj pręta	Mosiężny	Żelazny	Aluminiowy
Długość początkowa l_0 [m]			
Przyrost długości δl [m]			
Temperatura początkowa t_p [°C]			
Temperatura końcowa t_w [°C]			
Przyrost temperatury (t_w-t_p)			
Współczynnik rozszerzalności liniowej λ [1/K]			
Błąd współczynnika rozszerzalności liniowej $\Delta\lambda$ [1/K]			
Zestawienie ($\lambda \pm \Delta\lambda$) [1/K]			

Δl_0 = ……. [m] $\Delta(\delta l)$ = ……..…. [m] Δt_p =……. [°C]

Opracowanie wyników

1. Wyniki pomiarów podstawiamy do wzoru:

$$\lambda = \frac{\delta l}{l_0\,(t_w - t_p)}$$

   i obliczamy współczynniki termicznej rozszerzalności liniowej λ dla poszczególnych badanych prętów metalowych.

2. Błąd pomiarowy ($\Delta\lambda$) dla uzyskanych wartości współczynników rozszerzalności liniowej obliczamy metodą różniczki logarytmicznej zgodnie z poniższym wzorem, uwzględniając dokładności odczytów: przyrostu długości $\Delta(\delta l)$, długości początkowej Δl_0 oraz temperatury początkowej Δt_p:

$$\Delta\lambda = \lambda\left[\left|\frac{\Delta(\delta l)}{\delta l}\right| + \left|\frac{\Delta\, l_0}{l_0}\right| + \left|\frac{\Delta\, t_p}{(t_w - t_p)}\right|\right]$$

3. Na końcu zestawiamy - otrzymane dla każdego badanego pręta – wartości λ, z odpowiednio zaokrąglonymi błędami tych wielkości $\Delta\lambda$ *w* postaci: $(\lambda \pm \Delta\lambda)\,jedn.SI$.