

Лабораторна робота № 9

Визначення коефіцієнта термічного розширення твердих тіл

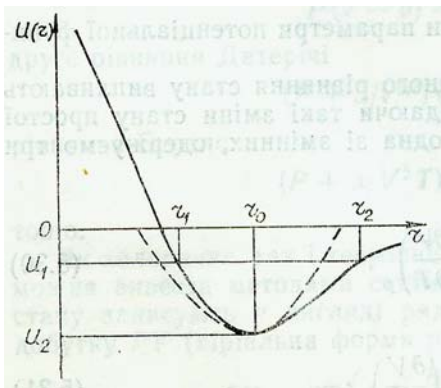
Мета роботи: експериментально визначити коефіцієнт термічного розширення твердих тіл

Прилади та матеріали: установка для вимірювання коефіцієнта термічного розширення.

Теоретичні ідомості

Теплове розширення твердих тіл пов'язане з характером залежності сил притягання і відштовхування між двома сусідніми частинками від відстані r між ними. Нехай r_0 - рівноважна відстань між сусідніми частинками. В довільний момент часу дійсно відстань між ними:

$$r = r_0 + x \quad (9.1)$$



де x - взаємне зміщення частинок від положення рівноваги, обумовлене тепловими коливаннями. З рис. 22 видно, що в результаті різної залежності сил притягання і відштовхування між частинками від віддалі r між ними крива залежності взаємної потенціальної енергії W_n від r не є параболічною близько точки $r = r_0$. Це означає, що сили, діючі в ґратці, не можна вважати квазіпружними. Вони залежать від зміщення x частинок від положення рівноваги не по закону:

$$F = -kx \quad (9.2)$$

де k - коефіцієнт пружності, а містить члени з x у другій і більш високих степенів. Чим більша амплітуда теплових коливань в кристалічній ґратці, тим сильніше вплив цих нелінійних членів. Однак слід мати на увазі, що збільшення

амплітуди коливань при підвищенні температури само по собі, ще не означало б розширення кристалу, якщо б ці коливання були б строго гармонічними. Насправді, зростання амплітуди гармонічних коливань двох сусідніх частинок твердого тіла не привело б до збільшення середньої віддалі між ними. Вся справа в тому, що коливання частинок твердого тіла не є гармонічними. В першому наближенні можна рахувати, що на частинку діє зростаюча сила:

$$F_x = -kx + bx^2 \quad (9.3)$$

Перший член у формулі (9.3) представляє собою квазіпружну силу, якій відповідає потенціальна енергія $\frac{kx^2}{2}$ гармонічних коливань. Відхилення від гармонічного характеру коливань викликає другий член (bx^2), за рахунок якого з підвищенням температури проходить зростання середньої віддалі між частинками твердого тіла. Коефіцієнт b тому інколи називають коефіцієнтом ангармонічності.

Отже більшість тіл при підвищенні температури збільшує свої розміри. При нагріванні тіла, яке має первинну довжину l , його відносне видовження пропорційне зміні температури dt :

$$\frac{dl}{l} = \alpha \cdot dt \quad (9.4)$$

де α - коефіцієнт пропорційності, який називається істинним коефіцієнтом лінійного розширення ($\alpha \ll 1$). Коефіцієнт лінійного розширення визначає відносне видовження тіла при зміні температури на один градус. Практично при невеликих змінах температури α змінюється незначно, тому для розрахунків можна користуватися величиною середнього коефіцієнта лінійного розширення:

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{\Delta l}{l_1(t_2 - t_1)} \quad (9.5)$$

де t_1 і t_2 - початкова і кінцева температури тіла, l_1 і l_2 - довжини тіла, які відповідають цим температурам.

Довжина тіла прилюбій температурі може бути виражена через довжину при 0°C . З формули (9.5):

$$l_t = l_0(1 + \alpha t) \quad (9.6)$$

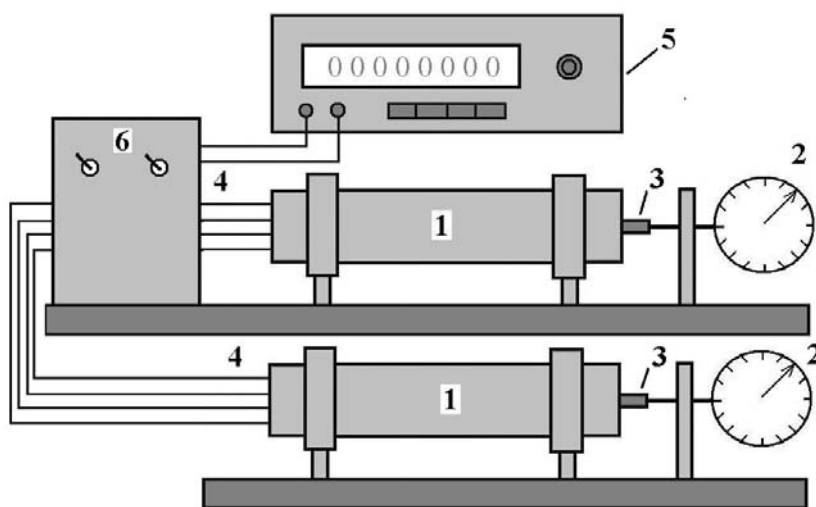


Рис. 9.1. Установка для визначення коефіцієнта термічного розширення твердих тіл

Основною частиною установки (рис. 9.1) є два нагрівники 1 циліндричного типу. На плиті закріплені індикатори 2. Останні служать для вимірювання зміни довжини досліджуваних стержнів 3 при нагріванні за допомогою електричних нагрівників 1. Вимірювання температури проводять за допомогою хромель-копелевих термопар 4. Вона реєструється мілівольтметром 5. На панелі знаходяться тумблери 6, за допомогою яких включається нагрів печей і вимірювання температури.

Хід виконання роботи

1. Скласти робочу таблицю у якій записати значення напруги на кінцях хромель-копелевих термопар у мВ, які відповідають температурам, при яких будуть зніматися покази видовження досліджуваних стержнів. Інтервал температур береться від кімнатної до 100°C через кожних 5°C. Таблицю скласти для двох зразків.

№ п/п	T, K	U, mV	$\Delta l, m$
-------	--------	---------	---------------

- Встановити в середнє нульове положення тумблери 6, при цьому кола живлення печі і вимірювання температури будуть розімкнуті.
- Встановити індикатори видовження 4, 5 в нульове положення.
- Штепсельну вилку автотрансформатора увімкнути в сітку з напругою 220 В.
- Тумблери 6 перевести в крайні ліві положення.
- Слідкувати за ростом температури, записуючи у відповідну таблицю значення видовження стержнів.
- Перемкнути тумблери 6 в праве крайнє положення, при цьому увімкнути другий нагрівник і зробити відповідні вимірювання для іншого стержня.
- За допомогою формули (9.5) отримати значення α для кожної температури.
- Побудувати графік залежності $\alpha = f(T)$.

Результати вимірювань і обчислень занести в таблицю:

№ п/п	T, K	$\Delta l, m$	α, K^{-1}	$\Delta\alpha, K^{-1}$	$E, \%$
-------	--------	---------------	------------------	------------------------	---------

Контрольні питання

- Як пояснити з точки зору молекулярно-кінетичної теорії теплове розширення тіл?
- Якими одиницями вимірюється α ?
- Виведіть строгу формулу залежності лінійних розмірів тіла від температури з рівняння (9.4).