

## Лабораторна робота № 9

### Визначення коефіцієнта термічного розширення твердих тіл

Мета роботи: Експериментально визначити коефіцієнт термічного розширення твердих тіл

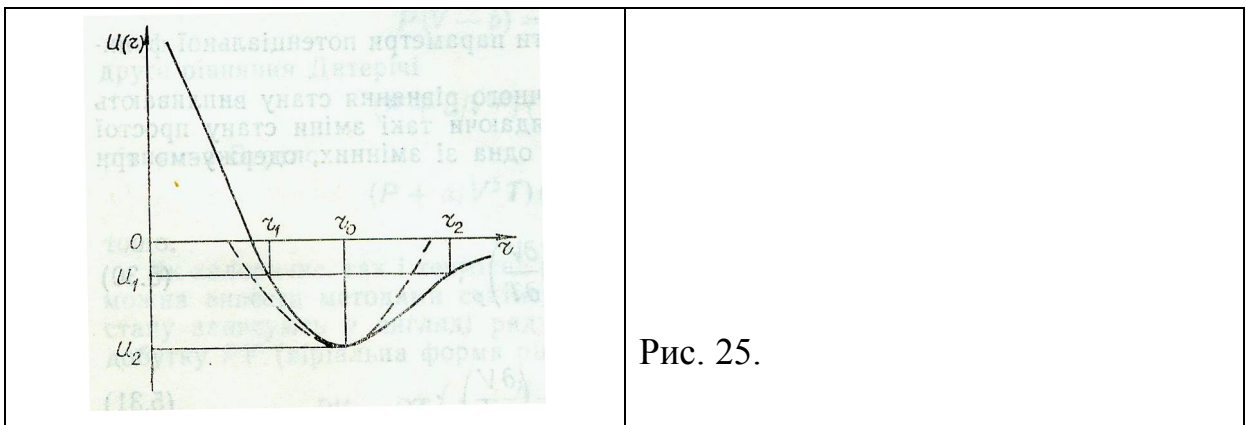
Прилади та матеріали: установка для вимірювання коефіцієнта термічного розширення.

### 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

$$r = r_0 + x, \quad (1)$$

де  $x$  – взаємне зміщення частинок від положення рівноваги, зумовлене тепловими коливаннями. З рис. 25 видно, що в результаті різної залежності сил притягання і відштовхування між частинками від віддалі  $r$  між ними



крива залежності взаємної потенціальної енергії  $W_{\text{п}}$  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 за законом:

$$F = -kx, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт пружності, а містить члени з  $x$  у другій і більш високих степенях. 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 кристала, 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:

$$F_x = -kx + bx^2. \quad (3)$$

Перший член у формулі (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  $dt$ :

$$\frac{dl}{l} = \alpha \cdot dt, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – 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  $\alpha$  змінюється незначно, тому для розрахунків можна користуватися величиною середнього коефіцієнта лінійного розширення:

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{\Delta l}{l_1(t_2 - t_1)}, \quad (5)$$

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

Довжина тіла за будь-якої температури може бути виражена через довжину при  $0^\circ\text{C}$ . З формули (5)

$$l_t = l_0(1 + \alpha t). \quad (6)$$

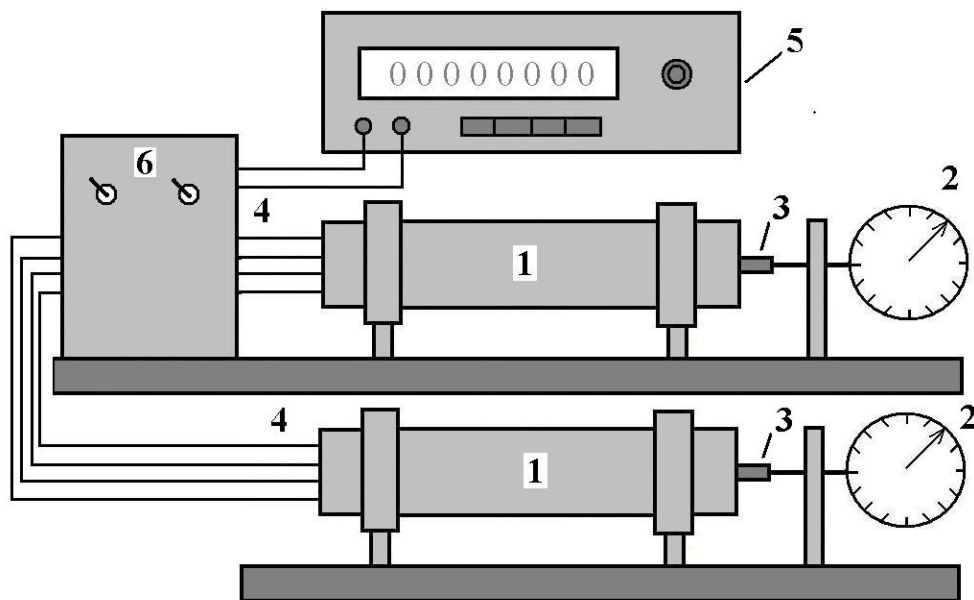


Рис. 26. Установа для визначення коефіцієнта термічного розширення твердих тіл

Основною частиною установки (рис. 26) 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.

№ з/і	$T$ , К	$U$ , мВ	$\Delta l$ , м
-------	---------	----------	----------------

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

Результати вимірювань і обчислень занести в таблицю.

№ с/і	$T$ , К	$\Delta l$ , м	$\alpha$ , К <sup>-1</sup>	$\Delta\alpha$ , К <sup>-1</sup>	Е, %
-------	---------	----------------	----------------------------	----------------------------------	------

### Контрольні запитання та завдання

1. Як пояснити з точки зору молекулярно-кінетичної теорії теплове розширення тіл?
2. Якими одиницями вимірюється  $\alpha$  ?
3. Виведіть строгу формулу залежності лінійних розмірів тіла від температури з рівняння (4).