

План уроку 47

Тема: Молекулярна фізика та термодинаміка

Тема уроку: Лабораторно практична робота №7 Визначення модуля пружності різних речовин

Необхідні прилади та матеріали:

1. Прилад для визначення модуля пружності
2. Мікрометр
3. Масштабна лінійка
4. Рівноваги

I. Теоретичні відомості

Під дією зовнішніх сил тверде тіло змінює свою форму - деформується. Отже *деформація* – це зміна форми та розмірів тіла внаслідок дії зовнішніх сил. Якщо після припинення дії прикладених сил тіло знову приймає первинну форму, то така деформація називається пружною, а тіло - пружним. Якщо ж деформація зникає не повністю, то ця деформація, яка залишається після припинення дії сил, називається залишковою, а тіло - пластичним.



$$\Delta l = l - l_0 \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} 100\%$$

Закон Гука: механічне напруження, яке виникає в тілі, прямо пропорційно відносній деформації.

$\sigma = \varepsilon E$, де E – модуль Юнга.

Якщо відносна деформація $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$, а механічне напруження $\sigma = \frac{F_{np}}{S}$, то $\frac{F_{np}}{S} = E \frac{\Delta l}{l_0}$,

$$F_{np} = \frac{SE}{l_0} \Delta l$$

Отже можна записати закон Гука для сили пружності:

$$F_{np} = - \kappa \Delta l$$

Сила пружності, яка виникає в тілі, прямо пропорційна абсолютній деформації.

Фізичний зміст модуля Юнга: модуль Юнга чисельно дорівнює механічному напруженню, яке виникає в тілі, при $\epsilon=1$.

Модуль Юнга залежить від роду матеріалу.

Одне і теж тіло в залежності від зовнішніх умов (температура і тиск) може бути чи пружним чи пластичним. Сталь, гума, дерево при звичайних умовах пружні, свинець, віск – пластичні. Під тиском в кілька тисяч атмосфер чи при високій температурі сталь стає пластичною. Свинець же охолоджений в рідкому повітрі, отримує всі властивості пружного метала.

Англійський фізик Гук встановив закон, згідно якого: величина пружної деформації пропорційна величині деформуючої сили. При розтязі стержня постійного перерізу закон Гука може бути записаний у вигляді формули

$$\Delta l = \alpha L \frac{F}{S}, (1)$$

де Δl – видовження дроту, L – первинна довжина дроту

F – навантаження (розтягуюча сила), S – площа поперечного перерізу дроту, α – коефіцієнт пропорциональності

Відношення $\frac{\Delta l}{l}$ називається відносним видовженням

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S}, (2)$$

де $\frac{F}{S}$ називається *напруженням* (сила, що діє на одиницю поперечного перерізу), E – модуль пружності, або модуль Юнга.

З формули (2) слідує, що чим більше модуль Юнга, тим менше відносна деформація при заданому напруженні:

При $\frac{\Delta l}{l} = 1$; $\sigma = \frac{F}{S}$, тобто модуль пружності дорівнює напруженню, під дією якого дріт збільшується вдвоє (якщо вважати, що закон Гука виконується для таких великих деформацій).

Закон Гука є дійсним при порівнюючи невеликих навантаженнях. Відкладаючи по осі

ординат $\sigma = \frac{F}{S}$, а осі абсцис відносно видовження $\frac{\Delta l}{l}$, отримаємо графік зображений на рис.4.

Та частина кривої, для якої є дійсним закон Гука зображена прямою ОА, що виходить з початку координат. Коли напруження стає більшим деякої величини σ_B , що називається межею текучості, деформація продовжує зростати без збільшення навантаження (матеріал тече) такий вид деформації показано на рис.2 ділянкою ВС. Напруження при якому руйнується матеріал (розрив) називається межею міцності.

Для того щоб перевірити можливість використання закону Гука при даних навантаженнях, досить побудувати графік залежності абсолютного видовження від розтягуючої сили. Якщо ця залежність зображується прямою, то закон Гука має місце і можна визначати модуль пружності з формули (2).

В цій роботі визначається модуль пружності тонкого сталевго дроту. З (2) отримуємо

$$E = \frac{4LF}{\pi d^2 \Delta l_{\text{сеп}}}, \quad (3)$$

де L – довжина дроту; d – діаметр дроту;

E – модуль пружності; F – величина діючої сили.

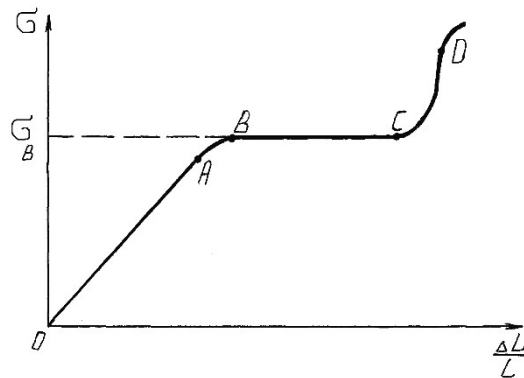


Рис.2 Залежність напруги в стержні від відносного видовження

OA – *пружна деформація* – це деформація після припинення зовнішньої дії сили якої, тіло повністю повертається у попередню форму. OA – границя виконання закону Гука, так як тут виконується умова $\sigma \sim \varepsilon$. AB – *не пружна деформація* – це деформація після припинення зовнішньої дії сили якої, тіло частково повертається у попередню форму. BC – *пластична деформація* – це деформація після припинення зовнішньої дії сили якої, тіло не повертається у попередню форму. CD – *крихка деформація* – це деформація при якій, тіло руйнується.

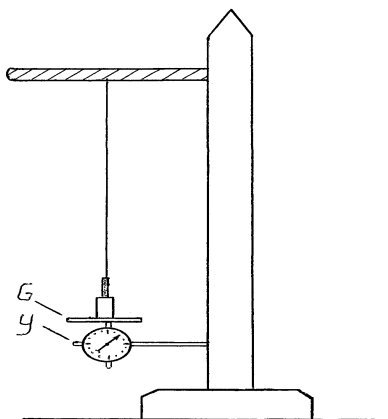


Рис.3

Установка для визначення модуля Юнга з розтягу дроту

II. Опис дослідної установки

Прилад складається з закріпленого в стіні кронштейна, до якого прикріплений дріт (рис.3). Дріт знаходиться в натягнутому стані під дією невеликого постійного вантажу.

Дріт розтягується вантажем, що кладуть на площадку G. Абсолютне видовження дроту вимірюють з допомогою індикатора У.

III. Порядок виконання роботи

1. Довжину дроту L беруть з таблиці, що розміщена поряд з установкою.
2. Вимірюють 3 рази мікрометром в різних точках діаметр дроту.
3. Встановлюють індикатор У на 0.
4. Покласти на площадку тягарці кожний з яких 5Н і визначити

величину деформації Δl за допомогою індикатора. Навантаження довести до 25Н, а потім в зворотному порядку проводити розвантаження, кожен раз знімаючи тягарці і визначаючи величину деформації індикатора. Визначити середню величину видовження Δl при навантаженні і розвантаженні за формулою:

$$\Delta l_{\text{ср}} = \frac{\Delta l_{\text{нав}} + \Delta l_{\text{розв}}}{2}$$

5. Обчислити значення модуля Юнга за формулою (3), використовуючи середні значення Δl .

6. Отримані данні занести у таблицю:

№ п\п	F, Н	$\Delta l_{\text{нав}}$, м	$\Delta l_{\text{розв}}$, м	$\Delta l_{\text{ср}}$, м	L, м	d, м	E, Н/м ²	E _{ср} , Н/м ²	ΔE , Н/м ²	$\Delta E_{\text{ср}}$, Н/м ²
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										

7. Обчислити абсолютну та відносну похибки, кінцевий результат записати у вигляді $E = (E_{\text{ср}} \pm E_{\text{ср}}) \text{ Н/м}^2$

Контрольні питання:

1. Дати визначення сили пружності.
2. Дати визначення абсолютної, відносної, пружної і не пружної та залишкової деформації.
3. Записати формули для визначення абсолютної та відносної деформацій.

4. Записати та сформулювати закон Гука для розтягу дроту
5. Розкрити фізичний зміст модуля Юнга.

Тестові питання для захисту лабораторної роботи “Визначення модуля Юнга з розтягу дроту”

1. Модуль Юнга:

- а) – це коефіцієнт навантаження;
- б) – це видовження тіла з часом;
- в) – це модуль пружності тіла.

2. Пружні тіла – це тіла, які

- а) після припинення дії прикладених сил знову приймають первинну форму;
- б) не деформуються;
- в) після припинення дії прикладених сил приймають новий вигляд.

3. Непружні тіла – це тіла, які

- а) після припинення дії прикладених сил знову приймають первинну форму;
- б) після припинення дії прикладених сил частково приймають первинну форму;
- в) після припинення дії прикладених сил приймають новий вигляд.

4. Крихкі тіла – це тіла, в яких

- а) після припинення дії прикладених сил знову приймають первинну форму;
 - б) відбувається руйнація;
 - в) після припинення дії прикладених сил тіла не повертаються у початкову форму.
- після припинення дії прикладених сил знову приймають первинну форму;

5. Формула закону Гука:

- а) $\sigma = E\varepsilon$;
- б) $F_m = mg$;
- в) $F = \rho g V_T$.

6. Визначення закону Гука:

- а) механічне напруження, яке виникає в тілі під час деформації обернено пропорційно відносній деформації;

б) механічне напруження, яке виникає в тілі під час деформації прямо пропорційно відносній деформації;

в) механічне напруження, яке виникає в тілі під час деформації обернено пропорційно абсолютній деформації;

7.Одиниці вимірювання модуля Юнга в СІ:

а) Н/м^2 ;

б) м/с^2 ;

в) $\text{Н/м} \cdot \text{с}^2$.

8.Сила пружності:

а) $F = mg$; б) $F = ma$; в) $F = -k \cdot \Delta l$.

9.Сила пружності, яка виникає в тілі під час деформації:

а) обернено пропорційна відносній деформації;

б) прямо пропорційно відносній деформації;

в) прямо пропорційно абсолютній деформації;

10.Абсолютна деформація:

а) Δl ;

б) l ;

в) $\frac{\Delta l}{l}$.

11.Відносна деформація:

а) Δl ;

б) l ;

в) $\frac{\Delta l}{l}$.