

Лабораторна робота 1.1

ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ ТІЛ ПРАВИЛЬНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

1 МЕТА РОБОТИ

- на прикладі визначення густини тіл правильної геометричної форми навчитись користуватися вимірювальними приладами: лінійкою, штангенциркулем, мікрометром, терезами;
- навчитись визначати похибки прямих і непрямих вимірювань;
- навчитись робити висновки та оформлювати результати вимірювань.

2 КОМПЛЕКТАЦІЯ РОБОТИ

1	Терези з гирями.	4	Мікрометр.	
2	Лінійка.	5	Досліджувані тіла різної форми.	
3	Штангенцикуль.			

3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА ОПИС УСТАНОВКИ

Перед виконанням лабораторної роботи рекомендуємо уважно ознайомитись з теорією математичної обробки результатів вимірювань, що викладена в розділі „Вимірювання фізичних величин та математична обробка результатів вимірювань”.

Для вимірювання довжини предметів користуються різними приладами та інструментами. Найпростішими з них є **лінійка, штангенцикуль і мікрометр**. Ціна поділки звичайної лінійки дорівнює 1 мм. Це означає, що систематична похибка

$\Delta_{\text{сист}} = 0,5 \text{ мм}$. Використання **штангенциркуля і мікрометра** детально описані у розділі 2 „Вимірювання лінійних величин та точне зважування”.

Густина однорідної речовини за визначенням дорівнює масі одиниці об’єму

$$\rho = \frac{m}{V},$$

де m - маса тіла, а V - його об’єм.

Одиниця вимірювання густини в системі СІ $[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

4.1 ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ТІЛА

1 Урівноважте терези.

2 Зважте досліджуване тіло спочатку на правій, потім на лівій чашці терезів.

3 Визначте середнє значення маси тіла

$$\langle m \rangle = \frac{1}{2}(m_1 + m_2).$$

4 Визначте похибку терезів

$$\Delta m = \frac{1}{2}(|\langle m \rangle - m_1| + |\langle m \rangle - m_2|).$$

5 Значення $\langle m \rangle$ і Δm запишіть до таблиць 1, 2, 3.

4.2 ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ МАТЕРІАЛУ ЦИЛІНДРА І ПАРАЛЕЛЕПІПЕДА

Під час виконання завдання 2 студент має навчитися:

- вимірювати розміри тіл за допомогою штангенциркуля і мікрометра.
- знаходити систематичну похибку даних вимірювальних приладів.

- знаходити середнє арифметичне значення вимірюваної величини і випадкову похибку.
- знаходити загальну абсолютну похибку при прямих вимірюваннях.
- виводити формулу для розрахунку похибки при непрямих вимірюваннях і застосовувати її для визначення результатів вимірювань.

4.2.1 ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ МАТЕРІАЛУ ЦИЛІНДРА

I Вимірювання за допомогою лінійки

1 Виміряти за допомогою лінійки тричі в різних місцях висоту h і діаметр D циліндра. Результати занести в табл. 1.

2 Підрахувати похибки прямих вимірювань висоти Δh і діаметра ΔD , для лінійки вони збігаються з приладовими.

3 Підрахувати значення густини матеріалу циліндра за формулою

$$\langle \rho \rangle = \frac{\langle m \rangle}{\langle V \rangle} = \frac{4\langle m \rangle}{\pi \langle D \rangle^2 \langle h \rangle},$$

де $\langle m \rangle$, $\langle D \rangle$ і $\langle h \rangle$ середні значення маси, діаметра та висоти циліндра.

Результати занести у таблицю 1.

4 Підрахувати абсолютну і відносну похибки вимірювання густини за формулами:

$$\Delta \rho = \langle \rho \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle} \right)^2 + \left(\frac{2\Delta D}{\langle D \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle} \right)^2},$$

$$\delta = \frac{\Delta \rho}{\langle \rho \rangle} \cdot 100\%.$$

Результати обчислень занести в табл. 1.

10 Записати результат у вигляді

$$\rho_{\text{л}} = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho ,$$

де $\rho_{\text{л}}$ - густина тіла, яка визначається з використанням лінійки.

ТАБЛИЦЯ 1 - Результати вимірювань за допомогою лінійки

$\langle m \rangle =$		$\Delta m =$		Форма - циліндр		
номер дослідів	висота h , мм	похибка Δh , мм	діаметр D , мм	похибка ΔD , мм	густина $\langle \rho \rangle, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	похибка $\Delta \rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
1						
2						
3						
Середнє						
Похибка приладу	х	0,5	х	0,5	х	х

II Вимірювання за допомогою штангенциркуля

11 Виміряти за допомогою **штангенциркуля** тричі в різних місцях висоту h і діаметр D циліндра, результати занести в табл. 2.

12 Підрахувати похибки прямих вимірювань висоти Δh і діаметра ΔD , результати занести в табл.2.

13 Визначити приладову похибку штангенциркуля, результати занести в табл.2.

14 Підрахувати значення густини матеріалу циліндра за формулою

$$\langle \rho \rangle = \frac{\langle m \rangle}{\langle V \rangle} = \frac{4 \langle m \rangle}{\pi \langle D \rangle^2 \langle h \rangle},$$

де $\langle m \rangle$, $\langle D \rangle$ і $\langle h \rangle$ - середні значення маси, діаметра та висоти циліндра.

Результати занести у таблицю 2.

ТАБЛИЦЯ 2 - Результати вимірювань за допомогою штангенциркуля

$\langle m \rangle =$		$\Delta m =$		Форма - циліндр		
номер дослід	висота h , мм	похибка Δh , мм	діаметр D , мм	похибка ΔD , мм	густина $\langle \rho \rangle, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	похибка $\Delta \rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
1						
2						
3						
Середнє						
Похибка приладу	х	0,05	0,05	х	х	х

15 Підрахувати абсолютну і відносну похибку вимірювання густини за формулами:

$$\Delta \rho = \langle \rho \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle} \right)^2 + \left(\frac{2 \Delta D}{\langle D \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle} \right)^2},$$

$$\delta = \frac{\Delta \rho}{\langle \rho \rangle} \cdot 100\%.$$

Результати обчислень занести в табл. 2

16 Записати результат у вигляді $\rho_{\text{ш}} = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho$,

де $\rho_{\text{ш}}$ - густина тіла, визначена за допомогою штангенциркуля.

III Вимірювання за допомогою мікрометра

17 Виміряти за допомогою **мікрометра** тричі в різних місцях висоту h і діаметр D циліндра, результати занести в табл. 3.

18 Підрахувати похибки прямих вимірів висоти Δh і діаметра ΔD , результати занести в табл.3.

19 Визначити приладову похибку мікрометра, результати занести до табл.3.

20 Підрахувати густину матеріалу циліндра за формулою

$$\langle \rho \rangle = \frac{\langle m \rangle}{\langle V \rangle} = \frac{4\langle m \rangle}{\pi \langle D \rangle^2 \langle h \rangle},$$

де $\langle m \rangle$, $\langle D \rangle$ і $\langle h \rangle$ - середні значення маси, діаметра та висоти циліндра.

Результати занести у таблицю 3.

21 Підрахувати абсолютну і відносну похибки вимірювання густини за формулами:

$$\Delta \rho = \langle \rho \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle} \right)^2 + \left(\frac{2\Delta D}{\langle D \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle} \right)^2},$$

$$\delta = \frac{\Delta \rho}{\langle \rho \rangle} \cdot 100\%.$$

Результати обчислень занести в табл. 3.

ТАБЛИЦЯ 3 - Результати вимірювань за допомогою мікрометра

$\langle m \rangle =$		$\Delta m =$		Форма: циліндр		
номер досліджу	висота h , мм	похибка Δh , мм	діаметр D , мм	похибка ΔD , мм	густина $\langle \rho \rangle$, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,	похибка $\Delta \rho$, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
1						
2						
3						
Середнє						
Похибка приладу	х	0,01	х	0,01	х	х

22 Записати результат у вигляді

$$\rho_M = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho,$$

де ρ_M - густина тіла, визначена з використанням мікрометра.

23 Порівняти результати, отримані за допомогою різних приладів (лінійки, штангенциркуля, мікрометра). Зробити висновок.

Зразок висновку

У проведеній лабораторній роботі шляхом непрямого вимірювання було визначено густину матеріалу циліндра за даними прямих вимірювань його лінійних розмірів і маси. Вимірювання лінійних розмірів виконувалися за допомогою лінійки, приладова похибка якої дорівнює $\pm 0,5\text{мм}$, штангенциркуля, приладова похибка якого дорівнює $\pm 0,05\text{мм}$ та мікрометра, приладова похибка якого дорівнює $\pm 0,01\text{мм}$. Вимірювання маси виконувалися за допомогою аналітичних терезів, похибка вимірювання маси склала $\pm 0,01\text{г}$. Внаслідок розрахунків значення густини матеріалу циліндра виявилось таким, що дорівнює

$$\rho = (7650 \pm 100) \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Отриманий результат і його порівняння з табличними даними дозволяють зробити висновок, що циліндр виготовлений із сталі.

4.2.2 ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ МАТЕРІАЛУ

ПАРАЛЕЛЕПІПЕДА

1 Підготуйте таблицю для результатів прямих вимірювань. За зразок візьміть таблицю 4.

2 Визначте масу паралелепіпеда як у п. 4.1. Результати занесіть у таблицю 4.

3 Виконайте вимірювання розмірів тіла не менше 10 разів, причому довжину і ширину паралелепіпеда виміряйте штангенциркулем, а висоту - мікрометром. Результати вимірювань занесіть у відповідні клітинки таблиці.

Підрахуйте об'єм паралелепіпеда за формулою

$$\langle V \rangle = \langle a \rangle \cdot \langle b \rangle \cdot \langle c \rangle.$$

4 Розрахуйте похибку непрямого вимірювання об'єму за допомогою **способу 2**. Врахуйте, що

$$\delta_V = \sqrt{\delta_a^2 + \delta_b^2 + \delta_c^2} \text{ і } \Delta V = \langle V \rangle \cdot \delta_V.$$

ТАБЛИЦЯ 4- Результати прямих вимірювань розмірів паралелепіпеда та визначення похибки цих вимірювань

$m =$		Форма - паралелепіпед	
номер досліду	довжина $a, м$	ширина $b, м$	висота $c, м$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Систематична похибка $\Delta_{\text{сист}}$			
Середнє арифметичне значення величини			
Випадкова похибка $\Delta_{\text{вип}}$			
Довірча імовірність P			
Сумарна абсолютна похибка Δ			
Відносна похибка δ			
Відносна похибка $\delta, \%$			

Запишіть результат вимірювання об'єму у вигляді

$$V = (\langle V \rangle \pm \Delta V) \text{ м}^3, \delta_V = \quad, P = 0,68.$$

Результат:

$$a = (\langle a \rangle \pm \Delta a) \text{ м}, \quad \delta_a = \quad, \quad P_a = \quad,$$

$$b = (\langle b \rangle \pm \Delta b) \text{ м}, \quad \delta_b = \quad, \quad P_b = \quad,$$

$$c = (\langle c \rangle \pm \Delta c) \text{ м}, \quad \delta_c = \quad, \quad P_c = \quad.$$

20 Підрахуйте значення густини матеріалу циліндра за формулою

$$\langle \rho \rangle = \frac{\langle m \rangle}{\langle V \rangle} = \frac{\langle m \rangle}{\langle a \rangle \cdot \langle b \rangle \cdot \langle c \rangle}.$$

21 Підрахуйте абсолютну і відносну похибки вимірювання густини за формулами:

$$\Delta \rho = \langle \rho \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{\langle m \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a}{\langle a \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{\langle b \rangle}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c}{\langle c \rangle}\right)^2},$$

$$\delta = \frac{\Delta \rho}{\langle \rho \rangle} \cdot 100\%.$$

Результати обчислень занесіть у табл. 4.

22 Запишіть результат у вигляді $\rho = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho$.

23 Зробіть висновки. У висновках поясніть, якими похибками і чому Ви знехтували.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- 1 Яка мета фізичних вимірювань?
- 2 Які типи вимірювань розрізняють?
- 3 Як класифікують похибки вимірювань?
- 4 Дати визначення абсолютної і відносної похибок.

- 5 Що таке промахи, систематичні і випадкові похибки?
- 6 Як оцінити систематичну похибку?
- 7 Дати визначення середнього арифметичного значення вимірюваної величини?
- 8 Як оцінити величину випадкової похибки і як вона пов'язана із середнім квадратичним відхиленням?
- 9 Чому дорівнює імовірність виявлення справжнього значення вимірюваної величини в інтервалі від $a_{ср} - \sigma$ до $a_{ср} + \sigma$?
- 10 Якщо за оцінку випадкової похибки вибрати величину 2σ або 3σ , то з якою імовірністю справжнє значення буде попадати у визначені цими оцінками інтервали?
- 11 Як додаються похибки і коли це потрібно робити?
- 12 Як округлити абсолютну похибку і середнє значення результату вимірювання?
- 13 Які способи існують для оцінки похибок при непрямих вимірюваннях? Як при цьому потрібно діяти?
- 14 Як записується результат вимірювання? Які величини потрібно зазначити?

6 СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Загальна фізика. Лабораторний практикум. За ред. Горбачука. - Київ: Вища школа, 1990.
2. Гольдин Л.Л. Лабораторные занятия по физике. - М.: Наука, 1983.
3. Степин Б.Д. Применение международной системы единиц физических величин в химии. -. М.: Высшая школа, 1990.