

# Лабораторна робота 1

## Вимірювання густини твердих тіл правильної геометричної форми

### Мета роботи:

- отримати уявлення про прямі та непрямі вимірювання;
- навчитися оцінювати похибки результату вимірювання.

### Обладнання:

- кілька твердих тіл правильної геометричної форми (паралелепіпед, циліндр, труба);
- штангенциркуль, ваги.

## 1.1 Короткі теоретичні відомості

Головною метою цієї лабораторної роботи є не саме вимірювання густини, а ознайомлення з похибками вимірювання фізичних величин на прикладі вимірювання густини твердих тіл.

Густина — це відношення маси тіла до його об'єму. Густина є постійною фізичною величиною для кожної речовини і вона не залежить від форми тіла.

Є фізичні величини, які можна виміряти безпосередньо якимось вимірювальним приладом (маса, електричний струм чи напруга, довжина, температура тощо), а є такі, які безпосередньо не вимірюються. Таким чином, у фізиці розрізняють *прямі* та *непрямі* вимірювання. Густина відноситься якраз до таких величин, які прямим способом не вимірюються<sup>1</sup>. Вимірювання фізичної величини непрямим способом полягає у тому, що вимірюються деякі інші фізичні величини прямим способом, а потім за відомою формулою *розраховується* значення потрібної величини. На прикладі вимірювання густини твердого тіла це виглядає так: вимірюються габаритні розміри зразка правильної геометричної форми (прямокутний паралелепіпед, циліндр, кулька тощо), вираховується його об'єм, а потім маса зразка ділиться на його об'єм:

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

Зрозуміло, що габаритні розміри та маса не можуть бути виміряні абсолютно точно — вони вимірюються із певними похибками, які потім впливають на точність визначення густини. Правила обробки результатів вимірювання наведені у додатку до цих лабораторних робіт.

В цій лабораторній роботі пропонується визначити густину твердих тіл з різних матеріалів, які мають форми прямокутного паралелепіпеда, циліндра, кільці та кулі. Формули для розрахунку об'ємів цих тіл наступні.

1. Прямокутний паралелепіпед:

$$V = abc$$

2. Циліндр:

$$V = Sh = \frac{\pi D^2}{4}h$$

---

<sup>1</sup>Строго кажучи, густину *рідини* можна виміряти прямим способом — за допомогою *ареометра*.

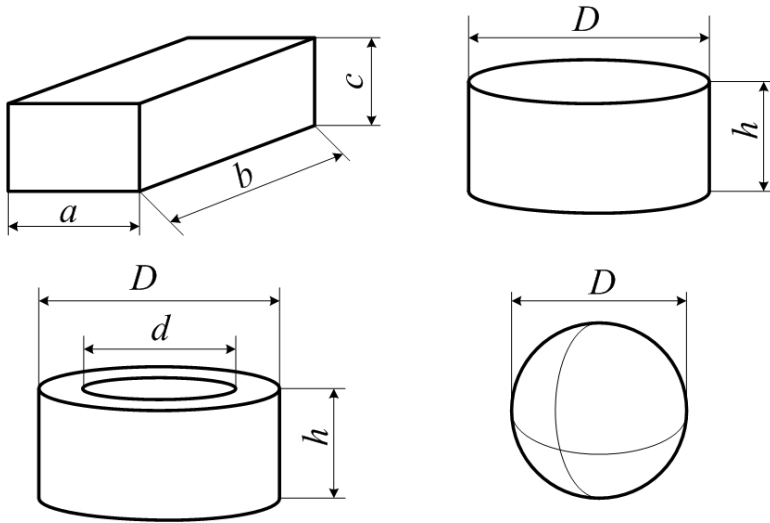


Рис. 1.1

3. Кільце:

$$V = (S - s)h = \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) h = \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2)$$

4. Куля:

$$V = \frac{4}{3} \pi \left( \frac{D}{2} \right)^3 = \frac{\pi D^3}{6}$$

На рисунку 1.1 показані габаритні розміри тіл, які потрібно вимірювати для знаходження їх об'ємів.

## 1.2 Порядок виконання роботи

Нижче описані дії, які необхідно виконати для формування звіту по лабораторній роботі.

1. Розподілити тверді тіла. Кожен студент повинен виміряти густину одного тіла у формі паралелепіпеду, у формі циліндру та у формі пустотілого циліндру (труби). Записати матеріал кожного тіла.

**2.** За допомогою штангенциркуля виміряти габаритні розміри тіла у формі паралелепіпеда. Вимірювання кожного розміру слід повторити 5 разів — для того, щоб можливо було оцінити похибку вимірювання. Результати вимірювання занести у таблицю 1.1.

*Таблиця 1.1.*

№	$a$ , мм	$\Delta a$ , мм	$b$ , мм	$\Delta b$ , мм	$c$ , мм	$\Delta c$ , мм	$m$ , г	$\Delta m$ , г
1								
2								
3								
4								
5								

**3.** Аналогічно до п.2 п'ять разів зважити зразок та занести результати зважування у таблицю 1.1.

**4.** Згідно методики оцінки похибок оцінити похибки прямого вимірювання габаритних розмірів та маси зразка у формі паралелепіпеда.

**5.** Оцінити середню густину матеріалу, з якого зроблений зразок у формі паралелепіпеду за формулою

$$\rho = \frac{\bar{m}}{\bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c}}$$

**6.** Згідно методики оцінити відносну похибку непрямого вимірювання густини матеріалу зразка у формі паралелепіпеда.

**7.** За допомогою штангенциркуля виміряти габаритні розміри тіла у формі циліндра. Результати вимірювання занести у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2.

№	$D$ , мм	$\Delta D$ , мм	$h$ , мм	$\Delta h$ , мм	$m$ , г	$\Delta m$ , г
1						
2						
3						
4						
5						

8. Аналогічно до п.3 п'ять разів зважити зразок та занести результати зважування у таблицю 1.2.

9. Згідно методики оцінки похибок оцінити похибки прямого вимірювання габаритних розмірів та маси зразка у формі циліндра.

10. Оцінити середню густину матеріалу, з якого зроблений зразок у формі циліндра за формулою

$$\rho = \frac{4\bar{m}}{\pi \bar{D}^2 \bar{h}}$$

11. Згідно методики оцінити відносну похибку непрямого вимірювання густини матеріалу зразка у формі циліндра.

12. Аналогічно до пп. 2 і 7 за допомогою штангенциркуля виміряти габаритні розміри тіла у формі відрізка труби. Результати вимірювання занести у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3.

№	$D$ , мм	$\Delta D$ , мм	$d$ , мм	$\Delta d$ , мм	$h$ , мм	$\Delta h$ , мм	$m$ , г	$\Delta m$ , г
1								
2								
3								
4								
5								

13. Аналогічно до пп.3 та 8 п'ять разів зважити зразок та занести результати зважування у таблицю 1.3.

14. Аналогічно до пп. 4 і 9 оцінити похибки прямого вимірювання габаритних розмірів та маси зразка у формі труби.

15. Оцінити середню густину матеріалу, з якого зроблений зразок у формі труби за формулою

$$\rho = \frac{4\bar{m}}{\pi\bar{h}(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)}$$

16. Згідно методики оцінити відносну похибку непрямого вимірювання густини матеріалу зразка у формі труби.

### 1.3 Зміст звіту

Оформлювати звіт рекомендується в наступній послідовності.

1. Титульна сторінка.
2. Назва та мета роботи; обладнання, що використовується для даної роботи.
3. Результати вимірювання параметрів зразка у формі паралелепіеда (таблиця 1.1). Обов'язково вказати матеріал зразка.
4. Оцінка густини матеріалу зразка у формі паралелепіеда.
5. Результати оцінки похибок прямих вимірювань маси та габаритів зразка у формі паралелепіеда.
6. Формула для оцінки відносної похибки непрямого вимірювання густини зразка у формі паралелепіеда.
7. Результат оцінки відносної похибки густини зразка у формі паралелепіеда.
8. Пп. 3–7 для зразка у формі циліндра (з таблицею 1.2).

9. Пп. 3–7 для зразка у формі труби (з таблицею 1.3).
10. Висновки. Чи співпадають обчислені значення з довідниковими? Наскільки велика похибка оцінки густини для кожного матеріалу? Чи відрізняються відносні похибки оцінки густини для різних матеріалів?

## 1.4 Контрольні запитання

1. Що таке густина?
2. Які ви можете назвати фізичні закони чи явища, у яких потрібно враховувати густину?
3. Які ви знаєте агрегатні стани речовини? Для яких агрегатних станів речовини має сенс поняття густини?
4. Від чого може залежати густина матеріалу?
5. Чи можливо виміряти густину якимось прямим способом?
6. Чому в цій роботі густина зразка вимірювалася непрямим способом?
7. Пояснити наявність похибки вимірювань.
8. Які ви знаєте складові частини похибок? Чим вони обумовлені?
9. Які ви знаєте види похибок? Назвіть переваги використання кожного виду похибки.