

## Заняття № 7, лабораторна робота № 1

**Тема:** *Визначення прискорення руху тіла під час прямолінійного рівноприскореного руху.*

**Література:** Фізика (рівень стандарту): підруч. для 10 кл. / за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. — § 6, с. 33–38.

### Мета заняття

#### Навчальна:

- **Сформувати** практичні навички експериментального визначення фізичних величин, що характеризують рівноприскорений рух (шлях, час, прискорення).
- **Закріпити** на практиці теоретичні знання про прямолінійний рівноприскорений рух та зв'язок між фізичними величинами, що його описують.
- **Навчитися** користуватися лабораторним обладнанням (фізичним та віртуальним) для проведення вимірювань.
- **Опанувати** методику обробки результатів експерименту, включаючи обчислення середнього значення та оцінку похибок (абсолютної та відносної).

#### Розвивальна:

- **Розвивати** логічне та аналітичне мислення студентів через аналіз результатів експерименту та встановлення причинно-наслідкових зв'язків.
- **Формувати** дослідницькі навички (планування експерименту, спостереження, збирання та інтерпретація даних).
- **Вдосконалювати** вміння узагальнювати дані, робити висновки та аргументувати їх.
- **Розвивати** пізнавальний інтерес до фізики, використовуючи різні інструменти (реальне обладнання, відео-матеріали, інтерактивні симуляції).

#### Виховна:

- **Виховувати** акуратність, наполегливість, відповідальність та самодисципліну під час роботи в лабораторії або з цифровими ресурсами.
- **Формувати** культуру наукового запису експериментальних даних та повагу до інтелектуальної праці.
- **Виховувати** ощадливе ставлення до навчального обладнання та техніки.
- **Сприяти** формуванню наукового світогляду на основі вивчення законів природи.

### Ключові компетентності

#### Природнича:

- **Оволодіння поняттями:** вміння коректно використовувати фізичні поняття «прискорення», «шлях», «час», «рівноприскорений рух» для опису реальних процесів.
- **Експериментування:** вміння скласти експериментальну установку за схемою, проводити вимірювання, аналізувати отримані дані та перевіряти теоретичні закони на практиці (віртуальній чи реальній).
- **Розуміння похибок:** формування усвідомлення того, що будь-яке вимірювання має похибку, та вміння оцінювати точність експерименту.

## Математична:

- **Використання формул:** вміння виконувати математичні перетворення, виводити формули для розрахунку невідомих величин ( $a=t^2/2s$ ) та проводити обчислення, включаючи дії з дробами, степенями та модулями.
- **Статистика:** вміння обчислювати середнє арифметичне значення величини та розраховувати абсолютну та відносну похибки за заданими алгоритмами.
- **Аналіз даних:** вміння заповнювати таблиці даних, округлювати результати з урахуванням значущих цифр та аналізувати табличні дані.
- **Інформаційно-комунікаційна (ІК-компетентність):** вміння ефективно працювати з цифровими ресурсами (відеохостингами, інтерактивними симуляціями PhET), здійснювати навігацію, вводити дані та інтерпретувати візуалізовані результати.
- **Уміння вчитися впродовж життя:** формування готовності самостійно опановувати нові методи проведення досліджень (у тому числі дистанційно) та відповідально ставитися до виконання завдання.
- **Ініціативність і підприємливість:** вміння самостійно приймати рішення в межах виконання експерименту, пропонувати оптимізацію процесу (наприклад, краще положення циліндра для звукового сигналу).

## Єдині вимоги до оформлення лабораторного звіту

1. Звіт оформлюється охайно, українською мовою, з дотриманням прийнятих позначень фізичних величин, одиниць СІ та правил безпеки під час виконання роботи. Усі обчислення мають містити формулу, підстановку числових значень, одиниці вимірювання та остаточний результат із висновком.
2. Обов'язкові реквізити: прізвище та ім'я здобувача освіти, група, дата, номер і тема лабораторної роботи.
3. Мета роботи, обладнання, короткі теоретичні відомості або основні формули.
4. Схема установки або рисунок/скріншот віртуального досліду, якщо робота виконується дистанційно.
5. Таблиця результатів вимірювань і обчислень, заповнена за ходом роботи.
6. Розрахунки з переведенням величин в СІ, оцінюванням похибок, якщо це передбачено роботою.
7. Висновок, у якому зазначено, що саме визначено експериментально, які отримано результати, які можливі джерела похибок.
8. Відповіді на контрольні запитання.

### Нотатка для звіту (що має бути у звіті здобувача освіти)

#### з даної лабораторної роботи №1

1. Титульні дані: ПІБ, група, дата, номер лабораторної роботи, тема.
2. Мета роботи та перелік використаного обладнання або зазначення, що робота виконувалася у віртуальній лабораторії.
3. Схема установки: похилий жолоб, кулька, циліндр; для дистанційного виконання - скріншот або опис параметрів симуляції.

4. Заповнена таблиця вимірювань: переміщення  $s$ , значення часу  $t_1, t_2, t_3, t_4$ , середній час  $t_{\text{сер}}$ , прискорення  $a_{\text{сер}}$ , абсолютна й відносна похибки.
5. Приклад одного повного розрахунку з переведенням величин в СІ та остаточним записом результату вимірювання прискорення.
6. Висновок: чи вдалося визначити прискорення, від чого залежить точність досліду, які основні джерела похибок.
7. Відповіді на контрольні запитання з інструкції.
8. Виконайте в зошиті обов'язкові 6 завдань ДЗ 7 (задачі).

## Лабораторна робота № 1

*Тема: «Визначення прискорення руху тіла під час прямолінійного рівноприскореного руху».*

*Мета роботи:* виміряти прискорення кульки, що скочується похилим жолобом.

*Обладнання:* металевий жолоб, штатив із муфтою та затискачем, сталева кулька, металевий циліндр, вимірювальна стрічка, секундомір або годинник із секундною стрілкою

(дистанційно віртуальна лабораторія PhET за адресою:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park\\_all.html?locale=uk](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=uk))

### Теоретичні відомості

Рух кульки, що скочується жолобом, приблизно можна вважати рівноприскореним. За умови рівноприскореного руху без початкової швидкості модуль переміщення  $s$ , модуль прискорення  $a$  і час руху  $t$  пов'язані співвідношенням  $s = \frac{at^2}{2}$ . Тому, вимірявши  $s$  і  $t$ , можна визначити прискорення  $a$  за формулою  $a = \frac{2s}{t^2}$ . Щоб підвищити точність вимірювання, треба поставити дослід кілька разів, а потім знайти середні значення виміряних величин.

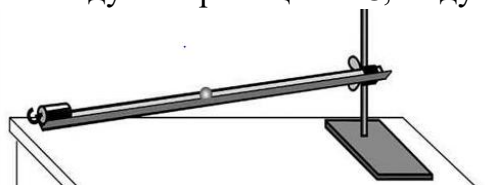


Рис. 1

### Хід роботи:

1. Складіть установку, зображену на рис. 1 (верхній кінець жолоба має розташовуватися на кілька сантиметрів вище за нижній). Покладіть у жолоб, біля його нижнього кінця, металевий циліндр. Коли кулька, скотившись, удариться об циліндр, звук удару допоможе точніше визначити час руху кульки. Позначте на жолобі початкове положення кульки, а також її кінцеве положення - верхній торець металевого циліндра.
2. Виміряйте відстань між верхньою та нижньою оцінками на жолобі (модуль  $s$  переміщення кульки) і результат вимірювання запишіть у таблицю № 1.
3. Відпустіть кульку без поштовху біля верхньої позначки й виміряйте час  $t$  до удару кульки об циліндр. Повторіть дослід 4 рази, записуючи до таблиці результати вимірювань. Під час проведення кожного досліду пускайте кульку з того самого початкового положення, а також стежте за тим, щоб верхній торець циліндра знаходився на відповідній поділці (або для виконання лабораторної роботи дистанційно подивитись відео за адресою [https://www.youtube.com/watch?v=G7OktyFmoUE&list=PLoBey5Xxgssg-5X\\_HRhl6FKNqxEiZqxoq](https://www.youtube.com/watch?v=G7OktyFmoUE&list=PLoBey5Xxgssg-5X_HRhl6FKNqxEiZqxoq) і користуючись віртуальною лабораторією PhET виконайте досліди для скейтбордиста).

Обчисліть середній час руху кульки:  $t_{\text{сер}} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) / 4$ .

Обчисліть середнє значення прискорення кульки:  $a_{\text{сер}} = 2s / t_{\text{сер}}^2$ .

Обчисліть абсолютну та відносну похибки вимірювання (див. п. 4, 5 § 2):

$$1) \text{ часу: } \Delta t_{\text{сер}} = \frac{|t_1 - t_{\text{сер}}| + |t_2 - t_{\text{сер}}| + |t_3 - t_{\text{сер}}| + |t_4 - t_{\text{сер}}|}{4}; \quad \varepsilon_t = \Delta t_{\text{сер}} / t_{\text{сер}};$$

$$2) \text{ модуля переміщення: } \Delta s = \Delta s_{\text{прил}} + \Delta s_{\text{вип}}; \quad \varepsilon_s = \Delta s / s;$$

$$3) \text{ модуля прискорення: } \varepsilon_a = \varepsilon_s + 2\varepsilon_t; \quad \Delta a = \varepsilon_a \cdot a_{\text{сер}}.$$

Округліть результати та запишіть результат вимірювання прискорення.

| Номер до-сліду | Переміщення кульки<br>$s$ , м | Час руху кульки |                      | Прискорення кульки<br>$a_{\text{сер}}$ , м/с <sup>2</sup> | Похибка вимірювання прискорення |                                            | Результат вимірювання прискорення<br>$a = a_{\text{сер}} \pm \Delta a$ , м/с <sup>2</sup> |
|----------------|-------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                               | $t_i$ , с       | $t_{\text{сер}}$ , с |                                                           | відносна<br>$\varepsilon_a$ , % | абсолютна<br>$\Delta a$ , м/с <sup>2</sup> |                                                                                           |
|                |                               |                 |                      |                                                           |                                 |                                            |                                                                                           |

9. Запишіть зроблені вами висновки.

10. Дайте відповіді на контрольні запитання.

### Контрольні запитання.

1. За будь-якого нерівномірного руху змінюється швидкість. Як прискорення характеризує цю зміну?
2. Як спрямовано вектор прискорення у прямолінійному рівнозмінному русі? У яких випадках проекція прискорення має додатне, а в яких — від'ємне значення?
3. Чи може швидкість руху тіла дорівнювати нулю, а прискорення не дорівнювати нулю?
4. Чи можуть два тіла, які рухаються по одній прямій у протилежних напрямках, мати однакові вектори прискорень?
5. Велосипедист рухається з гори з прискоренням 0,3 м/с<sup>2</sup>. Якої швидкості набуде велосипедист через 20 с, якщо його початкова швидкість становила 4 м/с?
6. За який час автомобіль, рухаючись із прискоренням 0,4 м/с<sup>2</sup>, збільшить свою швидкість від 12 до 20 м/с?

### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ (12-БАЛЬНА ШКАЛА)

(Оцінка за лабораторну роботу формується на основі якості виконання експерименту, повноти заповнення таблиць, точності розрахунків, наявності та якості висновку, а також правильних відповідей на контрольні запитання)

| Рівень            | Бали       | Характеристика досягнень здобувача освіти                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Початковий</b> | <b>1-2</b> | Робота виконана фрагментарно, таблиця заповнена не повністю, розрахунки або відсутні, або містять грубі помилки. Висновку немає. Контрольні запитання проігноровані. Студент не розуміє мети роботи.                                                                                                                  |
|                   | <b>3</b>   | Виконані окремі заміри, дані занесені до таблиці, але розрахунки прискорення не завершені або виконані лише частково. Висновок відсутній або помилковий. Є спроба відповісти хоча б на 1-2 найпростіших контрольних запитання.                                                                                        |
| <b>Середній</b>   | <b>4</b>   | Виконані необхідні вимірювання, результати занесені до таблиці. Обчислене прискорення для кожного досліду, але є значні помилки в обчисленнях середніх значень або похибок. Висновок занадто загальний та не відображає отриманих результатів. Відповіді на контрольні запитання поверхневі та неповні.               |
|                   | <b>5</b>   | Робота виконана в повному обсязі, таблиці заповнені, прискорення обчислене. Помилки при обчисленні похибок. Є спроба зробити висновок, але він недостатньо конкретний. Надані відповіді на більшість контрольних запитань (можливо, з помилками).                                                                     |
|                   | <b>6</b>   | Всі дані занесені, розрахунки середніх значень правильні, є незначні помилки у розрахунках похибок (наприклад, похибка часу). Висновок короткий, але відображає отримане значення прискорення. Відповіді на всі контрольні запитання надані, але частина з них недостатньо обґрунтована.                              |
| <b>Достатній</b>  | <b>7</b>   | Робота виконана акуратно, всі дані та розрахунки середнього прискорення правильні. Розрахунки похибок виконані, але мають неточності (наприклад, помилки в округленні). Висновок містить результати вимірювання. Надані повні відповіді на більшість контрольних запитань, але з недостатнім фізичним обґрунтуванням. |

| Рівень  | Бали | Характеристика досягнень здобувача освіти                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 8    | Всі дані та розрахунки (середнє прискорення, абсолютні та відносні похибки) виконані вірно. Остаточний результат записаний у формі $a = a_{\text{сер}} \pm \Delta a$ . Висновок конкретний та відповідає меті роботи. Надані повні відповіді на всі контрольні запитання з фізичним обґрунтуванням (але без глибшого аналізу).                                                                                                                                                                                 |
|         | 9    | Робота виконана на високому методичному рівні, таблиця заповнена акуратно, похибки обчислені точно. Висновок розгорнутий та містить порівняння результатів. Надані вичерпні фізичні пояснення на всі контрольні запитання.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Високий | 10   | Всі вимоги попередніх рівнів виконані бездоганно. Таблиця акуратно оформлена, розрахунки точні та перевірені, результати записані за всіма правилами (з одиницями вимірювання та похибками). Висновок глибокий, містить аналіз можливих джерел похибок. Відповіді на контрольні запитання логічні, структуровані та демонструють вільне володіння матеріалом.                                                                                                                                                  |
|         | 11   | Виконання роботи демонструє творчий підхід. Глибоко проаналізовані результати, зроблено якісний висновок про вплив різних факторів на похибку (наприклад, похибка реакції на звук удару). Відповіді на контрольні запитання оригінальні, іноді з посиланнями на додатковий матеріал. Самостійне та безпомилкове виконання всієї роботи.                                                                                                                                                                        |
|         | 12   | Робота виконана зразково. Студент не тільки бездоганно виконав експериментальну частину та розрахунки, але й продемонстрував глибоке розуміння фізики явища та методів оцінки результатів. Висновок містить аргументований аналіз експерименту та пропозиції щодо його вдосконалення. Відповіді на контрольні запитання є еталонними та демонструють здатність до самостійного фізичного мислення. (Можливо, додатково самостійно виконано дослід з іншим нахилом жолоба та проаналізовано зміну прискорення). |