



## Практична робота № 2

Дата

**Тема:** Дослідження вільного падіння тіла.

**Мета:** на підставі даних, отриманих зі стробоскопічної фотографії кульки, що падає, побудувати графіки залежності координати й модуля швидкості від часу її руху, а також визначити прискорення вільного падіння кульки.

**Обладнання:** стробоскопічна фотографія кульки, що падає, учнівська лінійка, олівець.

### Опис методу вимірювання

Під час вивчення механічного руху у фізиці застосовують стробоскопічний метод. Для його реалізації використовують фотозйомку, під час якої об'єкт, що рухається в затемненому приміщенні, освітлюється за допомогою стробоскопа — приладу, що дає короткі спалахи світла з певною частотою. Тривалість самого спалаху є настільки малою, що нею можна знехтувати.

Отримані стробоскопічні фотографії, які є своєрідним записом руху, дозволяють визначити різні характеристики руху: вид руху, координати, швидкість і прискорення руху тіла.

У цій роботі пропонується дослідити рух кульки, що падає без початкової швидкості, за стробоскопічною фотографією цього руху (с. 42). Фотографія наведена в масштабі 1:10. Інтервали між спалахами  $\Delta t = 0,1$  с.

Спочатку необхідно, вибравши систему відліку й визначивши координати  $y$  кульки, що падає, у виділені спалахом моменти часу, побудувати графік залежності  $y(t)$ .

Потім, вимірявши модуль переміщення  $s$  кульки за вибраний інтервал часу  $t$  від початку руху, визначити прискорення руху за формулою\*

$$g = \frac{2s}{t^2},$$

де  $t = n\Delta t$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$

Знаючи прискорення руху, за допомогою формул  $v = gt$  можна знайти модуль швидкості руху кульки в кожний виділений спалахом момент часу  $i$ , побудувавши графік  $v(t)$ , переконатися в тому, що вид графіка відповідає рівноприскореному руху.

\* Оскільки силами опору в умовах цього експерименту можна знехтувати, вважати-ммо рух кульки вільним падінням.

### Хід роботи

Уважно прослухайте інструктаж учителя з безпеки життедіяльності та суверо дотримуйтесь правил безпеки під час виконання роботи.

#### Експеримент

- Накресліть на рисунку систему координат, пов'язавши початок координат із початковим положенням кульки. Координатну вісь  $Oy$  направте уздовж напрямку руху кульки.

Дії, описані в п. 1, зручно виконувати на кальці (чи іншому напівпрозорому папері), попередньо наклавши її на стробоскопічну фотографію.

- За допомогою лінійки визначте координату кульки в кожний виділений спалахом момент часу. Результати занесіть до таблиці.

Оскільки масштаб цього знімку 1:10, отримане в результаті вимірювання значення координати необхідно збільшити в 10 разів!

Положення кульки	Час руху $t$ , с	Координата $y$ , м	Переміщення $s$ , м	Швидкість $v$ , м/с
0	0			
1	0,10			
2	0,20			
3	0,30			
4	0,40			
5	0,50			
6	0,60			

#### Опрацювання результатів експерименту

- Використовуючи дані таблиці, побудуйте графік залежності координати кульки, що падає, від часу.

2. Враховуючи масштаб, визначте модуль переміщення, яке здійснює кулька за час  $t$  від початку руху, і занесіть отримані результати до таблиці.

3. Скориставшись формuloю  $g = \frac{2s}{t^2}$  і даними таблиці, обчисліть модуль прискорення вільного падіння кульки:

$$t_1 = 0,1 \text{ с},$$

$$g_1 = \underline{\hspace{100pt}} ;$$

$$t_2 = 0,2 \text{ с},$$

$$g_2 = \underline{\hspace{100pt}} ;$$

$$t_3 = 0,3 \text{ с},$$

$$g_3 = \underline{\hspace{100pt}} ;$$

$$t_4 = 0,4 \text{ с},$$

$$g_4 = \underline{\hspace{100pt}} ;$$

$$t_5 = 0,5 \text{ с},$$

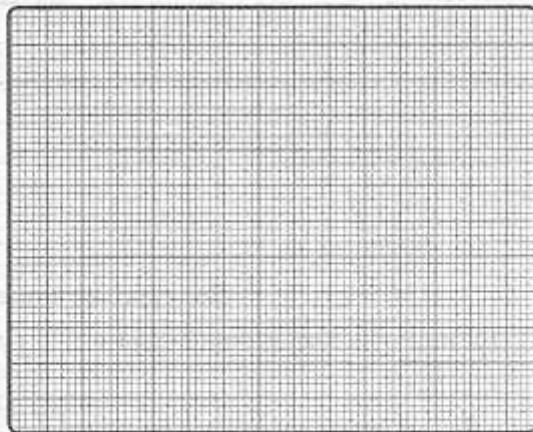
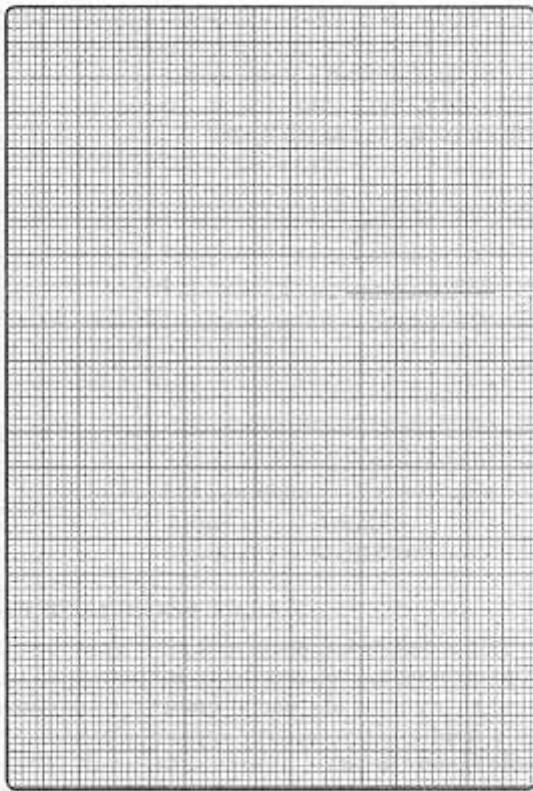
$$g_5 = \underline{\hspace{100pt}} ;$$

$$t_6 = 0,6 \text{ с},$$

$$g_6 = \underline{\hspace{100pt}} .$$

4. Побудуйте графік залежності модуля прискорення вільного падіння від часу  $g(t)$  і, використовуючи графічний метод опрацювання результатів вимірювань (див. Додаток, с. 95–96), запишіть результат визначення  $g_{\text{sep}}$ :

$$g_{\text{sep}} = \underline{\hspace{100pt}} .$$



5. Обчисліть модуль швидкості руху кульки у виділені спалахами моменти часу, враховуючи, що початкова швидкість  $v_0$  дорівнює нулю:

$$v_1 = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$v_2 = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$v_3 = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

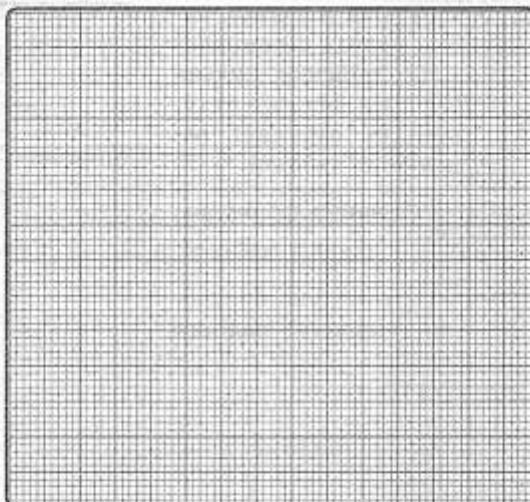
$$v_4 = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$v_5 = \underline{\hspace{2cm}} ;$$

$$v_6 = \underline{\hspace{2cm}} .$$

Обчислені значення швидкості занесіть до таблиці.

6. Побудуйте графік залежності  $v(t)$ , використовуючи знайдені значення швидкості руху кульки.



### Аналіз результатів експерименту

Проаналізуйте експеримент і його результати. Сформулюйте висновок, у якому зазначте: вид руху кульки, що падає; характер залежності координати кульки від часу; значення прискорення вільного падіння, отримане в ході експерименту; характер залежності швидкості від часу; причини можливих похибок вимірювань у цій роботі.

**Висновок.**   
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

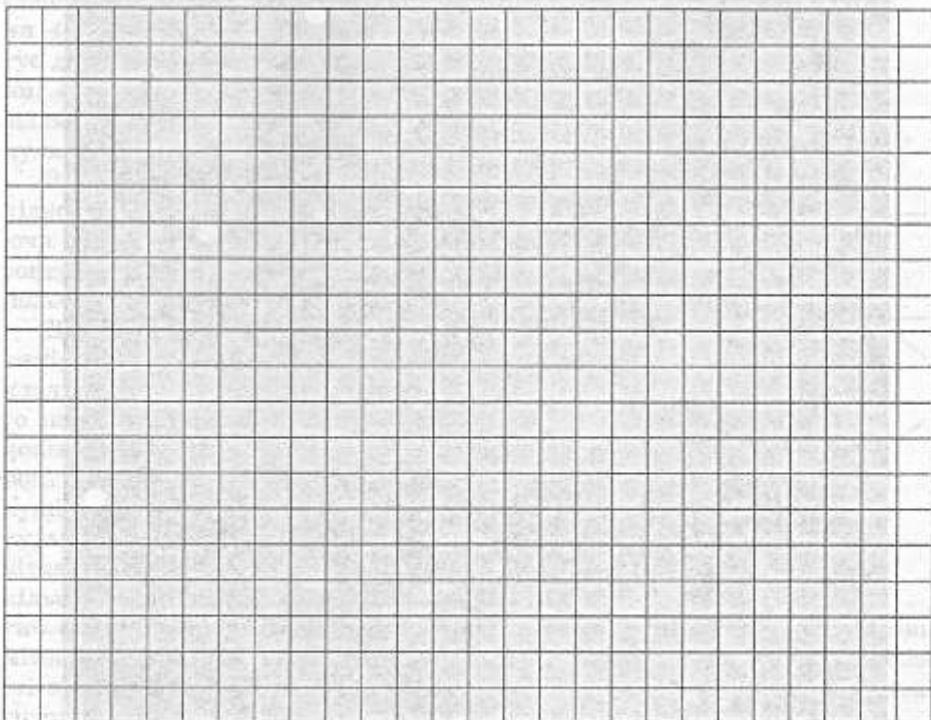
### Контрольні запитання

1. На якій підставі можна вважати рух кульки вільним падінням? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

2. З чим може бути пов'язана розбіжність отриманих вами значень прискорення вільного падіння? \_\_\_\_\_
3. Як зміниться стробоскопічна фотографія кульки; що падає, якщо:  
а) збільшити частоту спалахів; б) збільшити тривалість спалахів?
- 
- 
- 

### Творче завдання

Доведіть, що наведена на рисунку стробоскопічна фотографія (с. 46) є записом вільного падіння кульки. Масштаб фотознімка 1:16, проміжок часу між спалахами  $\Delta t = 0,1$  с. Який висновок ви можете зробити про напрямок початкової швидкості руху кульки?





## Практична робота № 5

Дата

**Тема.** Дослідження пружних властивостей тіла.

**Мета:** переконатися на досліді в справедливості закону Гука, визначити жорсткість гумового шнуря й модуль Юнга гуми.

**Обладнання:** штатив із муфтою та стрижнем, набір тягарців однакової маси, штангенциркуль або мікрометр, лінійка з міліметровими поділками, гумовий шнур завдовжки 40–45 см, дві петлі для підвішування тягарців, ножиці.

### Опис установки та методу вимірювання

Механічна напруга  $\sigma$ , що виникає у зразку під час його пружної деформації, визначається законом Гука:  $\sigma = E\varepsilon$ , де  $E$  — модуль пружності, а  $\varepsilon$  — відносне подовження. У цій роботі пропонується експериментально перевірити справедливість наведеної формули.

Для цього спочатку визначають механічну напругу, що виникає в гумовому шнурі при його різних відносних подовженнях, а потім будуєть графік залежності  $\sigma(\varepsilon)$ . За допомогою цього графіка визначають модуль Юнга гуми.

Механічну напругу обчислюють за формулою  $\sigma = \frac{F}{S}$ , а відносне подовження — за формулою  $\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$ , де  $F$  — сила пружності (деформуюча сила),  $S$  — площа поперечного перерізу зразка\*,  $l_0$  — початкова довжина зразка,  $l$  — довжина зразка під навантаженням.

Далі, подавши результати експерименту у вигляді графіка залежності сили пружності  $F$ , що виникає в гумовому шнурі, від його абсолютноого подовження  $\Delta l$ , обчислюють жорсткість виділеної ділянки шнура.

Дослідження пружних властивостей тіл проводять за допомогою установки, зображені на рисунку. Вона являє собою штатив із муфтою, у якій закріплено стрижень. На стрижні підвішено гумовий шнур\*\* із петлею.

У цьому експерименті вимірювання подовження проводять на виділеній ділянці шнура, обмеживши її двома позначками. Відстань між позначками вимірюють лінійкою з міліметровими поділками, а діаметр поперечного перерізу шнура — штангенциркулем або мікрометром.



### Хід роботи

**Уважно прослухайте інструктаж учителя з безпеки життедіяльності та суверо дотримуйтесь правил безпеки під час виконання роботи.**

### Підготовка до експерименту

- Розріжте гумовий шнур на дві частини так, щоб довжина однієї його частини (шнур 1) становила приблизно 25 см, а другої (шнур 2) — 15 см.
- Нанесіть на кожний зі шнурів на відстані приблизно 1 см від їхніх кінців позначки.
- Прикріпіть до шнурів петлі для тягарців і підвісьте шнури на стрижень.

\* Якщо поперечний переріз зразка має форму круга, то  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  ( $d$  — діаметр поперечного перерізу зразка), а якщо форму прямокутника, то  $S = ab$  ( $a$  — ширина,  $b$  — товщина зразка).

\*\* Для роботи потрібно вибирати такий шнур, щоб його подовження в навантаженому стані становило 1–3 см. У цьому випадку зміною площи поперечного перерізу шнура в ході експерименту можна зневажувати.

## Експеримент

1. За допомогою мікрометра або штангенциркуля виміряйте діаметр  $d$  шнура 1.

Вимірюючи діаметр, намагайтесь не стискати шнур.

2. Виміряйте лінійкою відстань  $l$  між позначками шнуря 1.

3. Визначте за допомогою динамометра вагу одного з тягарців.

Вага тягарця в даному випадку дорівнює модулю сили пружності шнуря

- Підвісіть цей тягарець до нижнього кінця шнура 1 і виміряйте відстань  $l$  між позначками.
  - Повторіть дії, описані в п. 4, із двома, трьома й чотирма тягарцями.
  - Результати вимірювань занесіть до табл. 1.

Таблица 1

6. Проведіть аналогічний дослід зі шнуром 2. Результати вимірювань занесіть до табл. 2.

Таблица 2

## Опрацювання результатів експерименту

1. Визначте площину поперечного перерізу шнура 1:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \underline{\hspace{10cm}}.$$

2. Обчисліть для кожного досліду зі шнуром 1:

- 1) подовження  $\Delta l = l - l_0$  шнура:

\_\_\_\_\_

- 2) відносне подовження  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$  шнура:

\_\_\_\_\_

- 3) механічну напругу  $\sigma = \frac{F}{S}$ , що виникає в шнурі:

\_\_\_\_\_

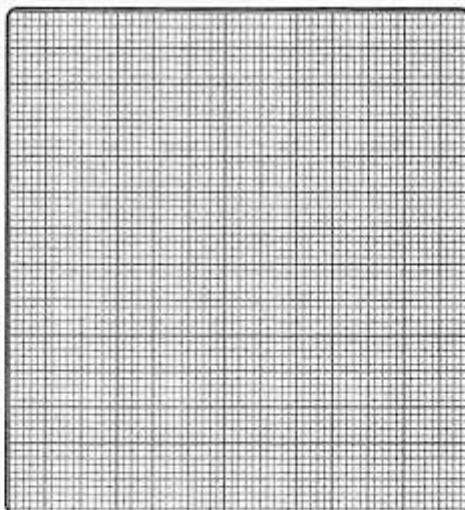
3. Результати обчислень занесіть до табл. 1.

4. Обчисліть середнє значення модуля Юнга гуми за результатами дослідів зі шнуром 1. Для цього:

- 1) побудуйте графік залежності  $\sigma(\varepsilon)$ ;

- 2) виравниши на графіку довільну точку, знайдіть відповідні значення механічної напруги  $\sigma$  та відносного подовження  $\varepsilon$  шнура 1. Використовуючи формулу  $E_{\text{sep}} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ , обчисліть середнє значення модуля Юнга гуми:

$$E_{\text{sep}1} = \underline{\hspace{10cm}}.$$



5. За допомогою графіка  $\sigma(\varepsilon)$  оцініть випадкову абсолютно похибку вимірювання модуля Юнга гуми (див. Додаток, с. 96).

$$E'_1 = \underline{\hspace{10cm}}, |E_{\text{sep}1} - E'_1| = \underline{\hspace{10cm}};$$

58

$$E_1'' = \text{_____} ; |E_{\text{sep}1} - E_1''| = \text{_____} ;$$

$$\Delta E_1 = \text{_____} .$$

6. Запишіть результат вимірювання модуля Юнга гуми для шнура 1 у вигляді:  $E_1 = E_{\text{sep}1} \pm \Delta E_1$ .

$$E_1 = \text{_____} .$$

7. Визначте середнє значення жорсткості виділеної ділянки шнура 1. Для цього:

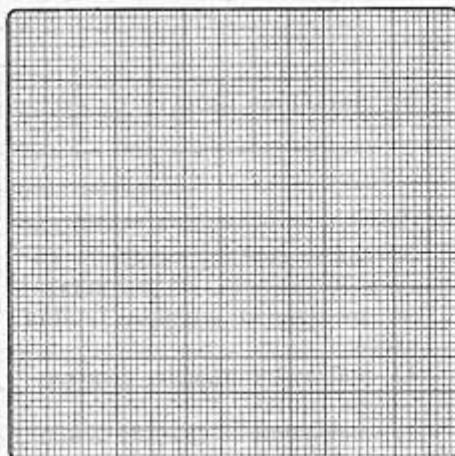
1) побудуйте графік залежності  $F(\Delta l)$ ;

2) за допомогою цього графіка визначте середнє значення

$$\text{жорсткості } k_{\text{sep}} = \frac{F}{\Delta l} \text{ виділеної ділянки шнура 1:}$$

$$k_{\text{sep}} = \text{_____}$$
  

$$\text{_____} .$$



8. Використовуючи графік  $F(\Delta l)$ , оцініть випадкову абсолютною похибку вимірювання жорсткості виділеної ділянки шнура 1:

$$k_1' = \text{_____} , |k_{\text{sep}1} - k_1'| = \text{_____} ;$$

$$k_1'' = \text{_____} , |k_{\text{sep}1} - k_1''| = \text{_____} ;$$

$$\Delta k_1 = \text{_____} .$$

9. Запишіть результат вимірювання жорсткості виділеної ділянки шнура 1 у вигляді:  $k_1 = k_{\text{sep}1} \pm \Delta k_1$ .

$$k_1 = \text{_____} .$$

10. Повторіть дії, описані в п. 1 і 2, зі шнуром 2. Результати обчислень занесіть до табл. 2.


11. Побудувавши графік залежності  $\sigma(\varepsilon)$  для шнура 2, визначте середнє значення модуля Юнга  $E_{\text{sep}2}$  гуми. За допомогою графіка оцініть випадкову абсолютнону похибку  $\Delta E_2$  вимірювання модуля Юнга. Запишіть результат вимірювання модуля Юнга гуми для шнура 2 у вигляді:  
 $E_2 = E_{\text{sep}2} \pm \Delta E_2$ .

що  $E_{\text{sep}2} = \underline{\hspace{10em}}$ ;

$$E'_2 = \underline{\hspace{10em}},$$

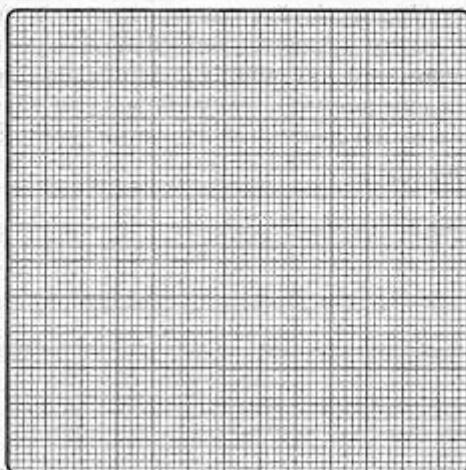
$$|E_{\text{sep}2} - E'_2| = \underline{\hspace{10em}};$$

$$E''_2 = \underline{\hspace{10em}},$$

$$|E_{\text{sep}2} - E''_2| = \underline{\hspace{10em}};$$

$$\Delta E_2 = \underline{\hspace{10em}};$$

$$E_2 = \underline{\hspace{10em}}.$$



12. Побудувавши графік залежності  $F(\Delta l)$  для шнура 2, визначте середнє значення жорсткості виділеної ділянки шнура 2. Використовуючи графік, оцініть випадкову абсолютну похибку  $\Delta k_2$  вимірювання жорсткості виділеної ділянки шнура 2. Запишіть результат вимірювання жорсткості виділеної ділянки шнура 2 у вигляді:

$$k_2 = k_{\text{sep} 2} \pm \Delta k_2.$$

$$k_{\text{sep} 2} = \underline{\hspace{100pt}};$$

$$k'_2 = \underline{\hspace{100pt}},$$

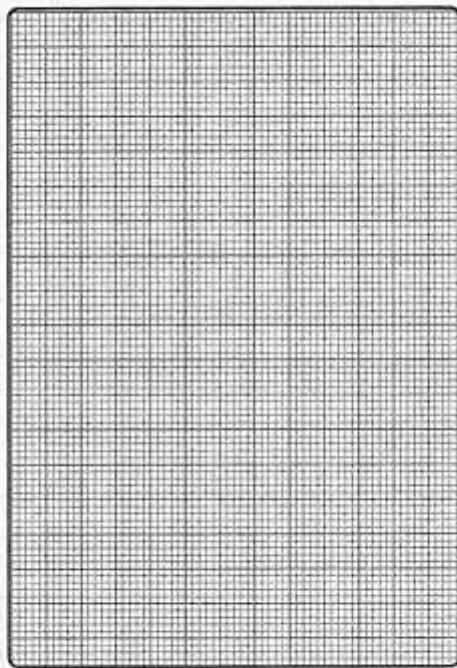
$$|k_{\text{sep} 2} - k'_2| = \underline{\hspace{100pt}};$$

$$k''_2 = \underline{\hspace{100pt}},$$

$$|k_{\text{sep} 2} - k''_2| = \underline{\hspace{100pt}};$$

$$\Delta k_2 = \underline{\hspace{100pt}};$$

$$k_2 = \underline{\hspace{100pt}}.$$



### Аналіз результатів експерименту

Проаналізуйте експеримент і його результати. Сформулюйте висновок, у якому зазначте: які фізичні величини ви вимірювали; які результати отримали; які співвідношення перевірили. Чи збігаються (у межах похибки вимірювань) значення модуля Юнга гуми, обчислені для гумових шнурів різної довжини? значення жорсткості виділених ділянок шнурів?

**Висновок.**   

---



---



---



---



---



---

## Контрольні запитання

1. Чи зміниться отримане в ході експерименту значення модуля Юнга, якщо для проведення експерименту взяти шнур із такої самої гуми, але з площею поперечного перерізу, вдвічі більшою? Якщо зміниться, то як? Відповідь обґрунтуйте.
- 
- 

2. Чому в проведених дослідах вимірюється подовження не всього гумового шнура, а лише його ділянки, обмеженої двома позначками?
- 
- 

### Творче завдання

Запропонуйте спосіб збільшення жорсткості гумового шнура, який ви використовували. Перевірте цей спосіб експериментально.

---



---

### Практична робота № 6

Дата

**Тема:** Визначення гальмівного шляху та коефіцієнта тертя ковзання.

**Мета:** виміряти гальмівний шлях і обчислити коефіцієнт тертя ковзання дерева по дереву, використовуючи закон збереження та перетворення енергії.

**Обладнання:** демонстраційний трибометр, брускі до демонстраційного трибометра, тягарець масою 100 г, рулетка з міліметровими поділками, динамометр, міцна нитка, нерухомий блок, олівець.

## Опис установки та методу вимірювання

Експериментальна установка складається з демонстраційного трибометра та нерухомого блоку\*, закріпленого на краю стола (рисунок). Через блок передкинуто нитку, один кінець якої прикріплений до тягарця масою  $m_1$ , а другий — до бруска трибометра масою  $m_2$ . Довжину нитки дібрано так, щоб у початковий момент відстань  $H$  від тягарця до підлоги становила приблизно половину довжини трибометра. Такий вибір довжини нитки дозволяє бруску продовжити рух по трибометру до повної зупинки вже після того, як тягарець у результаті падіння торкнеться підлоги. Гальмівний шлях  $l$ , пройдений при цьому бруском, вимірюють за допомогою рулетки.

Коефіцієнт тертя ковзання  $\mu$  визначають, використовуючи закон збереження та перетворення енергії. Закон слід записати для двох етапів руху бруска:

1) рух під дією ваги тягарця, що падає:

$$\frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = m_1 gH - \mu m_2 gH;$$

2) рух під дією сили тертя:  $\frac{m_2 v^2}{2} = \mu m_2 g l$ .

Звідси коефіцієнт тертя ковзання дорівнює:

$$\mu = \frac{m_1 H}{(m_1 + m_2)l + m_1 H},$$

де  $m_1$  — маса тягарця,  $m_2$  — маса бруска,  $H$  — шлях, пройдений тягарцем,  $l$  — гальмівний шлях, пройдений бруском.

Маса тягарця  $m_1$  в цьому експерименті відома, а масу бруска  $m_2$  визначають за допомогою динамометра. Пройдений тягарцем шлях  $H$  вимірюють за допомогою рулетки.

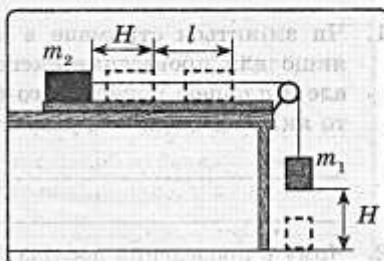
### Хід роботи

*Уважно прослухайте інструктаж учителя з безпеки життедіяльності та суверо дотримуйтесь правил безпеки під час виконання роботи.*

### Підготовка до експерименту

Зберіть установку, зображену на рисунку.

\* Якщо до комплекту трибометра входить прикріплений до нього блок, то додатковий нерухомий блок не потрібен.



### Експеримент

*Результати всіх вимірювань відразу ж заносьте до таблиці.*

1. За допомогою динамометра визначте масу  $m_2$  бруска.
2. Розташувавши брускок біля краю трибометра, поставте на трибометрі позначку 1 навпроти передньої грані бруска. Утримуючи брускок біля цієї позначки, з'єднайте його і тягарець ниткою такої довжини, щоб відстань від тягарця до підлоги дорівнювала приблизно половині довжини трибометра.
3. Виміряйте відстань  $H$  від тягарця до підлоги.
4. Поставте позначку 2 на відстані  $H$  від позначки 1.
5. Розташуйте брускок на трибометрі так, щоб його передня грань опинилася точно навпроти позначки 1, потім відпустіть, дозволивши брускок рухатися під дією ваги тягарця. Після зупинки бруска навпроти його передньої грані поставте позначку 3.
6. Виміряйте гальмівний шлях  $l$  бруска (відстань між позначками 2 і 3).
7. Повторіть дії, описані в п. 5 і 6, ще двічі.

Номер досліду	Маса тягарця $m_1$ , кг	Маса бруска $m_2$ , кг	Шлях $H$ , м	Гальмівний шлях $l$ , м	Коефіцієнт тертя ковзання $\mu$
1					
2					
3					

### Опрацювання результатів вимірювань

1. За результатами трьох дослідів знайдіть середнє значення гальмівного шляху:  $l_{\text{сер}} = \underline{\hspace{10em}}$ .
2. Визначте абсолютну похибку вимірювання гальмівного шляху  $\Delta l$ , враховуючи випадкову  $\Delta l_{\text{вип}}$  і систематичну (приладу)  $\Delta l_{\text{прил}}$  похибки вимірювання:

$$\Delta l_{\text{вип}} = \sqrt{\frac{(l_1 - l_{\text{сер}})^2 + (l_2 - l_{\text{сер}})^2 + (l_3 - l_{\text{сер}})^2}{3}} = \underline{\hspace{10em}},$$

$$\Delta l_{\text{прил}} = \underline{\hspace{10em}},$$

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_{\text{шип}}^2 + \Delta l_{\text{прил}}^2} = \quad ,$$

$$\Delta l = \quad .$$

3. Визначте відносну похибку вимірювання гальмівного шляху:

$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_{\text{сп}}} = \quad .$$

4. Запишіть результат вимірювання гальмівного шляху у вигляді:  $l = l_{\text{сп}} \pm \Delta l$ .

$$l = \quad .$$

5. Обчисліть коефіцієнт тертя ковзання за результатами трьох дослідів:

$$\mu_1 = \quad ;$$

$$\mu_2 = \quad ;$$

$$\mu_3 = \quad .$$

6. Знайдіть середнє значення коефіцієнта тертя ковзання:

$$\mu_{\text{ср}} = \quad .$$

7. Визначте відхилення значення коефіцієнта тертя ковзання  $\mu_{\text{ср}}$  дерева по дереву, отриманого в ході експерименту, від табличного значення  $\mu_{\text{табл}}$ :

$$\varepsilon_\mu = \left| 1 - \frac{\mu_{\text{ср}}}{\mu_{\text{табл}}} \right| \cdot 100 \% = \quad .$$

### Аналіз результатів експерименту

Проаналізуйте експеримент і його результати. Сформулюйте висновок, у якому зазначте: які величини ви вимірювали, якими є результати вимірювання; у чому причина похибки вимірювання; вимірювання якої величини дає найбільшу похибку.

**Висновок.** \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---

### Контрольні запитання

1. Які перетворення енергії відбувалися за інтервал часу, протягом якого рухався бруск?

---



---



---



---

2. Запропонуйте інший, відмінний від використаного в роботі, спосіб вимірювання шляху, пройденого тягарцем під час падіння.

---



---



---



---

### Творче завдання

Чи зміняться значення гальмівного шляху й коефіцієнта тертя ковзання, отримані вами в ході виконання роботи, якщо для експерименту взяти бруск більшої маси? Тягарець більшої маси? Якщо зміниться, то як? Перевірте своє припущення за допомогою експерименту, використовуючи набір тягарців і обладнання, запропоноване в роботі. Опишіть свої дії.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## Практична робота № 8

Дата

**Тема.** Дослідження коливань нитяного маятника.

**Мета роботи:** експериментально встановити характер залежності періоду коливань маятника від довжини його підвісу; підтвердити, що частота коливань нитяного маятника не залежить від маси тягарця й амплітуди коливань.

**Обладнання:** штатив із муфтою та лапкою, три невеликі металеві кульки різної маси, нитка, секундомір, вимірювальна стрічка або рулетка, лінійка, терези з важками.

### Опис установки та методу вимірювання

Для математичного маятника справедливо є формула Гюйгенса, за якою визначають період його коливань:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}},$$

де  $l$  — довжина підвісу маятника,  $g$  — прискорення вільного падіння (прискорення, створюване силою тяжіння в місці спостереження). Математичний маятник є моделлю нитяного маятника, дослідження коливань якого проводитиметься в цій роботі.

З формули Гюйгенса випливає, що при незмінному прискоренні вільного падіння період коливань математичного маятника визначається довжиною його підвісу ( $T = \sqrt{l}$ ) і не залежить від амплітуди коливань і маси тягарця.

У запропонованій роботі необхідно експериментально довести наведене твердження. Для цього проводять серію дослідів, у кожному з яких, змінюючи один параметр і фіксуючи два інші, вимірюють за допомогою секундоміра період коливань маятника. Потім, проаналізувавши отримані результати й побудувавши графік залежності  $T^2(l)$ , формулюють відповідні висновки.

Роботу виконують на установці, що складається з лабораторного штатива, до кільца якого на довгій нитці підвішено кульку (див. Лабораторну роботу № 8). Довжину підвісу маятника вимірюють рулеткою, масу — на терезах, а амплітуду коливань оцінюють за допомогою лінійки.

### Хід роботи

*Уважно прослухайте інструктараж учителя з безпеки життєдіяльності та суворо дотримуйтесь правил безпеки під час виконання роботи.*

### Підготовка до експерименту

1. Виміряйте за допомогою терезів масу однієї з кульок. Результат вимірювання занесіть до табл. 1.
2. Установивши на краю стола штатив, за допомогою муфти закріпіть на ньому кільце. Прикріпіть кульку до нитки й підвісьте її на кільці так, щоб довжина підвісу маятника становила 1,2 м.
3. Покладіть на підлогу під маятником лінійку.
4. Пересуваючи муфту уздовж штатива, установіть її на такій висоті, щоб кулька маятника перебувала на відстані 2–3 см від лінійки.

### Експеримент

*Результати вимірювань відразу ж заносьте до відповідної таблиці.*

#### 1. Дослідження залежності періоду коливань маятника від амплітуди його коливань

- 1.1. Відхиляйте маятник на відстань 4–5 см від положення рівноваги й відпустіть його.

Виміряйте час, за який маятник здійснить 20 коливань; визначте за формулою  $T = \frac{\Delta t}{N}$  період коливань:

$$T_1 = \underline{\hspace{10em}}$$

1.2. Повторіть дії, описані в п. 1.1, збільшивши амплітуду коливань спочатку до 9–10 см, а потім — до 14–15 см. Обчисліть  $T_2$ ,  $T_3$ :

$$T_2 = \underline{\hspace{10em}} ; T_3 = \underline{\hspace{10em}}$$

1.3. Результати обчислень занесіть до табл. 1.

Таблиця 1

Номер досліду	Маса тягарця $m$ , г	Довжина підвісу $l$ , м	Амплітуда коливань $A$ , см	Кількість коливань $N$	Час коливань $\Delta t$ , с	Період коливань $T$ , с
1						
2						
3						

### 2. Дослідження залежності періоду коливань маятника від маси тягарця

2.1. Перенесіть із табл. 1 до табл. 2 результати досліду 1.

2.2. Визначте за допомогою терезів маси другої й третьої кульок.

2.3. Виготовте два маятники з довжиною підвісу 1,2 м, використовуючи як тягарці другу й третю кульки. Повторіть із кожним з них дії, описані в п. 1.1. Обчисліть  $T_4$ ,  $T_5$ :

$$T_4 = \underline{\hspace{10em}} ; T_5 = \underline{\hspace{10em}}$$

2.4. Результати обчислень занесіть до табл. 2.

Таблиця 2

Номер досліду	Амплітуда коливань $A$ , см	Довжина підвісу $l$ , м	Маса тягарця $m$ , г	Кількість коливань $N$	Час коливань $\Delta t$ , с	Період коливань $T$ , с
1						
4						
5						

**3. Дослідження характеру залежності періоду коливань маятника від довжини його підвісу**

3.1. Перенесіть із табл. 1 до табл. 3 результати досліду 1.

3.2. Використовуючи як тягарець першу кульку й послідовно зменшуючи довжину підвісу спочатку до 1 м, потім — до 0,64 м і, нарешті, до 0,25 м, повторіть дії, описані в п. 1. Обчисліть  $T_6$ ,  $T_7$ ,  $T_8$ :

$$T_6 = \underline{\hspace{10em}} ;$$

$$T_7 = \underline{\hspace{10em}} ;$$

$$T_8 = \underline{\hspace{10em}} .$$

3.3. Результати обчислень занесіть до табл. 3.

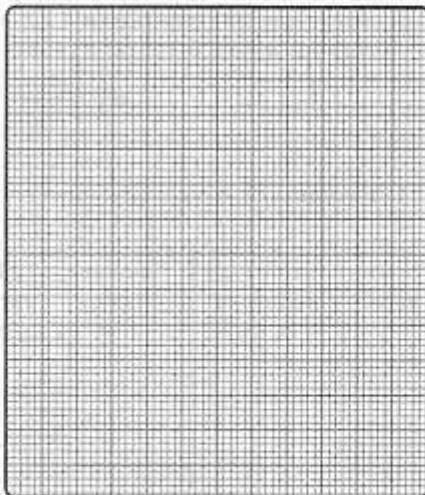
**Таблиця 3**

Номер досліду	Амплітуда коливань $A$ , см	Маса тягарця $m$ , г	Довжина підвісу $l$ , м	Кількість коливань $N$	Час коливань $\Delta t$ , с	Період коливань $T$ , с	Квадрат періоду коливань, $T^2$ , с <sup>2</sup>
1							
6							
7							
8							

3.4. Обчисливши для кожного досліду квадрат періоду коливань маятника, побудуйте графік залежності  $T^2(l)$ .

**Аналіз результатів експерименту**

Проаналізуйте експеримент і його результати. Сформулюйте висновок, у якому зазначте, чи залежить період коливань нитяного маятника від амплітуди його коливань, маси тягарця, довжини підвісу, і якщо залежить, то яким є характер залежності; запишіть чинники, що впливають на точність проведених вимірювань.



**Висновок.**

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

**Контрольні запитання**

- Чи зміняться результати проведеного експерименту, якщо амплітуду коливань маятника збільшити у 8–10 разів? Відповідь обґрунтуйте.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

- Чи вплине на результати експерименту використання замість тягарця м'ячика для пінг-понгу? Відповідь обґрунтуйте.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

**Творче завдання**

Запропонуйте спосіб визначення площин поверхні учнівського стола за допомогою котушки ниток і секундоміра. Проведіть відповідний експеримент. Порівняйте результати експерименту з результатами вимірювань, виконаних за допомогою рулетки.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

Ми вивчали закономірності руху маятника та зробили висновок, що він коливається з постійною амплітудою.

## Практична робота № 12

Дата

**Тема.** Визначення поверхневого натягу рідини.**Мета:** визначити поверхневий натяг води.**Обладнання:** штангенциркуль, клин вимірювальний, склянка з дистильованою водою, медичний шприц об'ємом 5 мл.**Опис методу вимірювання**

У цій роботі пропонується визначити поверхневий натяг води методом відризу крапель\*. Сутність методу полягає в такому.

Внаслідок повільного витікання рідини з тонкої вертикальної трубки на її кінці утворюється крапля. На краплю діють дві сили: сила тяжіння  $F_{\text{тж}}$ , направлена вертикально вниз, і сила поверхневого натягу  $F_{\text{пов}}$ , що діє уздовж кола шийки краплі й направлена вертикально вгору, яка перешкоджає відризу краплі (рисунок). У той момент, коли сила тяжіння, що діє на краплю, дорівнюватиме за модулем силі поверхневого натягу, крапля відриветься.

Таким чином, відриз краплі відбувається за умови:

$$F_{\text{тж}} = F_{\text{пов}}, \text{ або } m_0 g = \pi d \sigma,$$

де  $m_0$  — маса однієї краплі в момент відризу,  $d$  — внутрішній діаметр трубки,  $\sigma$  — поверхневий натяг рідини.

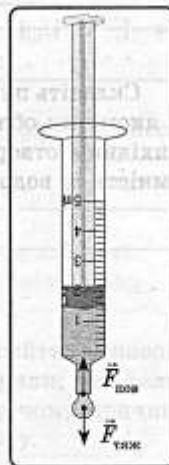
Масу краплі можна визначити за формулою

$$m_0 = V_0 \rho = \frac{V_0 \rho}{n},$$

де  $V$  — об'єм рідини, що витікла,  $n$  — кількість крапель,  $\rho$  — густина рідини.

Отже, вимірювши внутрішній діаметр  $d$  трубки та порахувавши кількість крапель  $n$ , що утворюються під час витікання досліджуваної рідини об'ємом  $V$ , можна обчислити значення поверхневого натягу рідини:

$$\sigma = \frac{V_0 \rho g}{n \pi d}.$$



\* Описуваний метод називають також методом лічби крапель або сталагмометричним методом.

під час виконання роботи. Уважно дискутируючи з учителем, ви можете отримати допомогу та підказки.

## Хід роботи

**Уважно прослухайте інструктаж учителя з безпеки життєдіяльності та суворо дотримуйтесь правил безпеки під час виконання роботи.**

### Експеримент

**Результати вимірювань відразу ж заносьте до таблиці.**

- Визначте за допомогою вимірювального клина\* і штангенциркуля внутрішній діаметр вихідного отвору шприца.
- Наберіть у шприц 5 мл води. Тримаючи шприц вертикально й обережно натискаючи на його поршень, спостерігайте за процесом утворення й відриву краплі. Запишіть свої спостереження й нарисуйте краплю на різних етапах її формування й відриву.

Для запису результатів експерименту

- Рахуючи краплі, накапайте в склянку воду об'ємом 4 мл.

У момент відриву краплі **не струшуйте шприц!** Намагайтесь якомога обережніше натискати на поршень, щоб відрив краплі відбувався під її власною вагою.

\* Якщо вимірювальний клин відсутній, його можна замінити, наприклад, зубочисткою.

4. Повторіть дослід, описаний у п. 3, ще двічі, щоразу наповнюючи шприц водою перед початком досліду.

Номер досліду	Діаметр отвору $d, \times 10^{-3}$ м	Об'єм води $V, \times 10^{-6}$ м <sup>3</sup>	Кількість крапель $n$	Середня кількість крапель $n_{\text{ср}}$	Середнє значення поверхневого натягу $\sigma_{\text{ср}}, \times 10^{-3}$ Н/м
1					
2					
3					

### Опрацювання результатів вимірювань

Результати обчислень відразу ж заносять до таблиці.

1. За результатами трьох дослідів знайдіть середню кількість крапель:

$$n_{\text{ср}} = \underline{\hspace{150pt}}$$

2. Обчисліть середнє значення поверхневого натягу води:

$$\sigma_{\text{ср}} = \frac{V \rho g}{n_{\text{ср}} \pi d} = \underline{\hspace{150pt}}$$

3. Знайдіть відхилення значення поверхневого натягу  $\sigma$  води, отриманого в ході експерименту, від табличного значення  $\sigma_{\text{табл}}$ :

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{\sigma_{\text{ср}}}{\sigma_{\text{табл}}} \right| \cdot 100 \% = \underline{\hspace{150pt}}$$

### Аналіз результатів експерименту

Проаналізуйте експеримент і його результати. Сформулюйте висновок, у якому зазначте: яку величину ви вимірювали; яким є результат вимірювання; у чому причина похибки вимірювання; вимірювання якої величини дає найбільшу похибку.

---



---



---



---

### Контрольні запитання

1. Чому в момент відриву краплі шприц не можна струшувати?

2. Як вплинуло б на точність проведеного експерименту зменшення діаметра вихідного отвору шприца? Відповідь обґрунтуйте.

### Творче завдання

Запропонуйте метод визначення поверхневого натягу рідини, відмінний від використаного в роботі. Проведіть відповідний експеримент. Порівняйте результати, отримані при визначенні поверхневого натягу рідини різними методами.

Відповідь

Варіант

102.02

102.03

102.04

102.05

102.06

102.07

102.1

102.2

102.3

102.4

102.5

102.6

102.7

Індивідуальний

Індивідуальний

Індивідуальний

Індивідуальний

Індивідуальний

Індивідуальний

Індивідуальний

1

2

3

4

5

6

7