

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

З ДИСЦИПЛІНИ «ФІЗИКА»

ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Запоріжжя
2024

Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів денної форми навчання спеціальності 132 «Матеріалознавство» / Укл.: Людмила ГУЛЯЄВА, Тетяна ТАТАРЧУК, Михайло ПРАВДА Станіслав СЕЙДАМЕТОВ — Запоріжжя, НУ «Запорізька політехніка», 2024. — 69 с.

Експерт спеціальності	Віра САВЧЕНКО, доцент, к. тех. н.
Рецензент	Валерій КУРБАЦЬКИЙ, доцент, к. ф.-м. н.
Відповідальний за випуск	Людмила ГУЛЯЄВА, доцент, к. пед. н.

Рекомендовано до видання НМК факультету БАД НУ «Запорізька політехніка»
Протокол № 1 від 30.08.2024

Затверджено на засіданні кафедри «Фізики»
Протокол № 8 від 20.08.2024

ЗМІСТ

Вступ 4

Лабораторна робота №1 Визначення густини тіла.....	6
Лабораторна робота №2 Дослідження абсолютно непружного удару тіл	17
Лабораторна робота №3 Дослідження закону обертального руху...	25
Лабораторна робота №4 Дослідження руху тіла в рідині	31
Лабораторна робота №5 Дослідження температурної залежності електропровідності твердих тіл.....	39
Лабораторна робота №6 Вивчення ефекту Холла у напівпровідниках.....	46
Лабораторна робота №7 Дослідження явищ інтерференції та дифракції світла.....	60
Література	68

ВСТУП

Дані методичні рекомендації до лабораторних робіт складені для здобувачів вищої освіти денної форми навчання спеціальності 132 «Матеріалознавство» відповідно до навчального плану з дисципліни «Фізика» в умовах офлайн та онлайн навчання.

Методичні рекомендації призначені для формування у здобувачів вищої освіти компетентностей, базових фізичних знань, практичних умінь, навичок, які є необхідними у підготовці фахівців в умовах освітньої діяльності даної галузі знань.

Наявні методичні матеріали містять наступні рубрики.

Теоретична частина. В теоретичній частині стисло подані теоретичні відомості згідно теми лабораторної роботи. Успішному виконанню практичної частини навчального плану здобувачами вищої освіти сприяє попередня самостійна підготовка щодо опанування відповідними теоретичними знаннями згідно теми дослідження. Відомо, що повне уявлення про фізико-технічні знання будь-якої предметної області галузі знань створюється в результаті опрацювання навчальної, технічної літератури, різноманітних джерел інформації. Відповідна самостійна робота сприяє формуванню у майбутніх інженерів формуванню здатності щодо можливості застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки своєї професійної діяльності.

Для створення уявлення про обладнання, розуміння та уміння пояснювати принцип дії простих пристроїв, механізмів та вимірювальних приладів з фізичної точки зору студенти за фотографіями можуть ознайомитись з кафедральним лабораторним обладнанням, що особливо важливо в умовах дистанційного навчання.

Порядок виконання роботи. Інформація про порядок виконання роботи надасть можливість студентам виконати лабораторну роботу в умовах офлайн та онлайн навчання.

Для використання у професійній діяльності експериментальних методів дослідження фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних властивостей матеріалів на заняттях велика увага приділяється удосконаленню навичок проведення

експерименту, аналізу графіків залежностей між фізичними величинами, обробки результатів лабораторного дослідження, аналізу результатів лабораторного дослідження за допомогою табличних редакторів на комп'ютері.

Зміст звіту. Номер, назва роботи. Мета роботи, обладнання. Порядок виконання лабораторної роботи.. Таблиці з вимірними та розрахованими даними. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин. Висновки згідно результату виконаної роботи. Одиниці вимірювання фізичних величин, які розглядаються в даних лабораторних роботах необхідно записати в СІ.

Рекомендації до оформлення звіту до лабораторної роботи нададуть можливість здобувачам вищої освіти вдосконалювати навички щодо підведення підсумків своєї діяльності;

Дати відповіді на теоретичні запитання. Навчальна діяльність надасть в певній мірі студентам системізувати фізичні знання, а у подальшому використовувати знання з курсу фізики при вивченні відповідних дисциплін за фахом тощо.

Додаток А - завдання для дистанційного навчання. Необхідний варіант студент обирає за останньою цифрою своєї залікової книжки.

Під час заняття студенти проводять необхідні виміри, виконують розрахунки, доводять звіт до висновку. У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовують експериментальні дані із додатків відповідних варіантів, комп'ютерних симуляцій. Результати вимірювання обговорюються з викладачем і затверджуються.

ОЦІНЮВАННЯ. Лабораторна робота вважається виконаною після успішно проведеного захисту шляхом співбесіди студента з викладачем (захист звіту + оцінка за теоретичний матеріал).

Захист звіту: мета роботи + експериментальна методика + висновки. Теоретичний матеріал: знання фізичних явищ, які вивчалися у даній лабораторній роботі (закони, формули).

Практична робота розрахована на дві академічні години занять в умовах онлайн або офлайн навчання студентів.

Укладачі методичних розробок висловлюють велику подяку професорам, доцентам, старшим викладачам, лаборантам кафедри фізики за розробку лабораторних робіт, підготовку експериментального обладнання в попередні роки освітнього процесу у НУ «Запорізька політехніка».

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Визначення густини тіла

Мета роботи:

- Ознайомлення з процедурою побудови довірчого інтервалу знайти густину металевого тіла графічним -та аналітичним методами за відомою масою та за вимірюваними лінійними розмірами тіла; побудови довірчій інтервал;

- отримане значення густини тіла порівняти з довідковим і визначити матеріал, з якого виготовлене тіло.

Обладнання: штангенциркуль, металеві тіла.

Відео до роботи. «Як користуватись штангенциркулем»

<https://www.youtube.com/watch?v=II0xpdFWfng>

Теоретична частина

Завдання для самостійної роботи студентів

Завдання 1. Дати відповіді на питання.

1. Що означає дія «виміряти фізичну величину»?
2. В чому полягає відмінність прямих та непрямих вимірювань фізико-технічних величин?
3. Які існують похибки вимірювань? В чому полягає їх відмінність?
4. Що розуміють під терміном «абсолютна похибка вимірювання»? Як її позначають?
5. Що визначає величина інтервал, у межах якого з певною ймовірністю знаходиться істинне значення вимірюваної величини?
6. Доповнити фразу «відносною похибкою вимірювання називають_____». За якою формулою її обчислюють?
7. Чи можна визначити істинне значення фізичної величини? Чому?
8. Який інтервал називають довірчим інтервалом? Як його побудувати? Пояснити термін «півширина довірчого інтервалу».
9. Які існують похибки засобів вимірювання?
10. Які існують правила для запису результату вимірювань?

11. В чому полягає графічний та аналітичний методи опрацювання результатів вимірювання фізико-технічних величин?

Завдання 2. Теоретичне обґрунтування застосування графічного та аналітичного методів для визначення густини тіла правильної геометричної форми та опрацювання результатів дослідження.

Пригадаємо деякі теоретичні відомості про густину тіла правильної геометричної форми

Густину однорідного тіла визначають за відомою формулою

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

де m – маса тіла, V – об'єм тіла.

Об'єм паралелепіпеда

$$V = abc,$$

де a, b, c – довжини трьох його ребер.

Об'єм циліндра

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4},$$

де $\pi = 3,14$, d – діаметр, h – висота циліндра.

А тепер необхідно рівняння для обчислення густини паралелепіпеда, циліндра звести до лінійної залежності типу $y = b + kx$. Записати значення допоміжних величин x, y, k, b (див.табл.1.)

Таблиця 1 – Допоміжні величини

Паралелепіпед			
$x =$	$y =$	$k =$	$b =$
Циліндр			
$x =$	$y =$	$k =$	$b =$

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з правилами вимірювання лінійних розмірів тіл за допомогою штангенциркуля. Для цього Вам необхідно подивитись відео «Як користуватись штангенциркулем» за посиланням <https://www.youtube.com/watch?v=I1OxpdFWfng>

2. Виміряти та записати розміри тіл правильної геометричної форми до таблиці.

Зуваження!!! У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовуйте експериментальні дані із – додатку А1_1. «Варіанти завдань для дистанційного навчання», – додатку А1_2 «Фотографії тіл правильної геометричної форми». До таблиці відповідно до Вашого варіанту записати числові значення лінійних розмірів досліджуваних тіл: паралелепіпеда або циліндра.

Таблиця 2 – Паралелепіпед

№ п/п	Варіант	Вимірювана величина			
		$m, \text{г}$	$a, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$c, \text{мм}$
1		61,5			
2		105			
3		195			
4		279			
5		325			

Таблиця 3 – Циліндр.

№ п/п	Варіант	Вимірювана величина		
		$m, \text{г}$	$d, \text{мм}$	$h, \text{мм}$
1		90		
2		113		
3		145		
4		150		
5		260		

3. Опрацювати результати експерименту графічним та аналітичним методами за відомою масою та за вимірюваними лінійними розмірами тіла. Використовуйте табличні редактори на

комп'ютері.

4. Отримане значення густини тіла порівняти з довідковим і визначити матеріал, з якого виготовлене тіло.

5. Записати висновок.

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне дослідження щодо визначення _____

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання _____ методом дало наступну відповідь $\rho = \bar{\rho} \pm \Delta\rho =$ _____.

Відносна похибка проведених вимірювань дорівнює _____%.

Матеріал зразка _____.

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з виміряними та розрахованими даними.
5. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин.
6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин, які розглядаються в даній лабораторній роботі записати в СІ.

Додаток А1_1. Варіанти завдань для дистанційного навчання

Таблиця Додаток А1_1– Варіанти завдань до лабораторної роботи 1

Варіант №1	паралелепіпед	№ п/п	m, г	a, мм	b, мм	c, мм
		1	62,5			
2	195					
3	232					
4	279					
5	325					

Варіант №2	паралелепіпед	№ п/п	м, г	а, мм	б, мм	с, мм
		1	61,5			
		2	105			
		3	195			
		4	279			
		5	325			
Варіант №3	паралелепіпед	№ п/п	м, г	а, мм	б, мм	с, мм
		1	62,5			
		2	186			
		3	232			
		4	320			
		5	455			
Варіант №4	паралелепіпед	№ п/п	м, г	а, мм	б, мм	с, мм
		1	61,5			
		2	105			
		3	195			
		4	279			
		5	325			
Варіант №5	паралелепіпед	№ п/п	м, г	а, мм	б, мм	с, мм
		1	62,5			
		2	186			
		3	232			
		4	320			
		5	455			
Варіант №6	циліндр	№ п/п	м, г	d, мм	h, мм	
		1	90			
		2	113			
		3	145			
		4	150			
		5	260			
Варіант №7	циліндр	№ п/п	м, г	d, мм	h, мм	
		1	96			
		2	113			
		3	149,4			
		4	155			
		5	490			

Варіант №8	циліндр	№ п/п	м, г	d, мм	h, мм
		1	90		
		2	113		
		3	145		
		4	155		
		5	490		
Варіант №9	циліндр	№ п/п	м, г	d, мм	h, мм
		1	90		
		2	123		
		3	150		
		4	155		
		5	490		
Варіант №10	циліндр	№ п/п	м, г	d, мм	h, мм
		1	96		
		2	123		
		3	145		
		4	149,4		
		5	260		

**Додаток А1_2. Завдання задля дистанційного навчання
«Фотографії тіл правильної геометричної форми»**



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5

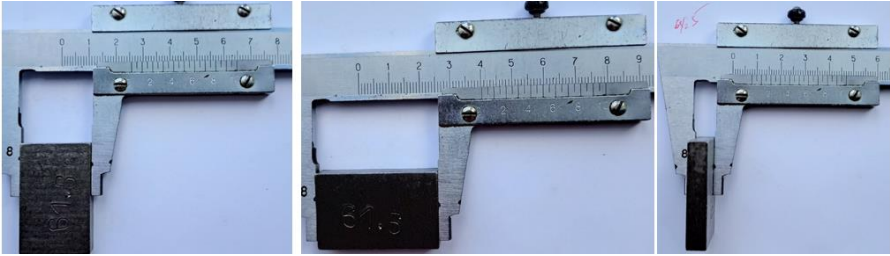


Рисунок 6



Рисунок 7



Рисунок 8



Рисунок 9

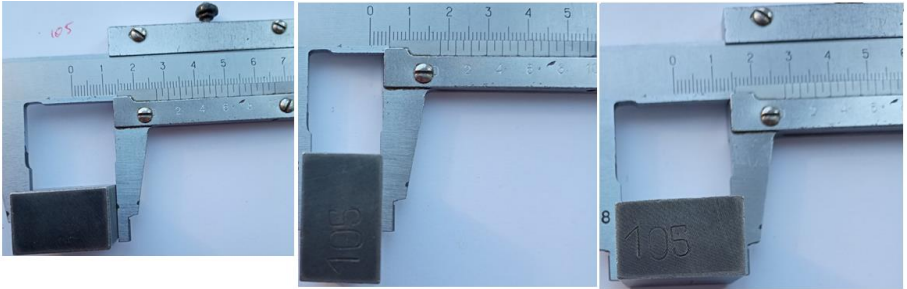


Рисунок 10

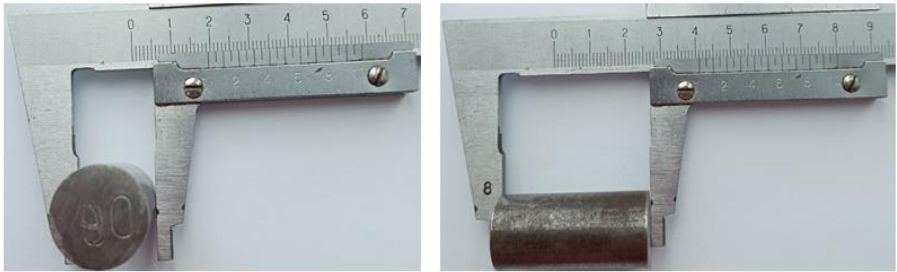


Рисунок 11



Рисунок 12



Рисунок 13



Рисунок 14

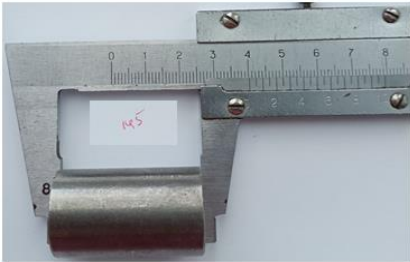


Рисунок 15



Рисунок 16



Рисунок 17

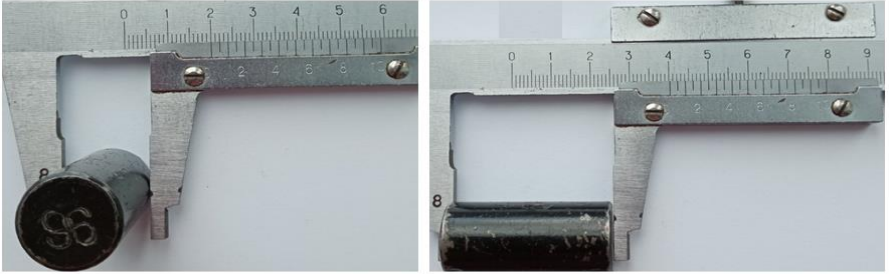


Рисунок 18

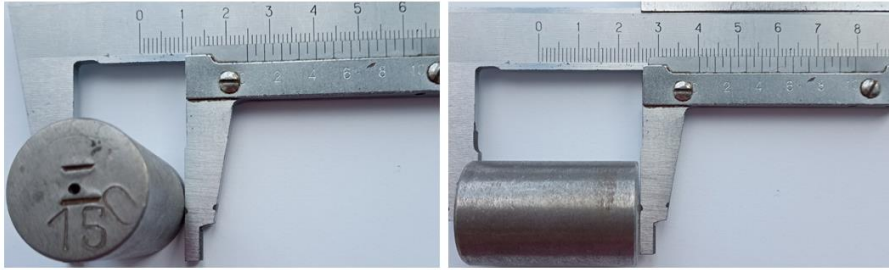


Рисунок 19



Рисунок 20

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Дослідження абсолютно непружного удару тіл

Мета:

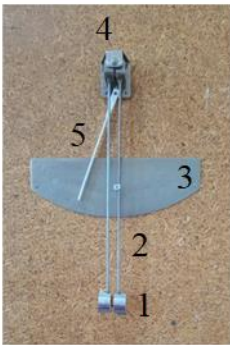
- навчитись визначати частину початкової енергії, яка витрачається під час абсолютно непружного удару тіл;
- усвідомити майбутніми інженерами закономірностей абсолютно непружного удару тіл,
- навчитись опрацьовувати результати експерименту графічним методом.

Обладнання: два металевих циліндри, які підвішені на легких стрижнях, кутова шкала.

Теоретичні відомості

Для виконання лабораторної роботи згідно теми дослідження будемо використовувати кафедральну лабораторну установку (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Кафедральна лабораторна установка

	<p>1 - два тіла масами m, 2 - два легких стрижня довжиною l кожний, до яких прикріплені тіла масами m, 3 - кутова шкала для вимірювання кутів відхилення стрижнів від положення рівноваги, 4- підвіс для тягарців 5 – стрижень для відліку кутів.</p>
--	--

А тепер стисло розглянемо деякі теоретичні відомості про абсолютно непружний удар тіл.

Абсолютно непружний удар – це зіткнення, після якого тіла рухаються, як одне ціле, або знаходиться у стані спокою. Абсолютно пружний удар – це зіткнення, під час якого кінетична енергія до та після удару зберігається.

При абсолютно непружному ударі інваріантом є повний імпульс системи тіл, а при абсолютно пружному ударі інваріантом є повний імпульс та повна енергія системи тіл. Під час абсолютно непружного удару тіл частина початкової енергії витрачається на збільшення внутрішньої енергії.

А тепер з'ясуємо, яка частина енергії переходить у внутрішню енергію під час абсолютно непружного удару тіл (див. рис. 2). На рисунку 2 зображено відхилення лівого стрижня з тягарцем масою m на кут α від положення рівноваги на висоту H .

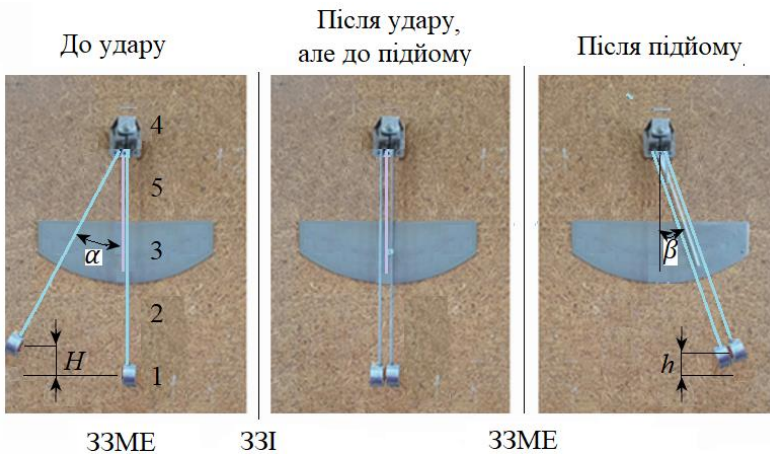


Рисунок 2 – Застосовуй '33МЕ та ЗЗІ

На підставі 33МЕ можна записати формулу для визначення швидкості лівого тягарця в момент його абсолютно непружного удару з правим тягарцем

$$E_{\text{п.поч.лів}} + E_{\text{к.поч.лів}} = E_{\text{п.кінц.лів}} + E_{\text{к.кінц.лів}} \quad \Rightarrow \quad v_{\text{лів.}} = \sqrt{2gH}.$$

Розглянемо момент абсолютно непружного удару лівого тягарця з правим тягарцем та визначимо на підставі ЗЗІ швидкість двох тягарців після абсолютно непружного удару

$$m\vec{v}_{\text{лів.}} + m\vec{v}_{\text{прав.}} = 2m\vec{U} \quad \Rightarrow \quad U = \frac{v_{\text{лів.}}}{2} = \frac{\sqrt{2gH}}{2}$$

Для моменту положення тягарців після абсолютно непружного удару застосуємо знову ЗЗМЕ та запишемо формулу для визначення висоти підйому тягарців після абсолютно непружного удару

$$E_{\text{п.поч.заг.}} + E_{\text{к.поч.заг.}} = E_{\text{п.кінц.заг.}} + E_{\text{к.кінц.заг.}} \Rightarrow$$

$$0 + \frac{2mU^2}{2} = 2mgh \Rightarrow H = 4h.$$

Отже, частина енергії, яка витрачається під час абсолютно непружного удару тіл дорівнює

$$\gamma = \frac{|\Delta E|}{E_{\text{початкова}}} = \frac{E_{\text{початкова}} - E_{\text{кінцева}}}{E_{\text{початкова}}} = \frac{mg(H - 2h)}{mgH} = 1 - \frac{2h}{H},$$

$$\gamma = 1 - 2 \left(\frac{\sin\beta/2}{\sin\alpha/2} \right)^2$$

Порядок виконання роботи

Зуваження!!! У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовуйте експериментальні дані із додатку А2 відповідно до Вашого варіанту

1. Відхилити один із тягарців на певний кут α , записати його значення до таблиці 2, а потім відпустити цей тягарець та спостерігати абсолютно непружний удар тіл.

Таблиця 2 -. Експериментальні дані щодо визначення енергії, яка втрачається під час абсолютно непружного удару тіл

№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
1			
...			
10			

2. За кутовою шкалою для вимірювання кутів відхилення

стрижнів від положення рівноваги записати до таблиці 2 значення кута відхилення ($\beta_{\text{експер.}}$) стрижнів з тягарцями після абсолютно непружного удару двох тягарців.

3. Дослід повторити ще 9 разів, результати експерименту занести до таблиці 2.

4. Перевірити достовірність проведеного експерименту шляхом порівняння значень експериментального ($\beta_{\text{експер.}}$) та теоретичного значень кутів відхилення ($\beta_{\text{теорет.}}$) стрижнів з тягарцями після абсолютно непружного удару двох тіл.

$$\beta_{\text{теор.}} = \arccos \frac{3 + \cos \alpha}{4}.$$

5. Результат обчислень теоретичних значень кутів відхилення ($\beta_{\text{теорет.}}$) стрижнів з тягарцями після абсолютно непружного удару двох тіл, значень допоміжних величин щодо визначення частини енергії, що втрачається під час абсолютно непружного удару тіл подати до таблиці 1.

6. Опрацювати результати експерименту щодо визначення енергії, яка втрачається під час абсолютно непружного удару тіл графічним методом Використовуйте табличні редактори на комп'ютері.

7. Записати висновок.

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне дослідження щодо визначення _____

_____ ,
яка перепадає у _____

_____ під час _____

_____ двох тіл однакової маси.

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання геометричним методом дала наступну відповідь $\gamma = \bar{\gamma} \pm \Delta\gamma =$ _____.

Відносна похибка проведених вимірювань дорівнює _____ %.

Дати відповіді на теоретичні запитання

1. Який удар називають абсолютно непружним ударом?
2. Який удар називають абсолютно пружним ударом?
3. Які величини є інваріантами під час зіткнення тіл?
4. Які закони використовують для дослідження абсолютно непружного удару та абсолютно пружного удару тіл?
5. На що може витратиться частина енергії тіл під час абсолютно непружного удару тіл? Навести приклади.
6. За якою формулою розраховують частину початкової енергії, яка перешла у внутрішню енергію?

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з вимірними та розрахованими даними.
5. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин.
6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин записати в СІ.

Додаток А2. Завдання для дистанційного навчання

Таблиця Додаток А2 - Експериментальні дані щодо визначення енергії, яка втрачається під час абсолютно непружного удару тіл

Варіант №1	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	41	20	
	2	38	19	
	3	34	17	
	4	31	16	
	5	29	15	
	6	27	13	
	7	24	12	
	8	21	10	
	9	18	9	
	10	15	8	

Варіант №2	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	α	$\beta_{\text{експер.}}$	
	2	42	21	
	3	37	18	
	4	32	16	
	5	27	13	
	6	22	11	
	7	17	8	
	8	12	7	
	9	10	5	
10	8	4		
Варіант №3	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	45	22	
	2	41	21	
	3	37	18	
	4	33	16	
	5	29	15	
	6	25	12	
	7	21	11	
	8	17	8	
	9	13	7	
10	9	4		
Варіант №4	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	40	19	
	2	36	17	
	3	32	15	
	4	28	13	
	5	24	12	
	6	20	10	
	7	16	8	
	8	12	7	
	9	8	4	
10	42	29		

Варіант №5	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	45	22	
	2	40	19	
	3	35	17	
	4	30	15	
	5	25	13	
	6	20	12	
	7	15	10	
	8	10	8	
	9	5	7	
	10	2	4	
Варіант №6	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	41	21	
	2	39	19	
	3	37	18	
	4	35	17	
	5	33	16	
	6	31	15	
	7	27	13	
	8	25	12	
	9	22	11	
	10	20	9	
Варіант №7	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	45	22	
	2	40	19	
	3	35	17	
	4	30	15	
	5	25	13	
	6	20	12	
	7	15	10	
	8	10	8	
	9	5	7	
	10	2	4	

Варіант №8	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	42	21	
	2	37	18	
	3	32	16	
	4	27	13	
	5	22	11	
	6	17	8	
	7	12	7	
	8	10	5	
	9	8	4	
10	6	3		
Варіант №9	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	41	21	
	2	37	19	
	3	33	16	
	4	29	14	
	5	25	12	
	6	21	11	
	7	17	8	
	8	13	5	
	9	9	4	
10	5	3		
Варіант №10	№п/п	α	$\beta_{\text{експер.}}$	$\beta_{\text{теор.}}$
	1	40	20	
	2	36	18	
	3	32	16	
	4	28	14	
	5	24	11	
	6	20	10	
	7	16	8	
	8	12	7	
	9	8	4	
10	4	2		

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Дослідження закону обертового руху

Мета:

- визначити момент інерції та момент сили тертя;
- навчитись опрацьовувати результати експерименту графічним методом,


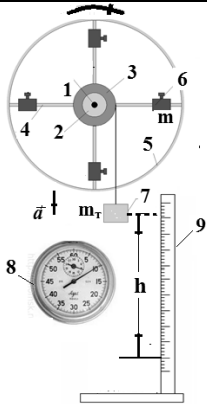
Обладнання: маятник Обербека, секундомер, штангенциркуль.

Теоретичні відомості

Маятник Обербека призначений для дослідження закономірностей обертового руху твердого тіла навколо нерухомої осі.

Пояснення щодо позначень, які характеризують маятник Обербека подано на рисунках 1а, 1б. Маятник Обербека) являє собою тіло у вигляді легкої хрестовини.

Таблиця 1 - «Маятник Обербека»

 <p style="text-align: center;">Рисунок 1а</p>	 <p style="text-align: center;">Рисунок 1б</p>	<p>1 - вісь обертання, 2 - втулка, 3 - шків; 4 - хрестовина, 5 - обруч, 6 - вантажі однакової маси, 7 - вантаж на нитці, 8 - секундомір, 9 - лінійка</p>
--	--	--

На чотирьох стрижнях хрестовини симетрично закріплені масивні тягарці рівної маси (m). Відстань тягарців від горизонтальної осі обертання можна змінювати. Чотири стрижні закріплені на втулці.

Втулка переходить у шків з різними радіусами, на які можна намотувати нитку. До вільного кінця нитки прикріплено тіло масою m_T , яке під дією сили тяжіння рухається вниз.

Закон динаміки для обертального руху твердого тіла у векторній формі

$$\vec{M}_{\text{терт}} + \vec{M}_F + \vec{M}_{m, g_{\text{ш}}} + \vec{M}_N = j \cdot \vec{\beta}$$

Основний закон динаміки поступального руху тіла масою m_T у векторній формі

$$\vec{F}_m + \vec{F}_H = m_T \cdot \vec{a}$$

Прискорення поступального руху тіла масою m_T дорівнює

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

Тангенціальне прискорення точки ободу шківа (a_T) дорівнює

$$a_T = r\beta$$

Пам'ятаємо про взаємозв'язок між прискоренням поступального руху тіла масою m_T та тангенціальним прискоренням точки ободу шківа

$$\beta = \frac{2h}{rt^2}$$

Розв'яжемо дану систему рівнянь та отримаємо наступне рівняння

$$m_T \cdot g \cdot r = \beta (j + m_T \cdot r^2) + M_{\text{терт}},$$

$$m_T \cdot g \cdot r = \beta J + M_{\text{терт}}.$$

Якщо побудувати графік цієї залежності, то можна визначити момент сили тертя та момент інерції.

Порядок виконання роботи

Зауваження!!! У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовуйте експериментальні дані із додатку А відповідно вашого варіанту.

1. Виміряти масу тягарця m_T .
2. До вільного кінця нитки підвісити тягарець.
3. Надати можливість тягарцю опускатись під дією його сили тяжіння.
4. Виміряти час руху тягарця до повного розкручування нитки.
5. Виміряти довжину шляху тягарця.
6. Дослід повторити 4 рази.
7. Результати вимірювань занести до таблиці.2

Таблиця 2 Результати експерименту

№ n/n	$m_T, \text{кг}$	$d, \text{см}$	$h, \text{м}$	$t_{\text{сеп}}, \text{с}$
1				
2				
3				
4				
5				

8. Опрацювати результат експерименту графічним методом з використанням табличних редакторів на комп'ютері.

5. Записати результат щодо визначення момент сили тертя та момент інерції до таблиці 3.

6. . Записати висновок

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне визначення. _____.

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання графічним методом дало наступну відповідь.

Момент сили тертя _____.

Відносна похибка проведених вимірювань дорівнює _____ %.

Момент інерції _____

Відносна похибка проведених вимірювань дорівнює _____ %.

Дати відповіді на теоретичні запитання

1. Сформулювати закон динаміки для поступального та обертального рухів твердого тіла.
2. Дати визначення параметрів обертального руху: момент сили, момент інерції, кутова швидкість, кутове прискорення.
3. Чому дорівнює модуль моменту кожної із сил, що діють на шків?
4. Модулі моментів яких сил дорівнюють нулю та чому?
5. Коли момент сили вважають додатнім або від'ємним?
6. Як визначити напрямок кутового прискорення під час обертання маятника Обербека
7. Який взаємозв'язок між прискоренням поступального руху тіла масою m_T та тангенціальним прискоренням точки ободу шківа?
8. В чому полягає графічний метод обробки експериментальних даних щодо визначення моменту сили тертя та моменту інерції?

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з вимірними та розрахованими даними.
5. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин.
6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин, які розглядаються в даній лабораторній роботі записати в СІ.

Додаток А3. Завдання задля дистанційного навчання

Таблиця Додаток А3 - Експериментальні дані щодо визначення моменту інерції та моменту сили тертя

Варіант №1	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	5	1,42	13,7
	2	0,447			12,38
	3	0,527			11,31
	4	0,607			10,58
	5	0,689			9,76
Варіант № 2	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	5	1,46	15
	2	0,447			13,37
	3	0,527			12,35
	4	0,607			11,4
	5	0,689			10,78
Варіант № 3	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	5	1,43	13,75
	2	0,447			12,68
	3	0,527			11,58
	4	0,607			10,7
	5	0,689			10
Варіант № 4	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	5	1,42	13,15
	2	0,447			11,75
	3	0,527			10,88
	4	0,607			10
	5	0,689			9,4
Варіант № 5	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	5	1,48	13,79
	2	0,447			12,3
	3	0,527			11,45
	4	0,607			10,55
	5	0,689			9,76

Варіант № 6	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	2,5	1,42	28,5
	2	0,447			25,36
	3	0,527			23,33
	4	0,607			21,45
	5	0,689			19,8
Варіант № 7	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	2,5	1,46	31,55
	2	0,447			27,75
	3	0,527			25,67
	4	0,607			23,16
	5	0,689			21,77
Варіант №8	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	2,5	1,43	28,95
	2	0,447			25,46
	3	0,527			23,72
	4	0,607			21,51
	5	0,689			20,67
Варіант №9	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	2,5	1,42	27,32
	2	0,447			23,57
	3	0,527			22,31
	4	0,607			20,28
	5	0,689			19,25
Варіант № 10	№ п/п	m_T , кг	d , см	h , м	$t_{\text{сер}}$, с
	1	0,367	2,5	1,48	28,78
	2	0,447			25,13
	3	0,527			23,39
	4	0,607			21,15
	5	0,689			20,42

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Дослідження руху тіла в рідині

Мета.

1. Навчитись опрацьовувати результати експерименту аналітичним методом на прикладі визначення коефіцієнта динамічної в'язкості рідини.

Обладнання: посудина з рідиною, вимірювальна стрічка, секундомер мобільного телефону.

Теоретичні відомості

Коефіцієнт динамічної в'язкості рідини визначають за допомогою установки, схема якої подана на рисунку 1 .

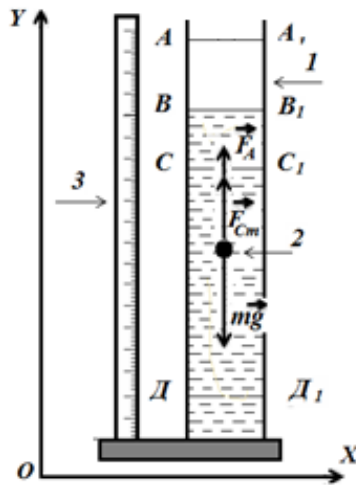


Рисунок 1 – Схема установки для дослідження руху кульки у рідині: 1 – скляний циліндр, 2 – кулька, яка рухається рівномірно в рідині на ділянці СД, 3 – вимірювальна стрічка

Розглянемо рух кульки в рідині. Як рухається кулька на ділянках АВ та ВС? На ділянці СД кулька рухається рівномірно ($a = 0$).

Запишемо сили, які діють на кульку під час її рівномірного руху в рідині на ділянці СД.

$$\vec{F}_T = m\vec{g} - \text{сила тяжіння,}$$

$$\vec{F}_A = \rho_p V_T \vec{g} - \text{сила Архімеда,}$$

$$\vec{F}_{CT} = 3 \pi d \eta \vec{v} - \text{сила Стокса.}$$

А тепер виведемо формулу для розрахунку коефіцієнту в'язкості рідини. Для цього виконаємо наступні кроки.

1. Запишемо умову рівномірного руху кульки у рідині у векторній формі.

$$3 \pi d \eta \vec{v} + m\vec{g} + \rho_p V_T \vec{g} = 0.$$

Знайдемо проекції сил на осі координат (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Проекції сил на осі координат

	$3 \pi d \eta \vec{v}$	$m\vec{g}$	$\rho_p V_T \vec{g}$
OX	0	0	0
OY	$3 \pi d \eta v$	$-mg$	$\rho_p V_T g$

3. Запишемо умову рівномірного руху кульки у рідині у скалярній формі.

$$3 \pi d \eta v - mg + \rho_p V_T g = 0, \quad \text{де } m = \rho_T V_T = \rho_T \frac{\pi d^3}{6}, \quad v = \frac{S}{t}.$$

Отже, для розрахунку коефіцієнту динамічної в'язкості рідини можна застосувати наступну формулу

$$\eta = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho_T - \rho_p) g d^2 t}{S},$$

де ρ_p – густна рідини, ρ_T – густна кульки

Порядок виконання роботи

Зауваження!!! У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовуйте експериментальні дані із додатку А4 відповідно вашого варіанту.

1. Виміряти діаметр кульки штангенциркулем d , мм. Записати результат вимірювання до таблиці 2.

Таблиця 2 – Експериментальні дані задля визначення коефіцієнту динамічної в'язкості рідини

Варіант	№ експерименту	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		d , мм	S , м	t , с	ρ_T , кг/м ³	ρ_p , кг/м ³
	1					
	2					
	...					
	10					

2. Опустити кульку в посудину таким чином, щоб вона рухалась вздовж осової лінії посудини. В момент початку руху кульки в посудині включити кінозйомку на мобільному телефоні руху кульки в посудині.

3. До таблиці 2 записати значення переміщення та часу на окремих ділянках рівномірного руху кульки в рідині.

4. Опрацювати результат експерименту аналітичним методом з використанням табличних редакторів на комп'ютері.

5. Визначити, в якій рідині рухалась кулька.

6. Записати висновок.

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне визначення. _____.

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання _____.

_____..аналітичним методом дало наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведених вимірювань для обох випадків дорівнює _____%.

Речовина рідини, в якій рухалась кулька _____.

Дати відповіді на теоретичні запитання

1. Надати загальну характеристику рідкого стану речовини.
2. В чому полягає сенс сили внутрішнього тертя? За якою формулою обчислюють модуль сили внутрішнього тертя?
3. Який зв'язок між текучістю рідини та її динамічною в'язкістю?
4. Який зв'язок між кінематичною в'язкістю та динамічною в'язкістю? Одиниці вимірювання кінематичної та динамічної в'язкості в СІ.
5. Яким чином можна застосувати метод падаючої кульки в необмеженому в'язкому середовищі для пояснення залежності між швидкістю кульки та в'язкістю рідини?
6. Навести приклади впливу зміни температури на значення коефіцієнту динамічної в'язкості рідини.
7. В чому полягає капілярний метод (метод Пуазейля) щодо визначення коефіцієнту динамічної в'язкості рідини?

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з виміряними та розрахованими даними.
5. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин.
6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин, які розглядаються в даній лабораторній роботі записати в СІ.

Додаток А4. Завдання задля дистанційного навчання

Таблиця 2 – Експериментальні дані для визначення коефіцієнту динамічної в'язкості рідини

	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		d , мм	S , м	t , с	ρ_T , кг/м ³	ρ_p кг/м ³
Варіант №1	1	2,1	0	0	7800	1260
	2		0,1	10,01		
	3		0,15	14,44		
	4		0,2	17,18		
	5		0,25	23,59		
	6		0,3	26,58		
	7		0,35	33,02		
	8		0,4	36,33		
	9		0,45	45,01		
	10		0,5	48,29		
Варіант №2	1	1,85	0	0	2500	900
	2		0,15	20,03		
	3		0,2	23,59		
	4		0,25	33,22		
	5		0,3	38,04		
	6		0,35	42,39		
	7		0,4	51,15		
	8		0,45	58,27		
	9		0,5	67,01		
	10		0,55	72,38		
Варіант №3	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		d , мм	S , м	$t \cdot 10^{-2}$, с	ρ_T , кг/м ³	ρ_p кг/м ³
	1	2,35	0	0	1850	1000

	2		0,15	4,03		
	3		0,20	8,59		
	4		0,25	10,05		
	5		0,30	11,31		
	6		0,35	13,52		
	7		0,4	14,59		
	8		0,45	18,53		
	9		0,50	19,02		
	10		0,55	22,29		
Варіант №4	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		$d, \text{мм}$	$S, \text{м}$	$t \cdot 10^{-2}, \text{с}$	$\rho_T, \text{кг/м}^3$	$\rho_p, \text{кг/м}^3$
	1	2,45	0	0	8900	900
	2		0,1	10,02		
	3		0,2	19,65		
	4		0,25	24,54		
	5		0,3	32,06		
	6		0,35	37,54		
	7		0,4	43,31		
	8		0,45	45,12		
	9		0,5	53,46		
10	0,6		62,53			
Варіант №5	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		$d, \text{мм}$	$S, \text{м}$	$t, \text{с}$	$\rho_T, \text{кг/м}^3$	$\rho_p, \text{кг/м}^3$
	1	1,75	0	0	2700	864
	2		0,15	41,32		
	3		0,2	54,36		
	4		0,25	69,48		
	5		0,3	85,54		
	6		0,35	99,49		
	7		0,45	128,46		
	8		0,5	142,43		
9	0,55		152,43			

	10		0,6	168,34		
Варіант №6	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		d , мм	S , м	t , с	ρ_T , кг/м ³	ρ_p кг/м ³
	1	2,25	0	0	11300	1260
	2		0,15	7,68		
	3		0,20	11,48		
	4		0,25	13,03		
	5		0,30	15,54		
	6		0,35	19,57		
	7		0,4	22,51		
	8		0,45	23,47		
	9		0,50	27,39		
10	0,55		28,49			
Варіант №7	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		d , мм	S , м	$t \cdot 10^{-2}$	ρ_T , кг/м ³	ρ_p кг/м ³
	1	2,15	0	0	1200	800
	2		0,15	32,59		
	3		0,2	39,57		
	4		0,25	49,51		
	5		0,3	55,49		
	6		0,35	68,52		
	7		0,4	77,49		
	8		0,45	85,34		
	9		0,5	98,13		
10	0,65		121,54			
Варіант №8	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		d , мм	S , м	$t \cdot 10^{-3}$	ρ_T , кг/м ³	ρ_p кг/м ³
	1	3,05	0	0	19300	13600
	2		0,15	7,34		
	3		0,2	12,45		
	4		0,25	15,55		
5	0,3		16,1			

	6		0,35	17,34		
	7		0,4	20,11		
	8		0,45	25,43		
	9		0,5	27,56		
	10		0,55	28,31		
Варіант №9	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		$d, \text{мм}$	$S, \text{м}$	$t \cdot 10^{-2}, \text{с}$	$\rho_T, \text{кг/м}^3$	$\rho_p, \text{кг/м}^3$
	1	2,65	0	0	920	10500
	2		0,15	22,42		
	3		0,2	27,3		
	4		0,25	34,13		
	5		0,3	38,39		
	6		0,35	52,6		
	7		0,4	53,59		
	8		0,45	59,41		
	9		0,55	77,08		
10	0,6		82,04			
Варіант №10	№ п/п	Вимірювана величина			Табличне значення густини	
		$d, \text{мм}$	$S, \text{м}$	$t, \text{с}$	$\rho_T, \text{кг/м}^3$	$\rho_p, \text{кг/м}^3$
	1	3,15	0,1	0	4500	1280
	2		0,15	9,31		
	3		0,20	12,56		
	4		0,25	18,05		
	5		0,30	20,02		
	6		0,35	25,04		
	7		0,4	26,06		
	8		0,45	34,55		
	9		0,50	38,44		
10	0,55		39,6			

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Дослідження температурної залежності електропровідності твердих тіл

Мета: визначити температурний коефіцієнт опору металу аналітичним та графічним методами з використанням табличних редакторів на комп'ютері,

Обладнання: прилад для дослідження температурної залежності електропровідності твердих тіл (див. рис.1).

Теоретичні відомості

Відомо, що встановлення експериментальної залежності електричного опору металів від температури досить відоме лабораторне дослідження. Пригадаємо відоме рівняння щодо можливості його застосування для експериментального визначення температурного коефіцієнту опору металу

$$R_{t^{\circ}} = R_0(1 + \alpha \Delta t^{\circ}),$$

де α – температурний коефіцієнт опору металу, $R_{t^{\circ}}$ – опір металу при температурі t° , R_0 – опір металу при температурі $t^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$, Δt° – різниця температур

$$\Delta t^{\circ} = t^{\circ} - t_{0^{\circ}\text{C}} = t^{\circ}.$$

Поміркуйте, яким чином після перетворення даної температурної залежності $R(t^{\circ})$ можна, наприклад, отримати наступні рівняння

$$\alpha = \frac{R_n - R_1}{R_1 t_n^{\circ} - R_2 t_1^{\circ}}, \quad R_n = R_0 + \alpha t_n^{\circ},$$

зادля визначення температурного коефіцієнту опору металу, опору металу при температурі $t^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$ аналітичним та геометричним методами.

Опрацюйте навчальний матеріал щодо теоретичних положень залежності опору металу від температури, який подано в навчальній літературі.

Порядок виконання роботи

Зуваження!!! У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовуйте експериментальні дані із додатку А5 відповідних варіантів

1. Залежність опору металу від температури будемо досліджувати з використанням дослідної установки, яка подана на рисунку 1.



Рисунок 1 – Фотографія дослідної установки для дослідження температурної залежності електропровідності твердих тіл

2. За інструкцією до дослідної установки ознайомитись з її призначенням, принципом роботи, процесом роботи, застосуванням, технікою безпеки під час її використання.

3. Проведення експерименту. Поставити перемикач в положення для дослідження залежності $R(t^\circ)$ для металу. Підключити прилад до електромережі.

4. Дослідити вплив зміни температури на опір металу. Фіксувати показання опору металу в залежності від зміни температури під час його нагрівання та охолодження.

5. Результати температурної залежності опору металу занести до таблиці 1.

Таблиця 1 - Експериментальні дані щодо визначення температурного коефіцієнту опору металу

№ досліду	t°	$R_{\text{нагрівання}}$	$R_{\text{охолодження}}$
1			
...			
10			

6. Опрацювати результат експерименту аналітичним та графічним методами з використанням табличних редакторів на комп'ютері.

7. Записати висновок до лабораторної роботи..

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне визначення. _____.

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання _____.

_____..аналітичним методом дало наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведеного вимірювання дорівнює _____%.

Опрацювання результатів вимірювання _____ дало

наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведеного вимірювання дорівнює _____%.

Речовина металу _____.

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з вимірними та розрахованими даними з використанням табличних редакторів на комп'ютері.
5. Графіки залежностей.
6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин, записати в СІ.

Дати відповіді на теоретичні запитання

1. Що розуміють під терміном «опір провідника»? Від яких величин залежить електричний опір провідника?
2. Пояснити запис, який подано в довідковій таблиці: «Питомий опір міді дорівнює $0,0172 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ ».
3. Чому і як змінюється опір металів при зміні температури?
4. Що розуміють під відносною зміною опору провідника?
5. Що розуміють під термічним коефіцієнтом опору матеріалу провідника?
6. Пояснити запис, який подано в довідковій таблиці: «Температурний коефіцієнт опору міді дорівнює $0,0043 \text{ K}^{-1}$ »
7. Як впливає опір з'єднувальних провідників на величину ТКО?
8. Порівняти температурні залежності опору металів та напівпровідників?

Додаток А 5 Завдання для дистанційного навчання

Таблиця 2 – Експериментальні дані щодо визначення температурного коефіцієнту опору металу, температуру подано у $^{\circ}\text{C}$

● Вариант 1		● Вариант 2	
T	R(mOm)	T	R(mOm)
15	21,267	15	4,420
20	21,716	20	4,526
25	22,154	25	4,553
30	22,563	30	4,649
35	22,981	35	4,745
40	23,420	40	4,812
45	23,848	45	4,898
50	24,247	50	4,994
55	24,665	55	5,111
60	25,094	60	5,207
65	25,542	65	5,293
70	26,011	70	5,380
75	26,410	75	5,496
80	26,838	80	5,512

Довжина провідника	<input type="text" value="1.00"/>	м	Довжина провідника	<input type="text" value="0.50"/>	м
Діаметр провідника	<input type="text" value="1.00"/>	мм	Діаметр провідника	<input type="text" value="2.00"/>	мм

<input checked="" type="radio"/> Вариант 3		<input checked="" type="radio"/> Вариант 4	
T	R(mOm)	T	R(mOm)
15	350,046	15	559,992
20	350,161	20	560,312
25	350,366	25	560,581
30	350,531	30	560,891
35	350,685	35	561,091
40	350,910	40	561,430
45	351,065	45	561,650
50	351,210	50	561,999
55	351,434	55	562,279
60	351,579	60	562,528
65	351,774	65	562,828
70	351,938	70	563,058
75	352,153	75	563,387
80	352,318	80	563,617
Довжина провідника	<input type="text" value="1.00"/> м	Довжина провідника	<input type="text" value="0.90"/> м
Діаметр провідника	<input type="text" value="2.00"/> мм	Діаметр провідника	<input type="text" value="1.50"/> мм
<input checked="" type="radio"/> Вариант 5		<input checked="" type="radio"/> Вариант 6	
T	R(mOm)	T	R(mOm)
15	26,476	15	7,228
20	27,253	20	7,374
25	27,941	25	7,541
30	28,668	30	7,817
35	29,426	35	8,013
40	30,104	40	8,170
45	30,811	45	8,336
50	31,579	50	8,573
55	32,286	55	8,739
60	33,044	60	8,976
65	33,782	65	9,162
70	34,519	70	9,379
75	35,207	75	9,525
80	35,984	80	9,771
Довжина провідника	<input type="text" value="0.40"/> м	Довжина провідника	<input type="text" value="0.30"/> м
Діаметр провідника	<input type="text" value="1.50"/> мм	Діаметр провідника	<input type="text" value="2.50"/> мм

<input checked="" type="radio"/> Вариант 7		<input checked="" type="radio"/> Вариант 8	
T	R(mOm)	T	R(mOm)
15	13,709	15	4,124
20	14,096	20	4,246
25	14,343	25	4,268
30	14,679	30	4,331
35	14,946	35	4,493
40	15,283	40	4,575
45	15,630	45	4,607
50	15,936	50	4,740
55	16,243	55	4,792
60	16,500	60	4,844
65	16,816	65	4,926
70	17,143	70	4,989
75	17,450	75	5,131
80	17,696	80	5,233
Довжина провідника	<input type="text" value="0.80"/> м	Довжина провідника	<input type="text" value="1.20"/> м
Діаметр провідника	<input type="text" value="2.00"/> мм	Діаметр провідника	<input type="text" value="2.50"/> мм
<input checked="" type="radio"/> Вариант 9		<input checked="" type="radio"/> Вариант 10	
T	R(mOm)	T	R(mOm)
15	4,696	15	173,552
20	4,748	20	173,709
25	4,829	25	173,765
30	4,980	30	173,822
35	5,012	35	173,949
40	5,143	40	174,035
45	5,235	45	174,112
50	5,346	50	174,239
55	5,447	55	174,245
60	5,539	60	174,352
65	5,580	65	174,468
70	5,652	70	174,535
75	5,763	75	174,632
80	5,844	80	174,738
Довжина провідника	<input type="text" value="0.70"/> м	Довжина провідника	<input type="text" value="0.60"/> м
Діаметр провідника	<input type="text" value="2.30"/> мм	Діаметр провідника	<input type="text" value="2.20"/> мм

Таблиця 3 – Табличні дані для визначення матеріалу дроту

Речовина	Питомий опір $\rho_{20} \cdot 10^{-8}$ при 20 °С	Температурний коефіцієнт $\alpha \cdot 10^{-3}$, 1/К	Речовина	Питомий опір $\rho_0 \cdot 10^{-8}$ при 20 °С	Температурний коефіцієнт $\alpha \cdot 10^{-3}$, 1/К
Ag	1,59	3,8	Zn	5,9	3,7
Cu	1,68	3,9	Ni	6,99	6
Au	2,44	3,4	Fe	10	5
Al	2,82	3,9	Pt	10,6	3,9
W	5,6	4,5	Pb	22	3,9

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Вивчення ефекту Холла у напівпровідниках

Мета роботи: вивчення процесів руху електричних зарядів у напівпровідниковому зразку, поміщеному у магнітне поле, поперечне до струму.

Прилади й обладнання: блок з електромагнітом і досліджуваним зразком, блок управління та індикації.

Теоретичні відомості

Ефектом Холла називають явище виникнення у металевому провіднику або у напівпровіднику зі струмом, поміщеному у магнітне поле, електричного поля \vec{E}_H , перпендикулярного як напрямку струму \vec{j} , так і напрямку магнітного поля \vec{B} . Це явище пояснюється дією на рухомі носії заряду (електрони провідності і дірки) сили Лоренца, яка відхиляє їх від первісного напрямку руху.

У випадку напівпровідника *n*-типу (з електронним типом провідності), вектор швидкості руху \vec{v} негативних зарядів і вектор густини струму \vec{j} спрямовані в протилежні сторони, рис. 1а.

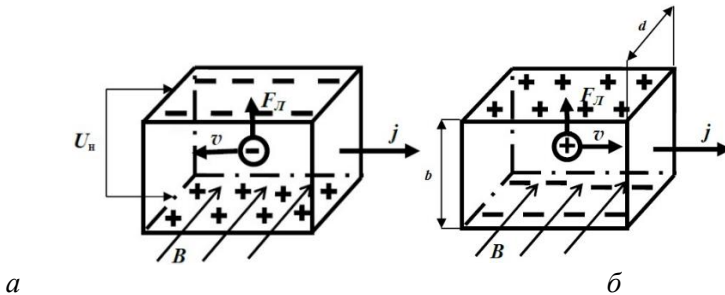


Рисунок 1 – Ефект Холла

Струм тече зліва направо, вектор магнітної індукції \vec{B} спрямований за площину креслення (від нас). У цьому випадку, якщо скористатись правилом лівої руки, визначаємо, що електрони відхиляються силою Лоренца вгору. Внаслідок цього на верхній межі

пластинки напівпровідника виникає надлишок електронів, а на нижній – їх нестача.

Верхня грань пластинки заряджається негативно, а нижня – позитивно, і всередині пластинки виникає поперечне (до току і до магнітного поля) електричне поле, напруженість якого \vec{E}_H , а відповідна напруга (холлівська напруга) U_H . Відхилення носіїв заряду в поперечному напрямку відбувається до тих пір, поки сила, що діє на електрони з боку виниклого електричного поля

$$F_{el} = e \cdot E_H$$

не стане дорівнювати силі Лоренца

$$F_l = e \cdot v \cdot B$$

Тоді

$$e \cdot E_H = e \cdot v \cdot B$$

де $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона, v – швидкість електрона.

Звідки для напруженості поперечного (холлівського) електричного поля отримуємо

$$E_H = v \cdot B$$

Якщо відстань між гранями пластини дорівнює b , то різниця потенціалів (напруга) між ними

$$U_H = E_H \cdot b = v \cdot B \cdot b$$

У цьому виразі середню швидкість електронів v можна виразити через щільність струму j , користуючись співвідношенням

$$j = n \cdot e \cdot v$$

Тоді

$$v = \frac{j}{n \cdot e}$$

де n – концентрація електронів.

Враховуючи, що щільність струму $j = \frac{I}{S}$ і площа поперечного перерізу пластинки напівпровідника $S = b \cdot d$, отримаємо

$$U_H = \frac{1}{n \cdot e} \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

Величина

$$R_H = \frac{1}{n \cdot e}$$

яка є сталою для даної речовини, називається *сталю Холла*.
 $[R_H] = \text{м}^3 / (\text{А} \cdot \text{с})$

Таким чином, холлівська напруга (ЕРС Холла) має вигляд

$$U_H = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}$$

Визначаючи експериментально I , B , U_H та d , за їх значеннями можна визначити сталу Холла R_H .

При визначенні постійної Холла і ЕРС Холла слід звернути увагу на те, що між верхньою та нижньою гранями досліджуваного зразку навіть у відсутності магнітного поля існує деяка різниця потенціалів $\Delta\varphi_0$, яка обумовлена асиметрією контактів (контакти розташовані не на одній еквіпотенційній поверхні). Для виключення впливу $\Delta\varphi_0$ на результати вимірювань в експерименті вимірювання $\Delta\varphi$ проводять двічі: для протилежних напрямків струму, який тече через датчик

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_1 &= |U_H| + \Delta\varphi_0 \\ -\Delta\varphi_2 &= -|U_H| + \Delta\varphi_0 \\ U_H &= \frac{\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2}{2} \end{aligned}$$

У випадку напівпровідника p -типу (з дірковим типом провідності), швидкість руху \vec{v} позитивних зарядів (дірок) має той самий напрямок, що і струм, і при зазначеному напрямку магнітного поля сила Лоренца (її магнітна складова) як і раніше буде спрямована вгору, і заряджені частинки будуть накопичуватися на верхній межі, рис. 16. Однак, так як дірки заряджені позитивно, верхня межа при цьому буде заряджатися позитивно, тобто явище Холла матиме зворотний знак.

Знак постійної Холла збігається зі знаком основних носіїв заряду. Вимірювання постійної Холла для напівпровідників дозволяє судити про тип його провідності: в разі електронної провідності (n -

типу) заряд носіїв негативний і $R_H < 0$, в разі діркової провідності (p -типу) заряд носіїв позитивний і $R_H > 0$.

Рухливість носіїв струму чисельно дорівнює середній швидкості, одержуваної носіями при напруженості поля, яка дорівнює одиниці

$$\mu = \frac{v}{E}$$

$$[\mu] = \text{м}^2/(\text{В} \cdot \text{с}).$$

Питома провідність

$$\sigma = \frac{j}{E} = \frac{nev}{E} = ne\mu$$

Тоді рухливість носіїв визначимо через питому провідність і постійну Холла

$$\mu = \frac{\sigma}{ne} = \sigma R_H$$

Вимірюючи сталу Холла R_H і питому провідність σ , можна визначити концентрацію n і рухливість μ носіїв струму у відповідному зразку.

Опис установки

Установка для вивчення ефекту Холла складається з двох блоків: блоку 1 з досліджуванним зразком (датчиком Холла) і вимірювального блоку 2 (див. рис. 2).



Рисунок 2 – Фотографія дослідної установки для дослідження ефекту Холла

У блоці 1 встановлені електромагніт і датчик Холла. Зверху блок має вікно, через яке видно полюси електромагніту і плату з датчиком Холла. Для підключення блоку 1 до блоку 2 використовується шнур з рознімом.

Датчик Холла являє собою напівпровідникову пластинку прямокутної форми довжиною $a = 31$ мкм, шириною $b = 35$ мкм, товщиною $d = 42$ мкм (рис. 3). Опір датчика $r = 1,8$ кОм.

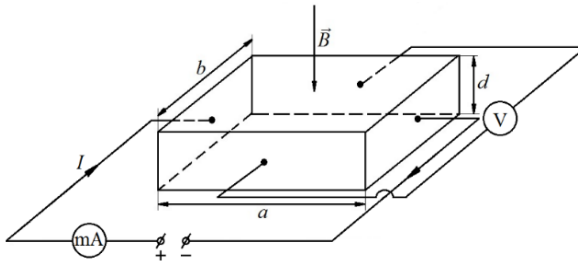


Рис. 3 – Датчик Холла

У блоці 2 знаходиться ЕОМ з відповідними додатковими пристроями, що дозволяють проводити вимірювання струму що протікає через котушку електромагніта, керуючого струму і ЕРС Холла датчика, встановлених в блоці 1, а також здійснювати функції управління установкою (установка режимів прямого або зворотного напрямку струму через котушку електромагніту і датчика Холла).

На передній панелі вимірювального блоку розміщений рідкокристалічний екран і наступні органи управління:

- кнопки ДАТЧИК ХОЛЛА "+" і "-" задають значення і напрямку струму через датчик Холла. При натисканні будь-якої з кнопок на екрані з'являється напис «Д.Холла»;

- кнопки ЕЛЕКТРОМАГНІТ "+" і "-" задають значення і напрямку індукції магнітного поля, створюваного електромагнітом. При натисканні будь-якої з кнопок на екрані з'являється напис «Ел.Магн»;

- кнопка СБРОС встановлює в нуль значення струму через датчик Холла або струму через електромагніт. Скидається величина, яка змінена останньою.

На задній панелі вимірювального блоку розташовані: вимикач СЕТЬ, клемма заземлення, тримачі запобіжників (закриті запобіжною

4. Змінити напрямок струму через датчик. Для цього послідовно натиснути кнопки СБРОС і ДАТЧИК ХОЛЛА "-". На індикаторі струму (лівий верхній кут екрану) з'явиться знак "-".

5. Зняти залежність різниці потенціалів між верхньою та нижньою гранями $\Delta\varphi_2$ від струму I , який проходить через датчик Холла. Значення струму через датчик задавати кнопкою ДАТЧИК ХОЛЛА "-" від 0 до 3 мА з кроком 0,2 мА. У таблицю 1 заноситься модуль значень $|\Delta\varphi_2|$.

6. Вимкнути установку, перевівши вимикач СЕТЬ, розташований на задній панелі вимірювального блоку, в положення "0". Витягти вилку з мережевим шнуром з розетки, притримуючи розетку другою рукою.

7. Розрахувати ЕРС Холла U_H за формулою. Отримані значення занести в таблицю 1.

8. Побудувати графік залежності $U_H=f(I)$. На усередненій експериментальній прямій вибрати дві довільні точки 1 і 2 (але не з таблиці!), визначити їх координати: U_{H1} , U_{H2} , I_1 , I_2 .

9. Визначити сталу Холла R_H за формулою

$$R_H = \frac{U_{H2} - U_{H1}}{I_2 - I_1} \frac{d}{B},$$

де $\frac{U_{H2} - U_{H1}}{I_2 - I_1} = \operatorname{tg} \alpha$ – тангенс кута нахилу прямої на графіку.

10. Користуючись формулою (9) розрахувати концентрацію n носіїв заряду

$$n = \frac{1}{R_H e}.$$

11. Розрахувати питомий опір зразка, знаючи його геометричні розміри a , b , d і опір r

$$\rho = \frac{rab}{d}.$$

12. Приймаючи до уваги, що $\sigma = \frac{1}{\rho}$, розрахувати рухливість носіїв струму

$$\mu = \frac{1}{\rho_{ep}}$$

13. Порівняти отримані значення n , ρ , μ з довідковими для напівпровідників (табл. 2). Зробити висновок.

Таблиця 2 - Довідкові дані про концентрацію n носіїв заряду, питомий опір зразка, рухливість носіїв струму

Тип твердого тіла	Концентрація рухливих носіїв n , м ⁻³	Питомий опір ρ , Ом·м	Рухливість носіїв струму μ , м ² /В·с
Метали	$10^{28} \dots 10^{29}$	$10^{-8} \dots 10^{-6}$	$10^{-4} \dots 10^{-3}$
Напівпровідники	$10^{19} \dots 10^{25}$	$10^{-6} \dots 10^8$	$10^{-4} \dots 10^1$

6. Записати висновок до лабораторної роботи..

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне визначення. _____.

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання _____.

_____..графічним методом дало наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведеного вимірювання дорівнює _____ %.

Опрацювання результатів вимірювання _____.

_____ дало наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведеного вимірювання дорівнює _____ %.

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з виміряними та розрахованими даними.
5. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин.

6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин, які розглядаються в даній лабораторній роботі записати в СІ.

Дати відповіді на теоретичні запитання

1. В чому полягає сенс явища ефекту Холла?
2. Пояснити призначення, принцип дії, будову, процес роботи, застосування датчика Холла
3. Пояснити, яким чином за графіком можна визначити сталу Холла.
4. За якими формулами розраховують концентрацію n носіїв заряду, питомий опір зразка, рухливість носіїв струму?
5. Яким чином можна зробити висновок про природу провідності напівпровідників?

Додаток А6. Завдання задля дистанційного навчання

Таблиця Додаток А6 - Експериментальні дані щодо визначення сталої Холла, концентрації, рухливості носіїв струму у напівпровіднику

Варіант №1	№ п/п	B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ	U_H , мВ
	1	10	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0	
	3		0,4	0,2	0,1	
	4		0,6	0,3	0,2	
	5		0,8	0,3	0,3	
	6		1,0	0,4	0,4	
	7		1,2	0,5	0,5	
	8		1,4	0,6	0,6	
	9		1,6	0,7	0,7	
	10		1,8	0,8	0,8	
	11		2,0	0,9	0,9	
	12		2,2	1,0	1,0	
	13		2,4	1,1	1,1	
	14		2,6	1,3	1,2	
	15		2,8	1,4	1,3	
	16		3,0	1,5	1,4	

Вариант №2	№ п/п	B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ	U_H , мВ
	1	11	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,1	
	3		0,4	0,2	0,2	
	4		0,6	0,3	0,3	
	5		0,8	0,3	0,3	
	6		1,0	0,4	0,4	
	7		1,2	0,5	0,5	
	8		1,4	0,6	0,6	
	9		1,6	0,7	0,7	
	10		1,8	0,8	0,8	
	11		2,0	0,9	0,9	
	12		2,2	1,1	1,0	
	13		2,4	1,2	1,2	
	14		2,6	1,3	1,3	
	15		2,8	1,5	1,4	
	16		3,0	1,6	1,5	
Вариант №3	№ п/п		B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ
	1	12	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,1	
	3		0,4	0,1	0,1	
	4		0,6	0,3	0,3	
	5		0,8	0,4	0,4	
	6		1,0	0,5	0,5	
	7		1,2	0,6	0,6	
	8		1,4	0,7	0,7	
	9		1,6	0,8	0,9	
	10		1,8	1,0	1,0	
	11		2,0	1,1	1,1	
	12		2,2	1,2	1,3	
	13		2,4	1,4	1,4	
	14		2,6	1,5	1,6	
	15		2,8	1,7	1,7	
	16		3,0	1,8	1,9	

Вариант №4	№ п/п	B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ	U_H , мВ
	1	13	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,1	
	3		0,4	0,2	0,2	
	4		0,6	0,3	0,3	
	5		0,8	0,4	0,5	
	6		1,0	0,5	0,5	
	7		1,2	0,6	0,6	
	8		1,4	0,7	0,7	
	9		1,6	0,9	0,9	
	10		1,8	1,0	1,0	
	11		2,0	1,2	1,2	
	12		2,2	1,3	1,3	
	13		2,4	1,4	1,5	
	14		2,6	1,6	1,6	
	15		2,8	1,7	1,9	
	16		3,0	1,9	2,0	
Вариант №5	№ п/п		B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ
	1	15	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,2	
	3		0,4	0,3	0,3	
	4		0,6	0,4	0,5	
	5		0,8	0,6	0,6	
	6		1,0	0,8	0,8	
	7		1,2	0,9	0,9	
	8		1,4	1,0	1,1	
	9		1,6	1,2	1,3	
	10		1,8	1,4	1,4	
	11		2,0	1,6	1,5	
	12		2,2	1,8	1,8	
	13		2,4	2,0	2,0	
	14		2,6	2,0	2,0	
	15		2,8	2,0	2,0	
	16		3,0	2,0	2,0	

Вариант №6	№ п/п	B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ	U_H , мВ
	1	16	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,2	
	3		0,4	0,3	0,3	
	4		0,6	0,5	0,5	
	5		0,8	0,7	0,6	
	6		1,0	0,9	0,9	
	7		1,2	1,0	1,1	
	8		1,4	1,2	1,3	
	9		1,6	1,4	1,4	
	10		1,8	1,6	1,6	
	11		2,0	1,8	1,8	
	12		2,2	2,0	2,0	
	13		2,4	2,3	2,3	
	14		2,6	2,4	2,5	
	15		2,8	2,7	2,7	
	16		3,0	2,9	2,9	
Вариант №	№ п/п		B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ
	1	17	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,2	
	3		0,4	0,3	0,4	
	4		0,6	0,5	0,6	
	5		0,8	0,7	0,8	
	6		1,0	1,0	1,0	
	7		1,2	1,1	1,2	
	8		1,4	1,3	1,4	
	9		1,6	1,5	1,6	
	10		1,8	1,7	1,8	
	11		2,0	1,9	2,1	
	12		2,2	2,1	2,3	
	13		2,4	2,4	2,5	
	14		2,6	2,7	2,8	
	15		2,8	2,8	2,9	
	16		3,0	3,1	3,2	

Вариант №8	№ п/п	B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ	U_H , мВ
	1	18	0	0	0	
	2		0,2	0,2	0,2	
	3		0,4	0,4	0,4	
	4		0,6	0,6	0,6	
	5		0,8	0,8	0,9	
	6		1,0	1,0	1,0	
	7		1,2	1,2	1,2	
	8		1,4	1,4	1,5	
	9		1,6	1,6	1,8	
	10		1,8	1,8	1,9	
	11		2,0	2,0	2,2	
	12		2,2	2,4	2,5	
	13		2,4	2,6	2,7	
	14		2,6	2,8	2,9	
	15		2,8	3,1	3,2	
	16		3,0	3,4	3,4	
Вариант №9	№ п/п		B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ
	1	19	0	0	0	
	2		0,2	0,1	0,2	
	3		0,4	0,3	0,5	
	4		0,6	0,6	0,7	
	5		0,8	0,9	0,9	
	6		1,0	1,1	1,2	
	7		1,2	1,3	1,4	
	8		1,4	1,5	1,6	
	9		1,6	1,7	1,9	
	10		1,8	2,0	2,1	
	11		2,0	2,2	2,3	
	12		2,2	2,5	2,6	
	13		2,4	2,8	2,8	
	14		2,6	3,1	3,2	
	15		2,8	3,3	3,4	
	16		3,0	3,6	3,7	

Вариант №10	№ п/п	B , мТл	I , мА	$\Delta\varphi_1$, мВ	$\Delta\varphi_2$, мВ	U_H , мВ
	1	20	0	0	0	
	2		0,2	0,2	0,1	
	3		0,4	0,3	0,3	
	4		0,6	0,5	0,4	
	5		0,8	0,6	0,6	
	6		1,0	0,8	0,8	
	7		1,2	0,9	0,9	
	8		1,4	1,2	1,1	
	9		1,6	1,3	1,3	
	10		1,8	1,5	1,5	
	11		2,0	1,7	1,6	
	12		2,2	1,9	1,9	
	13		2,4	2,1	2,1	
	14		2,6	2,3	2,3	
	15		2,8	2,6	2,5	
	16		3,0	2,8	2,8	

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Дослідження явищ інтерференції та дифракції світла

Мета роботи - дослідити явище інтерференції. Визначити довжину хвилі лазерного випромінювання.

Прилади і обладнання: лазер, подвійна щілина, екран, лінійка.

Явище інтерференції полягає у перерозподілі світлового потоку у просторі при накладанні когерентних хвиль. Когерентними називаються хвилі, які мають однакову частоту і сталу у часі різницю фаз.

Розглянемо накладання хвиль від двох точкових джерел S_1 та S_2 , які випромінюють монохроматичне світло однакової частоти (див. рис. 1).

Зафіксуємо у просторі довільну точку спостереження – $m.P$. Для того щоб потрапити у $m.P$

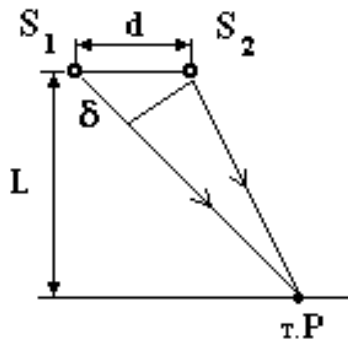


Рисунок 1 –

світло від джерела S_1 проходить шлях l_1 , а від джерела S_2 - шлях l_2 . Величина:

$$\delta = l_2 - l_1$$

називається різницею ходу променів, а величина

$$\Delta = n \cdot \delta = n \cdot (l_2 - l_1)$$

називається оптичною різницею ходу, де n - абсолютний показник заломлення середовища, в якому розповсюджується світло.

Якщо на оптичній різниці ходу Δ вміститься ціла кількість

довжин хвиль, тобто якщо буде виконуватись умова

$$\Delta = k \cdot \lambda,$$

де $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, то в довільну точку спостереження - P . хвилі від джерел S_1 та S_2 придуть в одній фазі і при накладанні посилять одна одну, так що в точці P . виникне максимум інтенсивності світла. Тому останнє рівняння є умовою інтерференційного максимуму.

Якщо на оптичній різниці ходу Δ вміститься напівціла кількість довжин хвиль, тобто якщо буде виконуватись умова

$$\Delta = \left(k + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda,$$

де $k = 0, 1, 2, 3, \dots$, то в довільну точку спостереження - P . хвилі від джерел S_1 та S_2 придуть у протилежних фазах і при накладанні послаблять одна одну, так що в точці P . виникне мінімум інтенсивності світла. Тому дана умова називається умовою інтерференційного мінімуму.

У вузькому розумінні під дифракцією розуміють огинання світловими хвилями перешкод. Дифракцією (від лат. diffractus – розламаний, заломлений) називають сукупність явищ при розповсюдженні світла в середовищі з різкими неоднорідностями. Важливою для практичного застосування є дифракція на дифракційній решітці – оптичному приладі, який являє собою періодичну структуру, яка складається з великої кількості регулярно розташованих елементів, наприклад паралельних штрихів, які знаходяться на однаковій відстані один від одного. Дифракційні решітки, що застосовуються для роботи в різних областях спектру, відрізняються розмірами, формою, матеріалом поверхні, профілем штрихів та їх частотою (від 6000 штрих / мм для рентгенівських променів до 0,25 штрих / мм для інфрачервоного діапазону). Головна властивість дифракційної решітки – її здатність розкладувати складне світло по довжинам хвиль, тому дифракційна решітка застосовується у якості диспергуючого елемента в спектральних приладах. На дифракційній решітці здійснюється багатопроменева інтерференція когерентних пучків дифрагованого світла, які випромінюються щільними решітки при її освітленні. Нехай на дифракційну решітку нормально до її поверхні падає плоска монохроматична хвиля. Різниця ходу між вторинними хвилями, що випромінюються

сусідніми щілинами решітки буде дорівнювати $d \cdot \sin \phi$, а різниця фаз становить

$$\delta = kd \sin \phi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \phi,$$

де k – хвильове число, d – період дифракційної решітки (сума довжин прозорого та непрозорого проміжків), а ϕ – кут дифракції.

У випадку, коли $\frac{\delta}{2} = m\pi$, одержуємо:

$$d \sin \phi = m\lambda,$$

де $m = 0, 1, 2, \dots$

В напрямках, що визначаються формулою (3.2), утворюються максимуми інтенсивності, які в N^2 разів перевершують інтенсивності хвилі від однієї щілини в тому самому напрямку. Ці максимуми називаються головними максимумами. Ціле число m називається порядком головного максимуму, або порядком спектру. Знаючи положення головних максимумів, можна розрахувати довжину хвилі λ .

1.2 Експериментальна частина

Для експериментального дослідження явища інтерференції направимо промінь лазера (1) на дві близько розташовані одна від одної щілини (2) (див. рис. 2) Ширина кожної щілини та відстань між ними дорівнюють приблизно 0,1 мм. Щілини освітлені лазером в такий спосіб являють собою два монохроматичних джерела світла, крім того кожна точка у просторі за щілинами має певне фіксоване значення різниці фаз коливань, що накладаються одне на одне. Тобто ми маємо два когерентних джерела світла. В результаті у просторі за щілинами утворюється сталий перерозподіл інтенсивності світла з максимумами та мінімумами інтенсивності. Якщо за щілинами розмістити екран (3), то на ньому утвориться інтерференційна картина мінімумів та максимумів інтенсивності світла, які чергуються.

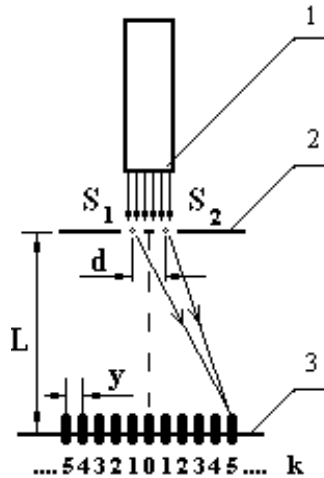


Рисунок 2 – Схема експериментального дослідження

З геометрії задачі отримуємо формулу для зв'язку між величинами

$$y = \frac{\lambda \cdot L}{d},$$

де y - відстань між сусідніми максимумами; λ - довжина хвилі; L - відстань між щілинами та екраном; d - відстань між щілинами.

З даної формули для довжини хвилі одержуємо

$$\lambda = \frac{y \cdot d}{L}.$$

Порядок виконання роботи

Зуваження!!! У випадку виконання лабораторної роботи в дистанційному режимі використовуйте експериментальні дані із додатку А7 відповідно вашого варіанту до завдань 1, 2.

Схема лабораторної установки представлена на рисунку 3. Промінь лазера 1 освітлює щілини дифракційної решітки 2 так, що у просторі за решіткою утворюються мінімуми та максимуми інтенсивності, спостерігати які можна на екрані 3.

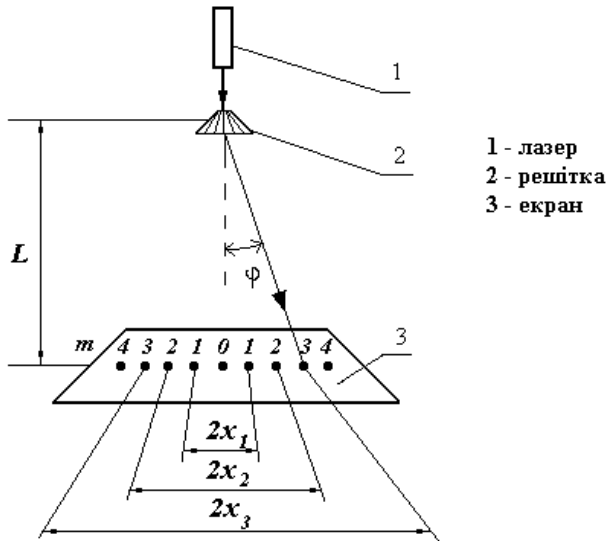


Рисунок 3 – Схема лабораторної установки

Завдання 1. Визначити довжину хвилі напівпровідникового лазера при вивченні явища інтерференції.

1. Отримати інтерференційну картину від двох щілей. Виміряти відстань від щілей до міліметрового паперу.

2. Сфотографувати отриману на міліметровому папері інтерференційну картину (див. рис. Додаток А7_1).

3. Визначити відстань між максимумами одного порядку x_i . Результат записати до табл. 1.

Таблиця 1 – Експериментальні дані.

k	$x_i \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$d \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$\lambda \cdot 10^{-9}, \text{ м}$
1		0,22		
2				
3				
4				
5				

4. Побудувати графік залежності $x = f(k)$ (див. рис. 2). За графіком визначити довжину хвилі лазерного випромінювання. Результат записати до табл. 1.

$$\lambda = \frac{d}{2L} \cdot \frac{x_2 - x_1}{k_2 - k_1} =$$

5. Розрахувати похибку вимірювання довжини хвилі лазерного випромінювання. Результат записати до табл. 2.

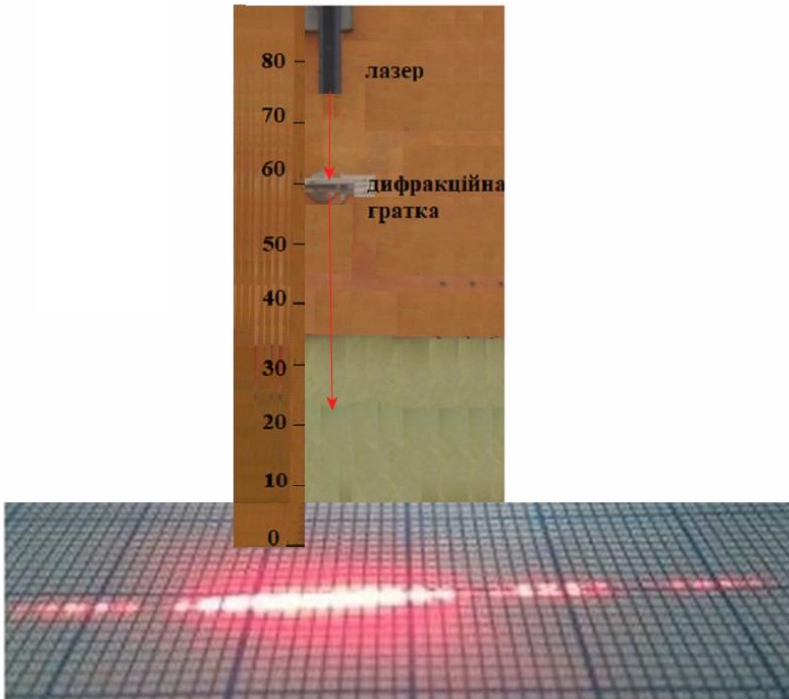


Рисунок – Додаток А7_1

Завдання 2. Визначити параметри дифракційної решітки

1. Отримати дифракційну картину від дифракційної решітки. Виміряти відстань від щілей до міліметрового паперу.

2. Сфотографувати отриману на міліметровому папері дифракційну картину (див. рис. Додаток А7_2)..

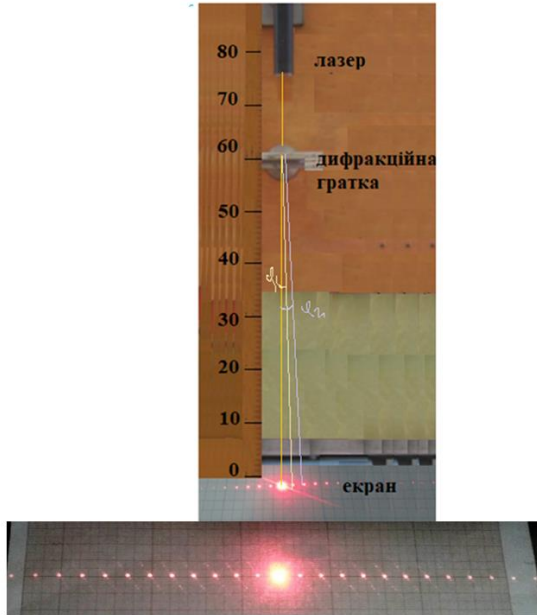


Рисунок – Додаток А7_2

3. Визначити відстань між максимумами x_i . Результат записати до таблиці 3.

Таблиця 3 – Експериментальні дані.

k	$x_i \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$d \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$\lambda \cdot 10^{-9}, \text{ м}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

4. Побудувати графік залежності $k = f(x)$. За графіком визначити період дифракційної ґратки. Результат записати до таблиці 3.

$$d = 2L\lambda \cdot \frac{k_2 - k_1}{x_2 - x_1} =$$

5. Записати висновок до лабораторної роботи..

Висновок.

В лабораторній роботі було проведене експериментальне визначення. _____.

Кількість проведених дослідів дорівнює _____.

Опрацювання результатів вимірювання _____.

_____..графічним методом дало наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведеного вимірювання дорівнює

_____ %.

Опрацювання результатів вимірювання _____.

_____дало наступну відповідь _____.

Відносна похибка проведеного вимірювання дорівнює _____ %.

Зміст звіту

1. Номер, назва роботи.
2. Мета роботи, обладнання.
3. Порядок виконання лабораторної роботи.
4. Таблиці з виміряними та розрахованими даними.
5. Графіки залежностей досліджуваних фізичних величин.
6. Висновки згідно результату виконаної роботи.
7. Одиниці вимірювання фізичних величин, які розглядаються в даній лабораторній роботі записати в СІ.

Дати відповіді на теоретичні запитання

1. В чому полягає явище інтерференції, дифракції світла?
2. Які джерела хвиль називають когерентними?
3. Що називають оптичною різницею ходу?
4. За якими формулами визначаються умови інтерференційного максимуму та мінімуму?
5. Як формулюється принцип Гюйгенса-Френеля?
6. Що таке дифракційна решітка, для чого вона призначена?
7. Чому дифракційна решітка розкладає світло в спектр?
8. Умова максимуму при дифракції на дифракційній решітці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Hulyaeva L. Competence-oriented physical tasks: educational guide [for teachers, students of higher education institutions; physics teachers and high school students of general educational institutions, employees of methodical departments of educational institutions, graduate students, scientists] / L. Gulyaeva, T. Tatarchuk – Karlsruhe: ScientificWorld-NetAkhatAV, 2022. – 195 p.

2. Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М. Курс фізики: Навчальний підручник. – Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2002 р.– 376 с.

3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: У 3 т./ За ред. І.М. Кучерука. — 2-ге вид., випр. — К.: Техніка. 2006. Т.1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка / І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук, П.П.Луцик. — 532 с.

4. Кучерук, І. М. Загальний курс фізики [Текст]: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів: у 3 т. Т. 2: Електрика і магнетизм / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик; за ред. І. М. Кучерука. – 2-ге вид., випр. – Київ: Техніка, 2006. – 452 с.

5. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: У 3 т./ За ред. І.М. Кучерука. — 2-ге вид., випр. — К.: Техніка. 2006. Т.3: Оптика. Квантова фізика/І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук, П.П.Луцик. — 518 с.

6. Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики. Механіка. Молекулярна фізика. Для студентів машинобудівного факультету денної форми навчання / Укл.: Лоскутов С.В., Корніч В. Г., Єршов А.В., Правда М.І., Манько В.К. Серпецький Б.О., - Запоріжжя НУ«ЗП», 2019. 60 с

7. Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики. Механіка. Молекулярна фізика. Для студентів машинобудівного факультету денної форми навчання / Укл.: Лоскутов С.В., Корніч В. Г., Єршов А.В., Правда М.І., Манько В.К. Серпецький Б.О., - Запоріжжя НУ«ЗП», 2019. 60 с

8. Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики. Механіка. Молекулярна фізика. Для студентів машинобудівного факультету денної форми навчання / Укл.: Лоскутов С.В., Корніч В. Г., Єршов А.В., Правда М.І., Манько В.К. Серпецький Б.О., - Запоріжжя НУ«ЗП», 2019. 60 с

9. Методичні вказівки до лабораторних робіт з фізики. Розділ Оптика. Для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної форми навчання / Укладачі: Правда М.І. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 . - 38с.

10. Соколов Є.П. Пошук фізичних закономірностей: навчальний комплекс / Є.П. Соколов, О.А. Лозовенко. - Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2021. 182с

11. Чолпан П.П. Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 567 с.