Укладач: Бовбас О.Ю., викладач фізики ВСП «Бердянський коледж Таврійського державного агротехнологічного університету»

Рецензент: Волков О.С., викладач фізики ВСП «Бердянський коледж Таврійського державного агротехнологічного університету»

Робочий зошит призначений для методичного забезпечення проведення лабораторних занять з дисципліни «Фізика». Він містить опис експериментальних установок, всі необхідні для розрахунків формули, а також контрольні запитання та завдання, які допоможуть краще засвоїти отримані знання та сформовані навички.

Зошит містить всі лабораторні роботи, передбачені навчальною програмою. Всі роботи мають однакову структуру та містять детальні вказівки щодо їх виконання.

Зміст

Вступ …… 4

Вимірювання фізичних величин і оцінка їх точності …… 5

Інструкція з безпеки життєдіяльності під час проведення фронтальних лабораторних робіт з фізики та робіт фізичного практикуму ……..... 7

Лабораторні роботи..... 10

Визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі …….. 10

Виготовлення динамометра та вимірювання ваги тіла ……..... 14

Вивчення закону збереження повної механічної енергії……..... 18

Дослідження ізобаричного процесу ……..... 24

Вимірювання відносної вологості повітря ……..... 28

Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини …… 31

Визначення модуля пружності гуми та коефіцієнта жорсткості пружини ……...… 35

Визначення ЕРС і внутрішнього опору джерела струму ……..... 41

Визначення показника заломлення світла (для скла) ……. 45

Вивчення явища електромагнітної індукції …… 49

Вимірювання довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки…… 53

Визначення питомого опору провідника ……. 58

Дослідження залежності потужності споживача від напруги на його затискачах ……..... 62

Експериментальне дослідження послідовного та паралельного з'єднання провідників …… 66

Дослідження електричних властивостей напівпровідникового діода… 72

Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника …… 77

Додатки……. 81

Список літератури……... 84

Вступ

Освітня концепція в останні роки все більше ставить наголос на підвищення якості практичного навчання. Навчальна дисципліна «Фізика» не є виключенням, адже успішне засвоєння її фундаментальних основ неможливе без практичного досвіду. З іншого боку, постійні зміни в галузі освіти призвели до суттєвого скорочення навчального часу, що відводиться на аудиторні заняття, та його збільшення на долю самостійної роботи студентів. Все це вимагає пошуку більш ефективних методик викладання, перегляду змісту освіти, а також запровадження нових технічних та дидактичних засобів навчання, які покликані на допомогу студентові у виробленні певних алгоритмів розумових дій та практичних навичок, здатних полегшити процес засвоєння навчального матеріалу.

Допомогою в цьому може стати даний робочий зошит завдяки наведеним методичним порадам, а також повному опису ходу виконання дослідів. До того ж при розробці зошита використовувався проблемний підхід, який відобразився у запропонованих студентам творчих завданнях щодо пошуку інших методів проведення експериментів, поліпшення точності отриманих результатів та ін.

Основна мета запитань – це не тільки контроль за засвоєнням послідовності проведення експериментів, знанням теоретичних основ, законів, а й вказівка на особливості кожного конкретного досліду, на різні прийоми і способи розв'язання поставленого завдання. Слід зазначити, що при наявності інструкцій у студента вивільняється час для більш детального ознайомлення з обладнанням, приладами, їх будовою і принципом дії, для виконання зарисовок і схем, які має виконувати викладач на дошці під час проведення заняття тощо.

Всі лабораторні роботи мають однакову структуру, що дасть можливість студентам виробити певну послідовність дій при виконанні експериментів від їх постановки до отримання остаточних результатів і оцінки похибок вимірювань.

В зошиті подано 16 лабораторних робіт у відповідності до навчальної програми з дисципліни «Фізика» для ВНЗ I-II рівнів акредитації.

Проведення кожного лабораторного заняття передбачає ознайомлення з метою роботи, актуалізацію опорних теоретичних знань, ознайомлення зі схемою установки чи переліком обладнання, виконання обчислень згідно з вказівками чи дослідження фізичного явища та формулювання висновків.

Види методичних завдань для студентів:

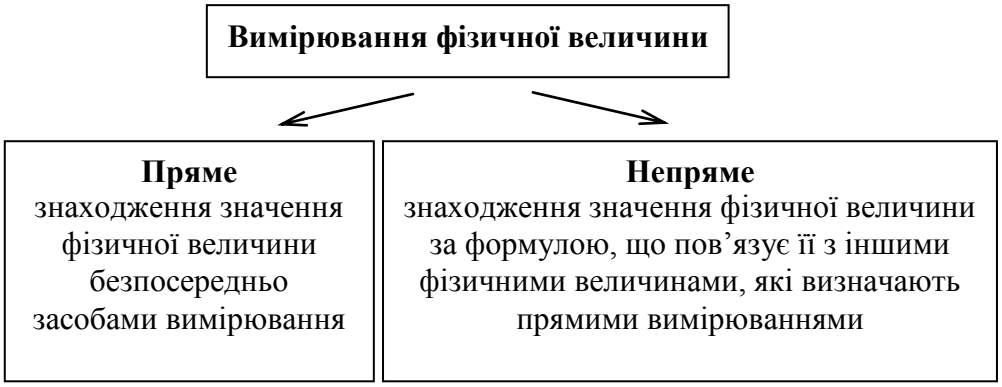
1. Вивчення фізичного явища, процесу, стану фізичного об'єкта з метою накопичення фактологічного матеріалу для його подальшого аналізу.
2. Введення і аналіз похідної фізичної величини.
3. Визначення числового значення фізичної величини.
4. Дослідження залежностей між фізичними величинами та їх аналіз.
5. Виготовлення або вивчення приладу, механізму.

Вимірювання фізичних величин і оцінка їх точності

Розглядаючи і вивчаючи оточуючі нас тіла і явища, ми знаходимо такі їх властивості, якості, ознаки і характеристики, які можуть проявлятися в більшій або меншій мірі і, відповідно, підлягати кількісній оцінці.

Властивість, спільну в якісному співвідношенні у багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальну в кількісному співвідношенні у кожного з них називають *фізичною величиною*.

Інакше кажучи, фізична величина – це характеристика властивостей об'єктів і явищ, яка має числове значення, отримане шляхом вимірювання.



При вимірюванні фізичної величини x завжди отримують не істинне її значення, а наближене з певним степенем точності, яке називають *наближеним значенням фізичної величини* $x_н$. Відхилення результату вимірювання, які виникають внаслідок різних причин, від істинного значення вимірюваної величини називають *похибкою вимірювання*.

В залежності від причин виникнення, похибки вимірювань поділяють на:

- похибки методу вимірювання;
- інструментальні (основні) похибки;
- похибки, які виникають внаслідок зовнішнього впливу на засоби і об'єкти вимірювання;
- суб'єктивні похибки (недосконаліть органів зору, їх індивідуальні особливості);
- похибки розрахунків.

Похибка вимірювань в основному визначається точністю вимірювального приладу (інструментальна похибка) $\Delta_i x$ і похибкою відліку (вимірювальна похибка) $\Delta_в x$:

$$\Delta x = \Delta_i x + \Delta_в x .$$

Інструментальні похибки вказуються в паспорті або на шкалі приладу (див. таблицю 1). Вимірювальна похибка (виникає внаслідок не досить точного знімання показів засобів вимірювання) *дорівнює здебільшого половині ціни поділки приладу*; *при вимірюванні часу дорівнює ціні поділки секундоміра або годинника*.

Таблиця 1. Інструментальні похибки засобів вимірювання

№ з/п	*Засоби вимірювань*	*Границя вимірювань*	*Ціна поділки*	*Абсолютна інструментальна похибка,* $\Delta_i x$
1.	Лінійка учнівська	до 50 см	1 мм	±1 мм
2.	Вимірювальний циліндр	до 250 мл	1 мл	±1 мл
3.	Штангенциркуль	150 мм	0,1 мм	±0,05 мм
4.	Мікрометр	25 мм	0,01 мм	±0,005 мм
5.	Динамометр учнівський	4 Н	0,1 Н	±0,05 Н
6.	Терези навчальні	200 г	-	±0,01 г
7.	Секундомір	0-30 хв	0,2 с	±1 за 30 хв
8.	Барометр-анероїд	720-780 мм. рт. ст.	1 мм. рт. ст.	±3 мм. рт. ст.
9.	Термометр лабораторний	0-100 ºС	1 ºС	±1 ºС
10.	Амперметр шкільний	2 А	0,1 А	±0,05 А
11.	Вольтметр шкільний	6 В	0,2 В	±0,015 В

Абсолютна похибка одного вимірювання фізичної величини дорівнює різниці між результатом вимірювання та умовно істинним значенням вимірюваної величини:

$$\Delta x = |x - X|,$$

де x – результат вимірювання фізичної величини, X – умовно істинне значення вимірюваної величини.

Якщо при багаторазовому вимірюванні деякої величини x маємо n результатів, тоді її середнє арифметичне значення дорівнює:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n},$$

де x_i – результат i-го вимірювання фізичної величини.

При виконанні обчислень в ході лабораторних робіт в якості абсолютної похибки можна брати величину:

$$\Delta x = |x - \bar{x}|.$$

Отже, *середня абсолютна похибка* $\Delta\bar{x}$*:*

$$\Delta\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \bar{x}|}{n}.$$

Відносна похибка дорівнює відношенню абсолютної похибки вимірювання деякої величини x до модуля цієї величини:

$$\omega_x = \frac{\Delta x}{|x|} \cdot 100\ \%.$$

Інструкція

з безпеки життєдіяльності під час проведення фронтальних лабораторних робіт з фізики та робіт фізичного практикуму

Дуже важливим під час проведення лабораторних робіт з фізики є дотримання правил техніки безпеки. Тому необхідно пам'ятати наступні моменти.

До початку роботи

1. Чітко з'ясуйте порядок і правила безпечного проведення експерименту.
2. Звільніть робоче місце від усіх непотрібних для роботи предметів. Перевірте наявність приладів та матеріалів, необхідних для виконання завдання.
3. Не приступайте до виконання роботи без дозволу викладача.
4. Розміщуйте обладнання і прилади на робочому місці так, щоб уникнути їх падіння.

Під час виконання роботи

Робота зі склом (скляним посудом)

1. Користуйтеся скляними трубками, які мають оплавлені краї.
2. Використовуйте скляний посуд без тріщин.
3. Не допускайте різких змін температури і механічних ударів виробів зі скла.
4. Опускайте тверді тіла в мензурку на міцній нитці, щоб не розбити мензурки.
5. Будьте обережні зі скляними пластинками, щоб не поранити руки.
6. Використовуйте скляні пластинки тільки із зашліфованими краями.

Правила зважування

1. Користуючись терезами, не допускайте падінь тягарців на шальки терезів.
2. Не кладіть на шальки терезів мокрі, брудні, жирні, гарячі тіла, не насипайте сипучі речовини.
3. Дрібні гирі беріть тільки пінцетом.
4. Зважуване тіло і важки опускайте на шальки обережно.

Правила роботи з динамометром

1. Користуючись динамометром, не розтягуйте пружину руками.

2. Не перевантажуйте пружину динамометра навантаженням, більшим за допустиме.

3. Не допускайте розгойдування важків, зупиняйте їх коливання рукою.

4. Не допускайте падіння тіл (брусків) і важків під час їх зважування динамометром.

Правила роботи з важелем

1. Обережно зрівноважте важіль за допомогою гайок, що містяться на його кінцях.

2. Підвішуйте тягарці до плечей важеля так, щоб він не обертався навколо осі і не вдарив вас.

3. Динамометр підвішуйте до важеля обережно, щоб важки не зірвалися з плеча важеля.

Правила роботи з рідинами

1. Під час виконання робіт на встановлення теплового балансу воду треба і нагрівати не вище 70 °С.

2. З метою попередження опіку забороняється брати прилади та посудину з гарячою рідиною незахищеними руками.

3. Не пробуйте на смак рідин, які використовуються в дослідах, не допускайте їх розливання на робочий стіл.

Правила роботи при проведенні робіт з електрики

1. Складаючи електричне коло, уникайте перетину провідників (дротів).

2. Правильно вмикайте прилади: амперметр – послідовно, вольтметр – паралельно до споживача; дотримуйтеся полярності, вказаної на передній панелі приладів.

3. Під час проведення дослідів не допускайте граничних навантажень вимірювальних приладів.

4. При складанні експериментальних установок використовуйте провідники з міцною ізоляцією без видимих пошкоджень; забороняється користуватись провідниками зі спрацьованою ізоляцією.

5. Джерело живлення вмикайте в електричне коло в останню чергу.

6. Не торкайтесь елементів кола, що перебувають під напругою і не мають ізоляції.

7. Наявність напруги в колі перевіряйте лише відповідними приладами.

8. Не виконуйте повторно з'єднань у колі після ввімкнення джерела живлення.

9. Виявивши несправність в електричних пристроях, що перебувають під напругою, негайно вимкніть джерело живлення і повідомте про це викладача.

10. Під час користування реостатом не виводьте повзунок у положення короткого замикання.

11. Під час користування електронагрівальними приладами стережіться опіків від нагрітих деталей.

Правила роботи при проведенні робіт з оптики

1. Обережно поводьтеся з лінзами, лампочкою, щоб їх не розбити.

2. Не торкайтесь скляної поверхні оптичних приладів руками, щоб не змінити їх прозорість (бо на руках завжди є жир).

3. Обережно поводьтеся із запаленою свічкою, щоб не одержати опіків і не викликати пожежі.

Правила роботи при проведенні робіт з магнетизму

1. Обережно поводьтеся з постійними магнітами, не допускайте їх падіння, не вдаряйте по них сторонніми предметами, бо це призводить до їх розмагнічування.

2. Не торкайтесь магнітної стрілки постійними магнітами, бо це може призвести до її перемагнічування.

Після закінчення роботи

1. Приберіть своє робоче місце з дозволу викладача.

2. Складіть обладнання так, як воно було складено до початку роботи.

3. При потребі витріть стіл чистою ганчіркою.

Вимоги безпеки в екстремальних ситуаціях

У разі травмування (поранення, опіки тощо) або поганого самопочуття одразу повідомте викладача.

Лабораторні роботи

Лабораторна робота № ___

Визначення прискорення тіла при рівноприскореному русі

Мета роботи: обчислити прискорення, з яким рухається кулька по похилому жолобу.

Прилади і матеріали: вимірювальна стрічка, секундомір, жолоб, набір кульок однакового розміру та різної маси, штатив з муфтою та лапкою, металевий циліндр.

Короткі теоретичні відомості

Кінематика – це розділ механіки, який вивчає закономірності руху тіл без встановлення причин, що цей рух викликають.

Виділяють наступні види прямолінійного поступального руху: рівномірний, рівнозмінний (рівноприскорений, рівноуповільнений) та нерівнозмінний. Слід зазначити, що формули для обчислення швидкостей та шляхів для кожного з цих видів різні.

Дана робота зводиться до вимірювання величини переміщення S за відомий час t. Оскільки при рівноприскореному русі $S = \frac{at^2}{2}$ (початкова швидкість тіла дорівнює нулю), то, вимірявши S і t, можна знайти прискорення кульки за формулою: $a = \frac{2S}{t^2}$.

Хід роботи

1. Закріпіть жолоб за допомогою штатива в похилому положенні під невеликим кутом до горизонту. В нижній кінець жолоба покладіть металевий циліндр.

2. Пустіть по жолобу сталеву кульку, одночасно включивши секундомір, і виключить його в момент дотику кульки до циліндра. Визначте час руху кульки t.

3. За допомогою вимірювальної стрічки встановіть переміщення кульки S.

4. Повторіть дослід п'ять разів, змінюючи величину переміщення S, але не змінюючи кута нахилу жолоба. Величина переміщення змінюється при зміні положення циліндру в жолобі. Запишіть результати вимірювань S_n і t_n в таблицю.

5. З формули $a = \frac{2S}{t^2}$ знайти прискорення кульки для кожного з дослідів.

6. Для кожного з дослідів обчисліть відносну похибку вимірювання прискорення за допомогою формули: $(\omega_a)_n = (\omega_S)_n + 2(\omega_t)_n$,

де $(\omega_S)_n = \frac{\Delta S}{S_n}$, $(\omega_t)_n = \frac{\Delta t}{t_n}$, $n = 1, 2, 3, 4, 5$ – номер відповідного досліду, S_n та t_n – значення відповідних вимірювань переміщення кульки та часу.

Примітка: при кожному обчисленні ω_a вважайте, що:
$\Delta t = \Delta t_{інстр} + \Delta t_{вимір}$ – абсолютна похибка вимірювання часу,
$\Delta S = \Delta S_{інстр} + \Delta S_{вимір}$ – абсолютна похибка вимірювання переміщення. Значення інструментальної та вимірювальної складових похибок дивіться у паспорті приладів і в таблиці 1 пункту 1 зошиту.

$(\omega_a)_1 =$ _____

$(\omega_a)_2 =$ _____

$(\omega_a)_3 =$ _____

$(\omega_a)_4 =$ _____

$(\omega_a)_5 =$ _____

7. За допомогою формули $\Delta a_n = (\omega_a)_n \times a_n$ для кожного з дослідів обчисліть абсолютні похибки вимірювання прискорення та занесіть їх до таблиці. Подайте кінцеве значення прискорення у вигляді $a = a_{сер} \pm \Delta a_{сер}$ та запишіть його у висновку.

$\Delta a_1 =$ _____ $\Delta a_2 =$ _____

$\Delta a_3 =$ _____ $\Delta a_4 =$ _____

$\Delta a_5 =$ _____

$\Delta a_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ досл.	t_n, с	S_n, м	a_n, м/с^2	$a_{сер}$, м/с^2	$(\omega_a)_n$, %	Δa_n, м/с^2	$\Delta a_{сер}$, м/с^2
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Продовжіть фразу: рівноприскорений рух – це такий рух, при якому тіло ...

_____
_____

2. Продовжіть фразу: прискорення тіла – це векторна фізична величина, яка ...

_____
_____

3. Що таке миттєва швидкість тіла та за допомогою якої формули вона обчислюється при рівнозмінному русі?_____
_____
_____

4. Як залежить прискорення кульки при спуску по жолобу від її маси? _____
_____

5. Виведіть формулу, якою виражається залежність прискорення кульки від кута нахилу жолоба, вважаючи, що опір повітря відсутній, а коефіцієнт тертя дорівнює μ.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Зроби рисунок

6. ***Задача.*** Тіло вільно падає з висоти *19,6 м.* Через який час воно впаде та якою буде його швидкість біля поверхні землі? Опором повітря знехтувати.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Виготовлення динамометра та вимірювання ваги тіла

Мета роботи: навчитись градуювати пружинний динамометр із заданою ціною поділки та визначати за його допомогою вагу тіла.

Прилади і матеріали: динамометр із закритою шкалою, набір тягарців, штатив з муфтою та лапкою, лінійка.

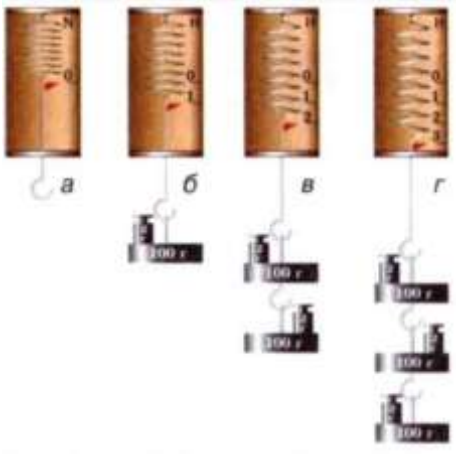
Короткі теоретичні відомості

Динаміка – розділ механіки, який вивчає причини виникнення механічного руху. Цією причиною в механіці є *сила* – векторна фізична величина, що є кількісною мірою механічної взаємодії тіл, в результаті якої вони або змінюють свій стан, або деформуються. Класична механіка базується на трьох законах Ньютона (згадайте їх).

Динамометр – прилад, призначений для вимірювання сили. Будова динамометра (від грецьких слів *динаміс* – сила; *метрео* – вимірюю) ґрунтується на тому, що сила пружності пружини за законом Гука прямо пропорційна видовженню (деформації) пружини.

Хід роботи

І. Градуювання динамометра



1. Закріпіть аркуш паперу на шкалі динамометра. Потім закріпіть динамометр із закритою шкалою вертикально в лапці штатива. Відзначте горизонтальною рискою початкове положення покажчика динамометра – це буде нульова поділка шкали (поставте цифру 0).

2. Підвісьте до динамометра один тягарець масою *102 г* і плавно відпустіть. Зачекайте, доки тягарець зупиниться в положенні рівноваги, відмітьте на папері нове положення покажчика динамометра й поставте цифру 1. Ця мітка відповідатиме силі в *1 Н*.

3. Повторіть дослід, підвішуючи тягарці масою *204 г, 306 г* і т.д. Щоразу відзначайте на папері положення покажчика динамометра й ставте позначки, що відповідають 2, 3 ньютонам і т.д.

4. Зніміть тягарці з динамометра, а потім зніміть динамометр зі штатива. Виміряйте лінійкою відстані між сусідніми відзначеними позначками.

5. Відстань між поділками поділіть на десять частин, проградуювавши таким чином динамометр з ціною поділки *0,1 Н*.

6. Вгорі над шкалою запишіть «F, Н». Ваш динамометр готовий.

ІІ. Вимірювання ваги тіла

1. Визначте вагу $P_{екс}$ наданих вам тіл за допомогою цього динамометра.

2. За допомогою важільних терезів знайдіть масу кожного з наданих вам тіл.

3. За формулою $P_{теор} = mg$ обчисліть вагу тіл. Порівняйте вагу $P_{екс}$ з вагою $P_{теор}$.

4. Повторіть дослід 5 разів для тіл з різною масою. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці.

Виконайте наступні розрахунки:

$P_{теор\ 1} =$ _____

$P_{теор\ 2} =$ _____

$P_{теор\ 3} =$ _____

$P_{теор\ 4} =$ _____

$P_{теор\ 5} =$ _____

Таблиця результатів

№ досліду	*Маса тіла m, кг*	*Вага тіла, виміряна динамометром, $P_{екс}$, Н*	*Вага тіла, обчислена за формулою, $P_{теор}$, Н*
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

Зробіть висновок

_____

_____

_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Дайте визначення ваги тіла. Чи є відмінність між вагою та масою тіла?

_____
_____
_____
_____

2. Який стан тіла називається невагомістю? _____

_____
_____

3. Чи завжди сила тяжіння дорівнює вазі тіла? Відповідь обґрунтуйте.

_____
_____
_____
_____

4. Чим обумовлюється похибка виготовленого динамометра?

_____
_____
_____
_____

5. Побудуйте графік залежності ваги тіла масою *10 кг* від прискорення, з яким рухається його опора перпендикулярно до поверхні землі. Діапазон зміни прискорення опори взяти від *-9,8 м/с*^{2} до *9,8 м/с*^{2}. Інші сили, окрім сили тяжіння та реакції опори, на тіло не діють.

Побудуй графік

6. ***Задача.*** Важок невідомої маси підвісили до пружини динамометра. При цьому вона розтягнулась на *5 см*. Знайдіть вагу важка, знаючи, що коефіцієнт жорсткості пружини динамометра *50 Н/м*.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Вивчення закону збереження повної механічної енергії

Мета роботи: експериментально підтвердити справедливість закону збереження повної механічної енергії.

Прилади і матеріали: прилад для демонстрації незалежності руху, терези і набір важків, білий і копіювальний папір, кульки, штатив з муфтами.

Короткі теоретичні відомості

Закон збереження енергії – закон, який стверджує, що повна енергія в ізольованих системах не змінюється з часом. Проте, енергія може перетворюватися з одного виду в інший.

Для деяких механічних систем на закон збереження вказував ще Лейбніц у 1686 році, для немеханічних процесів закон був встановлений Юліусом Робертом фон Майєром у 1845 році, Джеймсом Прескоттом Джоулем у 1843-1850 роках та Германом фон Гельмгольцем у 1847 році.

У механіці закон збереження енергії стверджує, що в замкненій системі частинок, повна енергія, що є сумою кінетичної та потенціальної енергій, не залежить від часу, тобто залишається величиною сталою. *Закон збереження енергії справедливий тільки для замкнених систем*, тобто за умови відсутності зовнішніх полів чи взаємодій.

Сили взаємодії між тілами, для яких виконується закон збереження механічної енергії називаються *консервативними*. Закон збереження механічної енергії не виконується для сил тертя, оскільки за наявності сил тертя відбувається перетворення механічної енергії в теплову.

Пристрій експериментальної установки для перевірки закону збереження повної механічної енергії зображено на рисунку 1. При відхиленні кульки на висоту h відносно рівня AA_1 їй надають запас потенціальної енергії $E_i = mgh$ (1). При русі стрижня з кулькою до положення рівноваги ця енергія перетворюється в кінетичну енергію поступального руху тіла $E_{\hat{e}} = \frac{m\upsilon^2}{2}$ (2). При зіткненні стрижня з опорою C кулька зривається з нього і описує параболу AD. Вимірюючи дальність польоту і висоту падіння кульки можна визначити її швидкість в точці A.

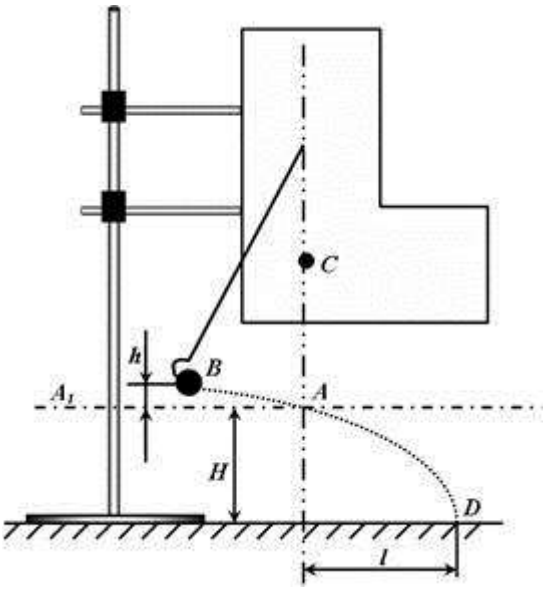


рис. 1

Лінійну швидкість центра мас кульки в точці *A* можна визначити, знаючи дальність польоту тіла *l* і час польоту *t*: $\upsilon = \frac{l}{t}$ (3). Рух кульки – це рух тіла, кинутого горизонтально. З аналогічних міркувань час польоту знайдемо із рівняння руху кульки вздовж вертикальної осі : $H = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$. Отже,

$$\upsilon = \frac{l}{\sqrt{\frac{2H}{g}}}.$$

Значить, кінетична енергія кульки в цій точці дорівнює: $E_к = \frac{mgl^2}{4H}$ (g = 9,8 *м/с*^{2}) (4).

Порівнюючи значення величин потенціальної (1) та кінетичної енергії (4), можна експериментально перевірити закон збереження повної механічної енергії.

Хід роботи

1. Складіть установку (рис. 1).

2. Визначте масу кульки за допомогою терезів. Знайдіть висоту кульки над поверхнею парти в положенні рівноваги (точка *A*).

3. Відхилити стрижень з кулькою на деякий кут і виміряти його висоту над поверхнею парти (точка *B*). Обчисліть різницю висот кульки в положення *B* та

A, знайшовши таким чином висоту підняття кульки h над положенням рівноваги (відносно рівня AA_1).

4. Обчисліть значення потенціальної енергії кульки в точці *B* відносно рівня AA_1 за формулою $E_n = mgh$.

5. Відпустіть стрижень так, щоб, зіткнувшись з опорою *C*, кулька злетіла з нього.

6. Виміряйте дальність польоту *l*, використавши для фіксування точок падіння білий та копіювальний папір.

7. Обчисліть кінетичну енергію кульки $E_к$ в положенні *A* за формулою $E_к = \frac{mgl^2}{4H}$.

8. Порівняйте отримані значення потенціальної та кінетичної енергії.

9. Повторіть пункти 1-8 п'ять разів для різних відхилень стрижня від точки *A*.

10. Оцініть відносні похибки вимірювань потенціальної та кінетичної енергій за формулами:

$(\omega_{E_n})_n = \frac{\Delta m}{m_n} + \frac{\Delta h}{h_n}$ – відносна похибка вимірювання потенціальної енергії, де $\Delta m = \Delta m_{інстр} + \Delta m_{вимір}$, $\Delta h = \Delta h_{інстр} + \Delta h_{вимір}$.

$(\omega_{E_к})_n = \frac{\Delta m}{m_n} + 2\frac{\Delta l}{l_n} + \frac{\Delta H}{H_n}$ – відносна похибка вимірювання кінетичної енергії, де $\Delta m = \Delta m_{інстр} + \Delta m_{вимір}$, $\Delta h = \Delta h_{інстр} + \Delta h_{вимір}$.

Значення інструментальних та вимірювальних складових беруться з паспортів приладів та таблиці 1 пункту 1 зошита.

11. За формулами $\Delta E_n = \omega_{E_n} \cdot E_n$ та $\Delta E_к = \omega_{E_к} \cdot E_к$ обчисліть для кожного з дослідів абсолютну похибку вимірювання потенціальної та кінетичної енергій.

12. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці результатів. Зробіть висновок, подавши значення отриманої потенціальної та кінетичної енергій.

Виконайте наступні розрахунки:

I. відносні та абсолютні похибки вимірювань потенціальної енергії

$(\omega_{E_n})_1 =$ _____

$(\omega_{E_n})_2 =$ _____

$(\omega_{E_n})_3 =$ _____

$(\omega_{E_n})_4 =$ _____

$(\omega_{E_n})_5 =$ _____

$(\Delta E_n)_1 =$ _____ $(\Delta E_n)_2 =$ _____

$(\Delta E_n)_3 =$ _____ $(\Delta E_n)_4 =$ _____

$(\Delta E_n)_5 =$ _____ $(\Delta E_n)_{сер} =$ _____

II. відносні та абсолютні похибки вимірювань кінетичної енергії

$(\omega_{E_к})_1 =$ _____

$(\omega_{E_к})_2 =$ _____

$(\omega_{E_к})_3 =$ _____

$(\omega_{E_к})_4 =$ _____

$(\omega_{E_к})_5 =$ _____

$(\Delta E_к)_1 =$ _____ $(\Delta E_к)_2 =$ _____

$(\Delta E_к)_3 =$ _____ $(\Delta E_к)_4 =$ _____

$(\Delta E_к)_5 =$ _____ $(\Delta E_к)_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ досл.	m, кг	H, м	H_B, м	h, м	$E_п$, Дж	l, м	$E_к$, Дж	$\omega_{E_п}$, %	$\omega_{E_к}$, %	$\Delta E_п$, Дж	$\Delta E_к$, Дж
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											

$(E_п)_{сер}$ = _____

$(E_к)_{сер}$ = _____

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Дайте означення енергії. Які види енергії вам відомі? _____
_____
_____
_____
_____

2. Охарактеризуйте кожен з видів енергії. Що називають повною механічною енергією тіла?_____
_____
_____
_____

3. В яких випадках виконується закон збереження повної механічної енергії?
_____
_____
_____

4. Які фактори обумовлюють похибку вимірювання енергій в даній роботі?
_____
_____
_____
_____

5. Запропонуйте інші способи експериментального підтвердження справедливості закону збереження повної механічної енергії. _____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Кульку підкидають вертикально вгору зі швидкістю *16 м/с*. На якій висоті кінетична і потенціальна енергія кульки будуть рівні?

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Дослідження ізобаричного процесу

Мета роботи: експериментально підтвердити справедливість закону Гей-Люссака (для ізобаричного поцесу).

Прилади і матеріали: скляна трубка завдовжки *600 мм* і діаметром 8-*10 мм*, запаяна з одного кінця; циліндрична посудина висотою *600 мм* і діаметром *40-50 мм*, наповнена гарячою водою ($t \approx 60$ °*C*); склянка з водою кімнатної температури; пластилін; термометр; лінійка.

Короткі теоретичні відомості

Подібно до використання в механіці ідеалізованого поняття матеріальної точки, в молекулярній фізиці використовують поняття *ідеального газу* як величезної сукупності матеріальних точок, які не взаємодіють одна з одною на відстані. За умови достатньо низького тиску і високої температури реальні гази (азот, кисень та ін.) за своїми властивостями близькі до моделі ідеального газу.

Величини *p, V* і *T*, які визначають стан газу, називають *параметрами стану*. Рівняння, до складу якого одночасно входять всі параметри, називається рівнянням стану.

Процес у газі – це будь-яка дія, що змінює його стан (нагрівання, охолодження, стиснення). При цьому можуть змінюватись або всі три параметри стану, або два з них.

Ізопроцесами називаються процеси, що відбуваються в системі з незмінною масою за сталого значення одного з параметрів стану системи.

Закон Гей-Люссака в алгебраїчній формі має наступний вигляд:

$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ при $p - const;\ m - const$.

Щоб перевірити його справедливість, потрібно виміряти об'єм і температуру газу в двох станах при сталому тиску і перевірити справедливість наведеної рівності. Це можна зробити, використовуючи повітря при атмосферному тискові.

Хід роботи

1. Скляну трубку відкритим кінцем догори вставляють на *3-5 хв*. у циліндричну посудину з гарячою водою (рис. 1, а). У цьому випадку об'єм повітря V_1 дорівнює об'єму скляної трубки, а температура – температурі гарячої води T_1, яку вимірюємо термометром. Це – перший стан.

2. Відкритий кінець скляної трубки, що знаходиться в гарячій воді замазують пластиліном. Після цього трубку виймають з посудини з гарячою водою і замазаний кінець швидко опускають у склянку з водою кімнатної температури

(рис. 1, б), а потім під водою знімають пластилін. В міру охолодження повітря в трубці вода в ній підніматиметься. Після припинення піднімання води в трубці об'єм повітря V_2 та тиск p_2 в ній зменшаться.

3. Щоб тиск повітря в трубці знову дорівнював атмосферному, потрібно збільшити глибину занурення трубки в склянку доти, поки рівні води в трубці і в склянці не будуть однаковими (рис. 1, в). Це буде другий стан повітря в трубці при температурі навколишнього повітря T_2.

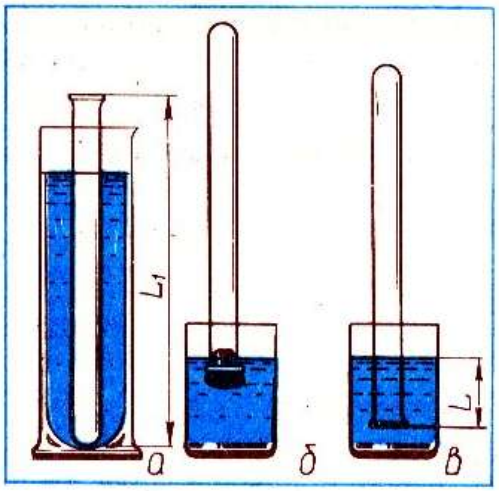


рис.1

4. Відношення об'ємів повітря в трубці в першому і другому станах можна замінити відношенням висот повітряних стовпів у трубці в цих станах, якщо переріз трубки однаковий по всій довжині $\left(\frac{V_1}{V_2}=\frac{Sl_1}{Sl_2}=\frac{l_1}{l_2}\right)$.

Тому в роботі слід порівняти відношення $\frac{l_1}{l_2}$ і $\frac{T_1}{T_2}$ (1).

5. Повторіть дослід 5 разів для різних початкових температур.

6. Обчисліть відносні (ω_1, ω_2) та абсолютні (Δ_1, Δ_2) похибки знаходження відношень (1) відповідно за формулами:

$\omega_1=\frac{\Delta l}{l_1}+\frac{\Delta l}{l_2}$, $\Delta_1=\frac{l_1}{l_2}\cdot\omega_1$ – відносна та абсолютна похибки вимірювання $\frac{l_1}{l_2}$;

$\omega_2=\frac{\Delta T}{T_1}+\frac{\Delta T}{T_2}$, $\Delta_2=\frac{T_1}{T_2}\cdot\omega_2$ – відносна та абсолютна похибки вимірювання $\frac{T_1}{T_2}$.

При цьому, для кожного з дослідів $\Delta l=\Delta l_{інстр}+\Delta l_{вимір}$; $\Delta T=\Delta T_{інстр}+\Delta T_{вимір}$ (значення інструментальної та вимірювальної складових похибок дивіться у паспорті приладів і в таблиці 1 пункту 1 зошита).

7. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці.

8. Перевірте, чи мають спільні точки проміжки $\frac{l_1}{l_2}\pm\Delta_1$ та $\frac{T_1}{T_2}\pm\Delta_2$ для кожного з дослідів.

I. Виконайте розрахунки похибок обчислення відношення $\frac{l_1}{l_2}$:

1-ий дослід: $\omega_1=$_____ $\Delta_1=$_____

2-ий дослід: $\omega_1 =$ _____ $\Delta_1 =$ _____

3-ій дослід: $\omega_1 =$ _____ $\Delta_1 =$ _____

4-ий дослід: $\omega_1 =$ _____ $\Delta_1 =$ _____

5-ий дослід: $\omega_1 =$ _____ $\Delta_1 =$ _____

II. Виконайте розрахунки похибок обчислення відношення $\frac{T_1}{T_2}$:

1-ий дослід: $\omega_2 =$ _____ $\Delta_2 =$ _____

2-ий дослід: $\omega_2 =$ _____ $\Delta_2 =$ _____

3-ій дослід: $\omega_2 =$ _____ $\Delta_2 =$ _____

4-ий дослід: $\omega_2 =$ _____ $\Delta_2 =$ _____

5-ий дослід: $\omega_2 =$ _____ $\Delta_2 =$ _____

Таблиця результатів

№ досл.	T_1, *К*	l_1, *см*	t_2, °*С*	T_2, *К*	l_2, *см*	l_1/l_2	T_1/T_2	ω_1, %	ω_2, %	Δ_1	Δ_2
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											

Зробіть висновок

_____

_____

_____

Контрольні питання та завдання

1. Назвіть основні термодинамічні параметри газу.

_____

_____

_____

2. Сформулюйте закон Бойля-Маріотта. _____

_____

_____
_____

3. Чому після занурення трубки у склянку з водою кімнатної температури і після зняття пластиліну вода в трубці піднімається? __
_____
_____
_____

4. Чому у випадку, коли рівні води у склянці і в трубці однакові, тиск повітря в трубці дорівнює атмосферному?_____
_____
_____
_____

5. Наведіть приклади ізобаричного процесу в природі або техніці.
_____
_____
_____

6. При якому з ізопроцесів газ не виконує роботи? Відповідь поясніть.
_____
_____
_____

7. ***Задача.*** Газ займав об'єм *20 л*. Його охолодили при постійному тискові на 40 °С, після чого об'єм став дорівнювати *18 л*. Якою була початкова температура газу?

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Вимірювання відносної вологості повітря

Мета роботи: навчитись визначати відносну вологість повітря за допомогою психрометра.

Прилади і матеріали: психрометр, психрометричні таблиці, піпетка.

Короткі теоретичні відомості

Величина, що характеризує вміст водяної пари в різних частинах атмосфери Землі, називається вологістю повітря. Для кількісної оцінки вологості повітря використовують поняття абсолютної та відносної вологості повітря.

На практиці більш чітке уявлення про степінь вологості повітря дає *відносна вологість*. Вона вимірюється числом, яке показує, скільки відсотків складає тиск (або густина) водяної пари, що знаходиться в повітрі, від тиску (або густини) водяної пари, необхідної для насичення повітря *при даній температурі*: $B = \frac{p}{p_н} \cdot 100\ \%$ або $B = \frac{\rho}{\rho_н} \cdot 100\ \%$.

Більшість приладів для визначення вологості повітря називають *гігрометрами*. В ході роботи будемо використовувати гігрометр психрометричний, який частіше називають «психрометром».

Хід роботи

1. Ознайомтесь з будовою наданого психрометра, з'ясуйте, який з термометрів сухий, а який вологий.

2. Встановіть температуру повітря в аудиторії (або на вулиці) за показаннями сухого термометра $t°_{сух}$.

3. За допомогою піпетки змочіть шарик вологого термометра та спостерігайте за зниженням його ртутного стовпчика. Коли зниження припиниться, встановіть значення температури $t°_{вол}$.

4. Знайдіть різницю показань сухого та вологого термометрів $\Delta t°$.

5. Користуючись психрометричною таблицею, встановіть значення відносної вологості повітря.

6. Повторіть дослід 3 рази, обчисліть середнє значення відносної вологості повітря та занесіть отримані дані до таблиці.

Таблиця результатів

№ досліду	$t°_{сух}$, *°C*	$t°_{вол}$, *°C*	$\Delta t°$, *°C*	*B, %*	$B_{сер}$, *%*
1.					
2.					
3.					

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Яка пара називається насиченою? _____
_____
_____
_____

2. Який процес називається випаровуванням? Чим він відрізняється від кипіння?_____
_____
_____
_____
_____

3. Дайте визначення абсолютної вологості повітря._____
_____
_____

4. Відносна вологість повітря становить *70%*. Що це означає? _____
_____
_____
_____

5. У двох приміщеннях температура повітря однакова. При вимірюванні відносної вологості повітря різниця показань термометрів психрометра в першому приміщенні становила *2°C*, а в другому дорівнювала *4°C*. В якому приміщенні повітря більш сухе? Відповідь обґрунтуйте. _____
_____
_____
_____
_____

_____

_____

6. ***Задача.*** Обчисліть масу водяної пари, яку містить повітря в аудиторії, враховуючи встановлену в ході роботи відносну вологість. *Підказка: для цього необхідно скористатись таблицею залежності густини насиченої водяної пари від температури повітря.*

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини

Мета роботи: визначити коефіцієнт поверхневого натягу води методом відриву петлі.

Прилади і матеріали: динамометр типу ДПН (або мілідинамометр), посудина з дистильованою водою, штатив, лінійка вимірювальна, пінцет.

Короткі теоретичні відомості

На молекули, що перебувають в поверхневому шарі рідини, діють сили з боку інших молекул, направлені всередину рідини. Щоб молекула вийшла з внутрішніх шарів у поверхневий шар рідини, необхідно виконати роботу проти дії сил молекулярного притягання. В результаті цього молекули поверхневого шару мають надлишок енергії, який називають *вільною енергією*.

Сила, обумовлена взаємодією молекул рідини, яка намагається скоротити площу її вільної поверхні та направлена по дотичній до цієї поверхні, називається *силою поверхневого натягу* рідини. Вона обчислюється за формулою: $F_н = \sigma \cdot l$, де l – довжина границі вільної поверхні рідини, σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини.

В роботі використовується наступний метод вимірювання коефіцієнту поверхневого натягу. Дротяну П-подібну петлю, прикріплену до чутливого динамометра, повністю занурюють в рідину, а потім повільно витягують з неї. При цьому на петлі утворюється плівка. Коли сила пружності пружини динамометра F стане рівна силі поверхневого натягу $F_н$, плівка розривається. Враховуючи, що $F_і = \sigma \cdot 2L$, де L – довжина петлі, маємо: $\sigma = \dfrac{F}{2L}$ (1).

Хід роботи

1. Підготуйте прилад для виконання вимірювань. Для цього надіньте на гачок 7 петлю 8 (рис.1). Брати петлю руками небажано, тому скористайтесь пінцетом або відрізком тонкого дроту. Притримуючи кнопку 1, відкрутіть стопорний гвинт 2. Натискаючи на кнопку 1, встановіть стрілку динамометра на нульову поділку шкали. При необхідності злегка поверніть кнопку, щоб кінчик стрілки був поблизу шкали. Закрутіть стопорний гвинт.

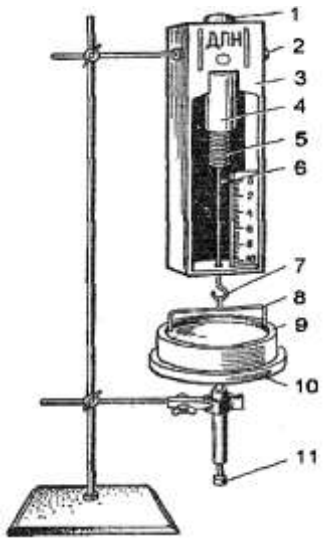


рис. 1

2. Налийте в чашку 9 дистильовану воду і встановіть чашку на підставку 10.

3. Виміряйте довжину петлі.

4. Обертаючи гвинт 11, підніміть чашку з рідиною до такого рівня, щоб петля повністю занурилась у воду.

5. Повільно опускайте чашку з водою, для чого викручуйте гвинт 11 до тих пір, поки не розірветься плівка рідини, що тягнеться за петлею. Зафіксуйте, при якому значенні сили *F* відбувається розрив плівки.

Примітка: Іноді після розриву плівки петля зривається з гачка і падає в чашку. Виймати її слід пінцетом або тонкою дротиною і перед тим, як повісити на гачок, потрібно видалити з петлі краплини рідини.

6. Повторіть вимірювання сили 5 разів для даної петлі, після чого обчисліть її середнє значення: $F_{сер} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}{5}$. Саме це значення підставляйте до формули (1) при розрахунку коефіцієнта поверхневого натягу.

7. За формулою $(\omega_\sigma)_n = \frac{\Delta F}{(F_{сер})_n} + \frac{\Delta L}{L_n}$ знайдіть відносну похибку обчислення *σ*. Абсолютні похибки вимірювань сили та довжини петлі знаходяться відповідно за формулами: $\Delta F = \Delta F_{інстр} + \Delta F_{вимір}$ та $\Delta L = \Delta L_{інстр} + \Delta L_{вимір}$ (інструментальні та вимірювальні складові необхідно взяти з паспорту приладів та з таблиці 1 пункту 1 зошита).

8. За формулою $\Delta\sigma_n = (\omega_\sigma)_n \cdot \sigma_n$ визначить абсолютну похибку.

9. Виконайте пункти 3-8 для двох інших петель. Дані занесіть до таблиці. Остаточну відповідь запишіть у висновку у вигляді: $\sigma = \sigma_{сер} \pm \Delta\sigma_{сер}$. Порівняйте обчислене значення з табличним.

Виконайте наступні розрахунки:

$(\omega_\sigma)_1 =$ _____ $\Delta\sigma_1 =$ _____

$(\omega_\sigma)_2 =$ _____ $\Delta\sigma_2 =$ _____

$(\omega_\sigma)_3 =$ _____ $\Delta\sigma_3 =$ _____

$\Delta\sigma_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

L, мм	F, мН					$F_{сер}$, мН	σ_n, Н/м	$\sigma_{сер}$, Н/м	$(\omega_\sigma)_n$, %	$\Delta\sigma_n$, Н/м
	1	2	3	4	5					

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Дайте визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини. _____
_____
_____
_____

2. Чому в стані невагомості капля приймає форму кулі?
_____
_____
_____
_____

3. Які явища називають капілярними?
_____
_____
_____

4. В чому полягає явище змочування?_____
_____
_____
_____

5. Наведіть приклади капілярних явищ в природі та побуті._____
_____
_____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** При вимірюванні поверхневого натягу води користувались динамометром та алюмінієвим кільцем. Його опускали на поверхню води, а потім відривали від неї. Маса кільця *5,7 г*, його середній діаметр *200 мм*. Динамометр при відриві кільця показував *0,15 Н*. Обчисліть коефіцієнт поверхневого натягу рідини.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Визначення модуля пружності гуми та коефіцієнта жорсткості пружини

Мета роботи: експериментально визначити модуль пружності гуми і жорсткість пружини.

Прилади і матеріали: гумовий шнур, штатив з лапкою, вимірювальна лінійка (або штангенциркуль), динамометр, набір важків.

І. Визначення модуля пружності гуми

Короткі теоретичні відомості

Як відомо, зв'язок між пружними деформаціями та внутрішніми силами в матеріалі вперше була встановлена англійським вченим Р. Гуком. В теперішній час *закон Гука* формулюється наступним чином: механічна напруга σ в пружно деформованому тілі прямо пропорційна відносній деформації ε цього тіла: $\sigma = k \cdot \varepsilon$, де k – *модуль пружності речовини*, що характеризує залежність механічної напруги в матеріалі від речовини та зовнішніх умов.

У випадку деформації одностороннього розтягу або стискання модуль пружності називають модулем Юнга та позначають *E*.

Враховуючи це, для деформації розтягу гумового шнура, яка буде проводитись в роботі, закон Гука можна записати у вигляді:

$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\sigma}{E}$ (1), де E – модуль пружності (Юнга) гуми; $\sigma = \frac{F}{S}$ (2) – механічна напруга, яка виникає в досліджуваному шнурі; F – сила, яка діє на шнур; S – площа його поперечного перерізу; l_0 – початкова довжина шнура, Δl – його видовження.

Вимірявши діаметр шнура D, можна обчислити площу його поперечного перерізу в недеформованому стані за відомою формулою: $S_0 = \frac{\pi D^2}{4}$ (3). Площа перерізу S зразка в деформованому стані обчислюється виходячи з того, що об'єм гуми збільшується на незначну величину і при малих деформаціях $S_0 l_0 = Sl$. Тому $S = S_0 \frac{l_0}{l}$ (4).

Враховуючи (2), (3) та (4), для знаходження значення модуля Юнга отримуємо наступну розрахункову формулу: $E = \frac{4Fl}{\pi D^2 \Delta l}$.

Хід роботи

1. Виміряйте діаметр шнура за допомогою штангенциркуля (або скориставшись

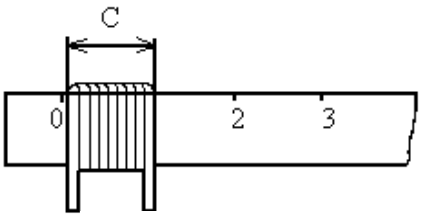


рис.1

вимірювальною лінійкою, як це показано на рис. 1; при цьому діаметр шнура можна обчислити за формулою $d=C/N$, де C – товщина намотаного зразка, N – кількість його витків).

2. Один кінець шнура закріпіть в лапці штатива, а на іншому зробіть петлю.

3. Виміряйте довжину шнура l_0 від нижнього краю лапки до петлі.

4. Зачепіть гачок динамометра за петлю і розтягуйте шнур, прикладаючи сили *1Н, 1,5 Н, 2 Н* і т.д. Для кожного випадку визначіть видовження гумового шнура за формулою $\Delta l = l - l_0$, де l – довжина видовженого шнура.

5. Проведіть дослід 5 разів для різних значень сили.

6. Для кожного досліду обчисліть відносну похибку вимірювань за формулою: $(\omega_E)_n = \frac{\Delta F}{F_n} + \frac{\Delta l}{(l)_n} + 2\frac{\Delta D}{D_n} + \frac{\Delta l}{(l - l_0)_n}$, де ΔF, Δl, ΔD – абсолютні похибки вимірювань динамометра, лінійки та штангенциркуля (мікрометра) відповідно, які знаходяться за відомими формулами:
$\Delta F = \Delta F_{інстр} + \Delta F_{вимір}$, $\Delta l = \Delta l_{інстр} + \Delta l_{вимір}$, $\Delta D = \Delta D_{інстр} + \Delta D_{вимір}$.
Інструментальні та вимірювальні складові похибок дивіться у паспортах зазначених приладів та у таблиці 1 пункту 1 зошита.

7. Знайдіть абсолютні похибки кожного з вимірювань модуля пружності (Юнга) гуми за формулою: $\Delta E_n = (\omega_E)_n \times E_n$.

8. У висновку подайте значення модуля пружності (Юнга) гуми у вигляді: $E = E_{сер} \pm \Delta E_{сер}$. Порівняйте його з табличним значенням.

Виконайте наступні розрахунки:

$(\omega_E)_1 =$ _____

$(\omega_E)_2 =$ _____

$(\omega_E)_3 =$ _____

$(\omega_E)_4 =$ _____

$(\omega_E)_5 =$ _____

$\Delta E_1 =$ _____

$\Delta E_2 =$ _____

$\Delta E_3 =$ _____

$\Delta E_4 =$ _____

$\Delta E_5 =$ _____

$\Delta E_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ досліду	D_n, *м*	l_0, *м*	F_n, *Н*	Δl, *м*	E_n, *МПа*	$E_{сер}$, *МПа*	$(\omega_E)_n$, *%*	ΔE_n, *МПа*
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

Зробіть висновок:

_____
_____
_____
_____
_____

ІІ. Вимірювання жорсткості пружини

Короткі теоретичні відомості

Раніше було наведено одне з формулювань закону Гука. Проте, дуже часто цей закон формулюється наступним чином: сила пружності, яка виникає в тілі при його деформації, прямо пропорційна величині цієї деформації, тобто $F = k \cdot |x|$. В цій формулі $|x|$ – абсолютне видовження тіла, k – коефіцієнт жорсткості, що залежить від його розмірів та роду речовини. Видовження пружини *в межах границі пропорційності* повністю узгоджується з цим законом.

Таким чином, для визначення коефіцієнта жорсткості пружини необхідно прикласти до неї силу відомої величини та виміряти утворене видовження. Враховуючи, що за третім законом Ньютона сила тяжіння, яка діє на важки, дорівнює силі пружності, що виникає в пружині, то $k = \dfrac{mg}{|x|}$.

Хід роботи

1. Закріпіть на штативі кінець спіральної динамометр.

2. Поряд з динамометром закріпіть лінійку. Записати ту поділку лінійки, проти якої знаходиться стрілка – покажчик динамометра.

3. Підвісьте до пружини важок відомої маси й виміряти спричинене ним видовження пружини. До першого важка підвісьте другий, третій і т.д., записуючи щоразу видовження $|x|$ пружини.

4. Для кожного досліду обчисліть відносну похибку вимірювань коефіцієнта жорсткості пружини за формулою: $\omega_n = \frac{\Delta m}{m_n} + \frac{\Delta x}{|x|_n}$, де Δm, Δx – абсолютні похибки вимірювань маси важків та лінійки, причому Δm вказується у паспорті набору важків, а $\Delta x = \Delta x_{інстр} + \Delta x_{вимір}$ (див. таблицю 1).

5. Знайдіть абсолютні похибки кожного з вимірювань коефіцієнта жорсткості пружини формулою: $\Delta k_n = \omega_n \times k_n$.

6. Запишіть висновок, подавши значення коефіцієнта жорсткості пружини у вигляді: $k = k_{сер} \pm \Delta k_{сер}$.

Виконайте наступні розрахунки:

$\omega_1 =$ _____

$\omega_2 =$ _____

$\omega_3 =$ _____

$\omega_4 =$ _____

$\omega_5 =$ _____

$\Delta k_1 =$ _____

$\Delta k_2 =$ _____

$\Delta k_3 =$ _____

$\Delta k_4 =$ _____

$\Delta k_5 =$ _____

$\Delta k_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№	m_n, *кг*	$(mg)_n$, *Н*	$\lvert x\rvert_n$, *м*	k_n, *Н/м*	$k_{сер}$, *Н/м*	ω_n, %	Δk_n, *Н/м*
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Зробіть висновок:

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Що таке деформація тіла? _____
_____
_____
_____

2. Дайте визначення механічної напруги. _____
_____
_____
_____
_____

3. Що характеризує модуль пружності?_____
_____
_____

4. Що називається границею пружності?_____
_____

_____

5. Поясніть, в яких випадках можна застосовувати закон Гука?_____
_____
_____

6. Поясніть, що необхідно було б врахувати, аби отримати більш точне значення коефіцієнта пружності деформованої пружини (друга частина роботи)? _____
_____
_____
_____

7. Як пов’язані між собою модуль пружності металу, з якого виготовлена пружина, та її коефіцієнт жорсткості?_____
_____
_____
_____

8. ***Задача.*** Чому дорівнює жорсткість пружини, яка розтягується на *5 см*, якщо на ній врівноважити тіло масою *2,5 кг* ?

Дано:	*Розв’язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Визначення ЕРС і внутрішнього опору джерела струму

Мета роботи: навчитись експериментально визначати ЕРС і внутрішній опір джерела струму; навчитись правильно збирати електричні кола, користуючись схемами.

Прилади і матеріали: досліджуваний гальванічний елемент Е-515 (4 елемента), лабораторний амперметр (шкільний), штепсельний реостат або дротяні спіралі, ключ, лабораторний вольтметр (шкільний) – 2шт., реостат, з'єднувальні провідники.

Короткі теоретичні відомості

Електричним колом називають сукупність активних і пасивних елементів. Для повного кола справедливий закон Ома, який математичній формі записується наступним чином: $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$, де ε – елетрорушійна сила, R – загальний опір зовнішнього кола, r – внутрішній опір джерела струму. Цю рівність можна переписати в іншому вигляді: $\varepsilon = IR + Ir$ (1).

Слід зазначити, що при замиканні на джерелі струму зовнішнього кола значення напруги на його затискачах буде меншим від значення ЕРС.

Хід роботи

1. Зберіть електричне коло, як показано на рисунку.

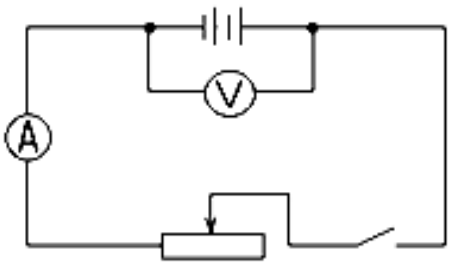


рис. 1

2. Встановіть деяке значення опору реостата R_1 та, замкнувши ключ, зніміть показання амперметра I_1.

3. Перемістивши повзунок реостата в інше положення (R_2), запишіть значення сили струму I_2 .

4. Підставивши значення сили струму та напруги двічі у формулу (1), отримаємо систему двох рівнянь з двома невідомими ε та r:

$$\begin{cases} \varepsilon = I_1 R_1 + I_1 r \\ \varepsilon = I_2 R_2 + I_2 r \end{cases}$$

Розв'язавши її, знаходимо значення ЕРС та внутрішнього опору джерела.

5. Повторіть дослід 3 рази, змінюючи початкове значення опору реостата.

Примітка: значення опору реостата можна отримати більш точно, паралельно до нього приєднати ще один вольтметр. Для кожного положення повзунка можна знайти опір, використовуючи закон Ома для ділянки кола та підставляючи до нього показання амперметра та приєднаного вольтметра.

6. Обчисліть середнє значення ЕРС та внутрішнього опору джерела струму. ***Подумайте, як отримане значення ЕРС перевірити експериментально?***

7. Дані занесіть до таблиці. Зробіть висновок.

Виконайте необхідні розрахунки:

$\varepsilon_{сер} =$ _____

$r_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ досл.	R_1, Ом	I_1, А	R_2, Ом	I_2, А	ε, В	r, Ом	$\varepsilon_{сер}$, В	$r_{сер}$, Ом	$\varepsilon_{екс}$, В
1.									
2.									
3.									

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Дайте визначення електрорушійної сили джерела._____
_____
_____
_____
_____

2. Чому при замиканні на джерелі струму зовнішнього кола значення напруги на його затискачах буде меншим від значення ЕРС? _____
_____
_____
_____

3. Напруга між двома точками електричного кола становить *1 В*. Що це означає? _____
_____
_____

4. Поясніть, що потрібно було б врахувати при виконанні роботи, аби отримати більш точні результати?_____
_____
_____
_____
_____

5. Що таке струм короткого замикання та чим він небезпечний?
_____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Знайдіть внутрішній опір та ЕРС джерела струму, якщо при силі струму *30 А* потужність у зовнішньому колі дорівнювала *180 Вт*, а при силі струму *10 А* ця потужність дорівнювала *100 Вт*.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Визначення показника заломлення світла (для скла)

Мета роботи: експериментально визначити показник заломлення світла для скла.

Прилади і матеріали: скляна пластинка з паралельними гранями, аркуш паперу, лінійка, транспортир, циркуль, олівець, канцелярські кнопки.

Короткі теоретичні відомості

Показник заломлення або *абсолютний показник заломлення* – це характерне для середовища число, яке визначає в скільки разів швидкість розповсюдження світла в середовищі менша за швидкість світла у вакуумі.

При переході світлового променя з одного середовища в інше змінюється напрям його руху. Закон заломлення світла в математичній формі має вигляд:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$ (1), де α та β – кути падіння та заломлення відповідно, n_1 та n_2 – абсолютні показники заломлення середовищ, n_{21} – відносний показник заломлення середовища 2 відносно середовища 1.

Хід роботи

1. Кнопками закріпіть на столі гладенький аркуш товстого паперу і встановіть посередині нього скляну пластинку з паралельними гранями (рис.1). Біля самих граней пластинки накреслити олівцем лінії AB і A_1B_1. На папері ці лінії будуть позначати межу середовищ – скла і повітря.

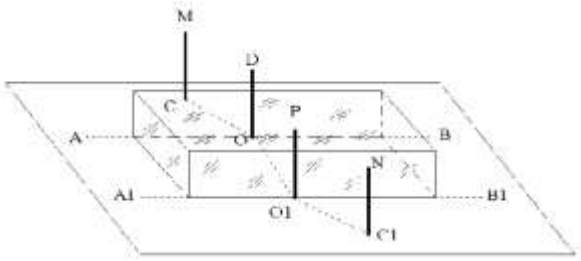


рис.1

2. Встановіть з одного боку скла перпендикулярно до площини паперу дві шпильки: одну біля самої пластинки (у точці O), другу – на віддалі 8-10 см від першої (в точці C), як показано на рисунку. Між прямою, що проходить через точки O і C, та прямою AB має утворитись невеликий гострий кут. Потім, дивлячись на ці шпильки (CM і OD) через скло з боку грані A_1B_1, встроміть перед нею ще дві шпильки O_1P і C_1N перпендикулярно до аркуша паперу так, щоб вони закривали собою шпильки CM і OD, встромлені за скляною пластинкою.

Примітка. Шпильку O_1P встромлюють біля пластинки, а шпильку C_1N – далі від неї на 8-10 см.

3. Після цього, знявши скло та шпильки і позначивши олівцем місця проколів, з'єднайте лініями сліди від проколів (прямі CO і C_1O_1) до перетину їх з лініями AB і A_1B_1 (рис. 2).

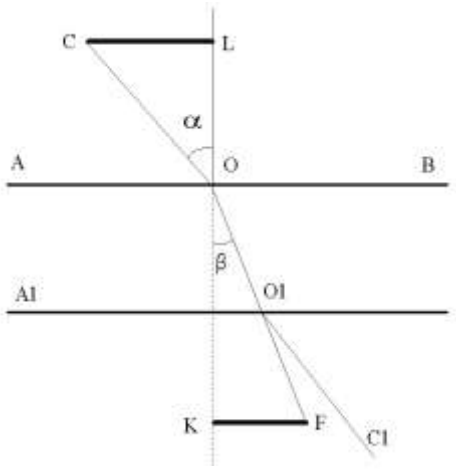


рис.2

4. Проведіть перпендикуляр OL у точку падіння променя O, продовживши його пунктирною лінією по другий бік від лінії AB. Потім проведіть лінію OO_1, що позначатиме хід променя в склі, і продовжити її далі, наприклад, до точки F. Позначте кут падіння через α, а кут заломлення через β.

5. Через точки F та C проведіть дві лінії, паралельні AB і A_1B_1 (лінії KF та CL)

6. Згідно з рисунком $\sin\alpha = \frac{CL}{CO}$, $\sin\beta = \frac{KF}{OF}$. Вимірявши довжини цих ліній та підставивши їх до формули (1), отримуємо, що $n_{21} = \frac{CL \cdot OF}{CO \cdot KF}$ (2). Через те, що абсолютний показник заломлення повітря дорівнює 1, $n_{21} = n_{\text{ñêëà}}$.

7. Проведіть дослід 4-5 разів, щоразу змінюючи значення кута падіння світлового променя, та обчисліть за формулою (2) значення показника заломлення скла.

Примітка. Вказані досліди можна провести відразу, не знімаючи пластинки.

8. Результати вимірювань та обчислень записати в таблицю.

9. Для кожного з дослідів обчисліть відносну похибку вимірювання показника заломлення скла за формулою: $(\omega_n)_k = \frac{\Delta l}{(CL)_k} + \frac{\Delta l}{(OF)_k} + \frac{\Delta l}{(CO)_k} + \frac{\Delta l}{(KF)_k}$, де $\Delta l = \Delta l_{інстр} + \Delta l_{вимір}$ – абсолютна похибка вимірювання довжини ліній, k – номер досліду. Значення інструментальної та вимірювальної складових похибок дивіться в таблиці 1 пункту 1 зошиту.

10. За формулою $\Delta n_k = (\omega_n)_k \cdot n_k$ обчисліть абсолютну похибку вимірювання показника заломлення для кожного з дослідів.

11. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці. Зробіть висновок, подавши у ньому значення показника заломлення скла у вигляді $n = n_{\text{ñåð}} \pm \Delta n_{\text{ñåð}}$.

Виконайте наступні розрахунки:

$(\omega_n)_1 =$ _____

$(\omega_n)_2 =$ _____

$(\omega_n)_3 =$ _____

$(\omega_n)_4 =$ _____

$(\omega_n)_5 =$ _____

$\Delta n_1 =$ _____ $\Delta n_2 =$ _____

$\Delta n_3 =$ _____ $\Delta n_4 =$ _____

$\Delta n_5 =$ _____

$\Delta n_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ досл.	$(CL)_k$, *см*	$(OF)_k$, *см*	$(CO)_k$, *см*	$(KF)_k$, *см*	n_k	$n_{сер}$	$(\omega_n)_k$, *%*	Δn_k	$\Delta n_{сер}$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Чому дорівнює показник заломлення повітря відносно скла?

_____
_____

_____
_____

2. Чому в дослідах слід брати великий кут падіння? _____
_____
_____
_____

3. Як абсолютний показник заломлення середовища пов'язаний зі швидкістю світла в ньому ? _____
_____
_____
_____

4. В чому полягає явище повного відбивання променя? _____
_____
_____
_____

5. Що таке дисперсія світла? _____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Під яким кутом повинен падати промінь на поверхню скла, щоб кут заломлення був удвічі меншим за кут падіння.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Вивчення явища електромагнітної індукції

Мета роботи: експериментально вивчити явища електромагнітної індукції та самоіндукції.

Прилади і матеріали: котушка з великою кількістю витків, дві котушки з осердями, два підковоподібні магніти, гальванометр демонстраційний, джерело постійного струму на *5...6 В,* реостат на *30 Ом,* реостат на *10 Ом,* ключ, з'єднувальні провідники.

Короткі теоретичні відомості

Електромагнітна індукція – виникнення електрорушійної сили у провіднику, що перебуває у змінному магнітному полі. Явище електромагнітної індукції відкрив у 1831 році Майкл Фарадей. До того було відомо, що електричний струм у провіднику створює магнітне поле. Однак оберненого явища не спостерігалося.

Постійне магнітне поле не створює електричного струму. Фарадей встановив, що струм виникає при зміні магнітного поля. Якщо підносити й віддаляти від рамки з провідного матеріалу постійний магніт, то стрілка підключеного до рамки вольтметра відхилятиметься, фіксуючи виникнення електричного струму. Ще краще це явище проявляється, якщо вставляти (виймати) магнітне осердя в котушку з намотаним провідником.

Хід роботи

1. Приєднайте котушку з 1200 витків до гальванометра. Швидко вставте магніт у котушку, спостерігаючи за показами приладу. Залиште магніт у котушці і знову спостерігайте за стрілкою приладу. Потім швидко витягніть магніт з котушки, спостерігаючи за показами гальванометра.

Зробіть висновок _____
_____
_____
_____

2. Повільно вставте в котушку, яка замкнена на гальванометр, або витягніть з неї два магніти, складені однойменними полюсами. Повторіть дослід, збільшивши швидкість руху магнітів. З'ясуйте, в яких випадках сила індукційного струму більша і як змінюється напрям струму під час досліду.

Повторіть досліди, рухаючи котушку відносно нерухомого магніту.

Зробіть висновок _____
_____
_____
_____

_____

3. Послідовно до гальванометра увімкніть ще й реостат і приблизно з однаковою швидкістю вставляйте в котушку (або витягуйте з неї) магніт: спочатку, коли реостат виведено з кола (тобто $R = 0$), а потім, коли введено повністю ($R = 10$ Ом). Зафіксуйте покази гальванометра.

Зробіть висновок _____

_____

_____

_____

_____

4. Зберіть електричне коло за схемою, як показано на рис.1.

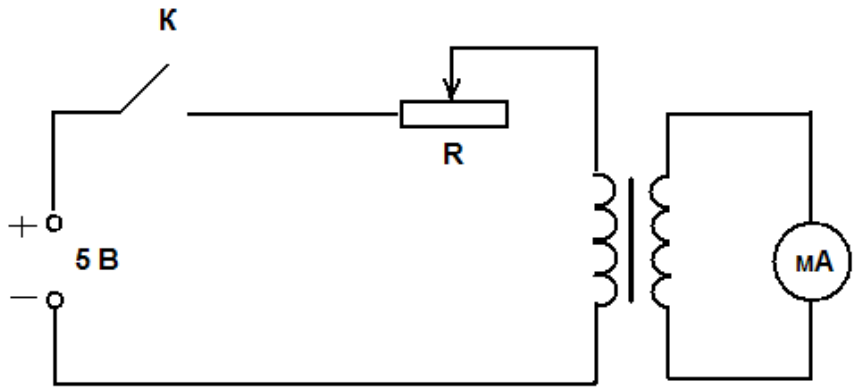


рис. 1

5. Використовуючи ключ, замкніть й розімкніть коло, зафіксуйте при цьому напрям відхилення стрілки гальванометра. За напрямом відхилення стрілки ***визначте*:**

а) напрям індукційного струму,

б) напрям індукції магнітного поля цього струму,

в) за полярністю джерела струму – напрям струму в первинній котушці і напрям індукції магнітного поля цього струму.

Поясніть, який напрям має індукційний струм у порівнянні з індукуючим під час замикання й розмикання електричного кола, а також під час збільшення і зменшення індукуючого струму. Перевірте виконання в цих дослідах правила Ленца.

Зробіть висновок та вкажіть а), б), в) _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

6. Використовуючи те саме коло, повністю виведіть реостат, замкніть коло і за допомогою реостата швидко збільшить, а потім зменшіть опір кола. Зафіксуйте максимальне відхилення стрілки гальванометра при замиканні кола, при швидкому і повільному зменшенні опору кола.

Зробіть висновок про значення ЕРС індукції в цих дослідах _____

_____

_____

_____

_____

7. Вставте і вийміть з обох котушок сталеве осердя. Весь час спостерігати за показами гальванометра.

Зробіть висновок _____

_____

_____

_____

Контрольні питання та завдання

1. Сформулюйте закон електромагнітної індукції._____

_____

_____

_____

2. Сформулюйте правило Ленца. _____

_____

_____

_____

3. Яку величину називають магнітним потоком?_____

_____

_____

4. Яка сила є причиною виникнення ЕРС електромагнітної індукції, коли провідник рухається в незмінному магнітному полі? Поясніть механізм виникнення ЕРС електромагнітної індукції._____

_____

_____

_____

_____

5. Що таке вихрове електричне поле?_____

_____

_____

_____

6. Що таке струми Фуко? Наведіть приклади використання їх у техніці. У яких випадках вони шкідливі? _____
_____
_____
_____

Лабораторна робота № ___

Вимірювання довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки

Мета роботи: експериментально визначити довжини світлових хвиль червоного та фіолетового кольорів.

Прилади і матеріали: дифракційна ґратка, установка для визначення довжини світлової хвилі, лінійка, електрична лампа розжарювання.

Короткі теоретичні відомості

У загальному випадку дифракційну ґратку можна уявити собі, як сукупність багатьох паралельних та рівновіддалених прозорих щілин, розділених однаковими непрозорими проміжками. Якщо на таку ґратку буде падати світловий пучок, то світлові хвилі, проходячи крізь щілини ґратки, будуть дифрагувати. Кожна точка будь-якої щілини ґратки у такому разі виступатиме як точкове джерело світла. Таким чином, світлові хвилі після взаємодії з ґраткою будуть поширюватись у різних напрямках. Світлові хвилі від різних щілин ґратки, які поширюються в одному напрямку, інтерферують між собою. Якщо ці хвилі знаходяться у фазі, то вони підсилюють одна одну, якщо у протифазі, то гасять. У першому випадку відбувається *конструктивна інтерференція*, в другому – *деструктивна*.

Напрямки поширення дифрагованих хвиль, на яких відбувається їх конструктивна інтерференція, називаються *дифракційними максимумами*. Кількість дифракційних максимумів та напрямки їх поширення залежать від періоду ґратки та довжини хвилі світла.

У роботі на визначення довжини світлової хвилі використовують дифракційну ґратку з періодом 1/100 мм або 1/50 мм (період вказано на ґратці). Ґратка – це основна частина вимірювальної установки, показаної на рис. 1.

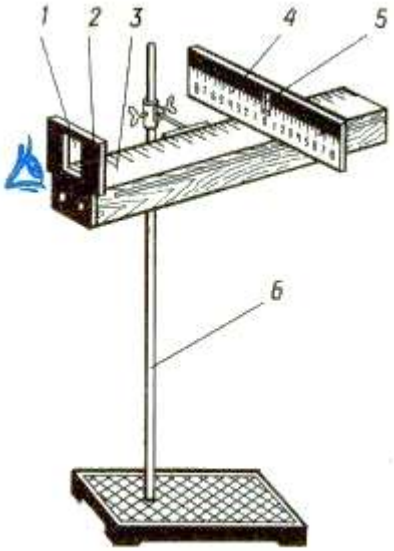


рис.1

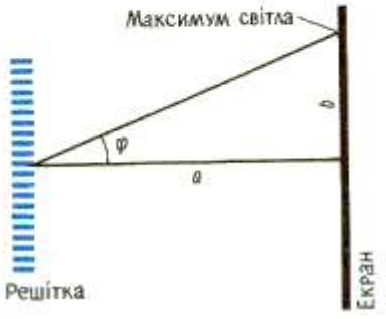


рис. 2

Ґратка *1* встановлена в тримачі *2,* що прикріплений до кінця лінійки *3.* На лінійці розміщується чорний екран *4* з вузькою вертикальною щілиною *5* посередині. Екран можна переміщувати вздовж лінійки, щоб змінювати його відстань до дифракційної ґратки. На екрані і лінійці є шкали з міліметровими поділками. Вся установка закріплена на штативі *6.*

Якщо дивитися через ґратку і щілину на джерело світла (лампу розжарювання), то на чорному фоні екрана можна спостерігати по обидва боки від щілини дифракційні спектри 1-го, 2-го і т. д. порядків.

Довжина хвилі λ визначається за формулою $\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}$, де d – період решітки, k – порядок спектра, φ – кут, під яким спостерігається максимум світла відповідного кольору.

Примітка. Оскільки кути, під якими спостерігаються максимуми 1-го та 2-го порядків, не перевищують 5°, то замість синусів кутів можна брати їх тангенси. З рис. 2 видно, що $tg\varphi = \frac{b}{a}$.

Відстань a від решітки до екрана визначають за допомогою лінійки, а відстань b від щілини до вибраної лінії спектра – за шкалою екрана. Таким чином, довжину хвилі можна обчислити за формулою: $\lambda = \frac{db}{ka}$ (1).

Хід роботи

1. Вставити в тримач приладу дифракційну ґратку й розмістити шкалу з щілиною на 40-50 см від неї.

2. Спрямувати прилад на лампу так, щоб лампа, щілина та око знаходились на одній прямій. Добитися, щоб дифракційні спектри розташувалися паралельно шкалі екрана. Це корегується зміною положення решітки у тримачі.

3. Визначити відхилення країв червоного світла у спектрі І-го порядку ($k=1$). Значення відхилення b в кожному з дослідів беремо рівним $b = \frac{b_{лів} + b_{прав}}{2}$.

4. За формулою (1) розрахувати довжину хвилі червоного світла.

5. Для кожного з дослідів обчисліть відносну похибку вимірювання довжини світлової хвилі за формулою: $(\omega_\lambda)_n = \frac{\Delta l}{b_n} + \frac{\Delta l}{a_n}$,

де $\Delta l = \Delta l_{інстр} + \Delta l_{вимір}$ – абсолютна похибка вимірювання довжин відрізків, n – номер досліду. Значення інструментальної та вимірювальної складових похибок дивіться в таблиці 1 пункту 1 зошиту. Інструментальною похибкою

дифракційної ґратки нехтуємо.

6. За формулою $\Delta\lambda_n = (\omega_\lambda)_n \cdot \lambda_n$ обчисліть абсолютну похибку вимірювання довжини червоної світлової хвилі для кожного з дослідів.

7. Повторіть дослід 3 рази, змінюючи відстань до щілини в межах 40-50 см.

8. Виконайте пункти 1-6 з метою визначення довжини хвилі фіолетового кольору.

9. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиць. Зробіть висновок, подавши у ньому значення довжин світлових хвиль червоного та фіолетового кольорів у вигляді $\lambda = \lambda_{ñåð} \pm \Delta\lambda_{ñåð}$. Порівняйте значення з табличними.

І. Виконайте наступні розрахунки для червоного кольору:

$(\omega_\lambda)_1 =$ _____

$(\omega_\lambda)_2 =$ _____

$(\omega_\lambda)_3 =$ _____

$(\omega_\lambda)_4 =$ _____

$(\omega_\lambda)_5 =$ _____

$\Delta\lambda_1 =$ _____ $\Delta\lambda_2 =$ _____

$\Delta\lambda_3 =$ _____ $\Delta\lambda_4 =$ _____

$\Delta\lambda_5 =$ _____

$\Delta\lambda_{сер} =$ _____

Таблиця результатів (хвиля червоного кольору)

№	a, мм	d, мм	$b_{лів}$, мм	$b_{прав}$, мм	b, мм	λ, мм	$\lambda_{сер}$, мм	ω_λ, %	$\Delta\lambda$, мм	$\Delta\lambda_{ñåð}$, мм
1.										
2.										
3.										

II. Виконайте наступні розрахунки для фіолетового кольору:

$(\omega_\lambda)_1 =$ _____

$(\omega_\lambda)_2 =$ _____

$(\omega_\lambda)_3 =$ _____

$(\omega_\lambda)_4 =$ _____

$(\omega_\lambda)_5 =$ _____

$\Delta\lambda_1 =$ _____ $\Delta\lambda_2 =$ _____

$\Delta\lambda_3 =$ _____ $\Delta\lambda_4 =$ _____

$\Delta\lambda_5 =$ _____

$\Delta\lambda_{сер} =$ _____

Таблиця результатів (хвиля фіолетового кольору)

№	*a*, *мм*	*d*, *мм*	$b_{лів}$, *мм*	$b_{прав}$, *мм*	*b*, *мм*	λ, *мм*	$\lambda_{сер}$, *мм*	ω_λ, %	$\Delta\lambda$, *мм*	$\Delta\lambda_{ñåð}$, *мм*
1.										
2.										
3.										

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Як утворюється дифракційний спектр? _____
_____
_____

_____
_____

2. Чим він відрізняється від дисперсійного?_____
_____
_____
_____

3. Як впливає зміна періоду дифракційної ґратки на кут відхилення променів?
_____
_____
_____
_____

4. Що називають порядком дифракції? _____
_____
_____
_____

5. Дайте визначення інтерференції світлових хвиль? _____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Визначити кут відхилення променів зеленого кольору (з довжиною хвилі *0,55 мкм*) в спектрі першого порядку, отриманому за допомогою дифракційної ґратки, період якої дорівнює *0,02 мм*.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Визначення питомого опору провідника

Мета роботи: навчитись експериментально визначати питомий опір наданого провідника.

Прилади і матеріали: металевий дріт, натягнутий на дерев'яну планку, з матеріалу, що має великий питомий опір; лабораторний амперметр (шкільний); лабораторний вольтметр (шкільний); джерело постійного струму; вимикач; реостат (на *6-15 Ом* і *2 А*); мікрометр; з'єднувальні провідники; лінійка.

Короткі теоретичні відомості

Електричний опір (опір) – це фізична величина, що кількісно характеризує властивість речовин перешкоджати проходженню електричного струму. Основними величинами, які характеризують будь-яку ділянку електричного кола, є сила струму, напруга та опір. Залежність між ними встановляє закон Ома для ділянки кола: $I = \frac{U}{R}$.

Опір лінійного металевого провідника довжиною l та площею поперечного перерізу S визначається за відомою формулою: $R = \frac{\rho l}{S}$ (1), де ρ – питомий опір провідника. Так як дріт має циліндрічну форму, площу його поперечного перерізу можна визначити наступним чином: $S = \frac{\pi d^2}{4}$ (2), де d – діаметр дроту.

З формули (1) випливає, що $\rho = \frac{RS}{l}$. Виразивши опір провідника з закону Ома для ділянки кола та враховуючи (2), знаходимо вираз для обчислення питомого опору наданого металевого дроту:

$$\rho = \frac{\pi d^2 U}{4 I l} \quad (3).$$

Хід роботи

1. Складіть електричне коло за схемою. В якості досліджуваного металевого дроту на ній виступає опір R. Змінюючи положення повзунка реостата R_1, підберіть силу струму не більшу за *0,5 А* (щоб не перевантажити джерело струму).

2. Виміряйте силу струму і напругу на досліджуваному опорі при незмінному положенні повзунка реостата.

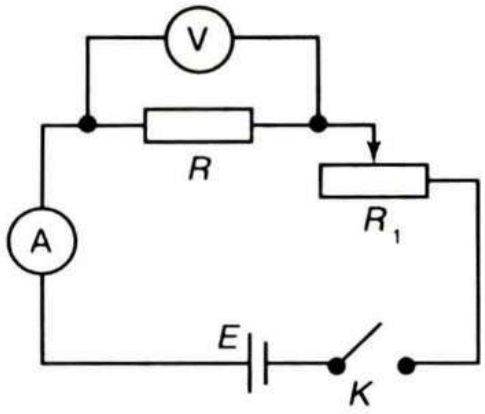


рис. 1

3. Виміряйте довжину провідника лінійкою, а діаметр дроту – мікрометром у трьох-чотирьох місцях. Якщо результати вимірювань діаметра дроту різні, обчисліть середнє значення діаметра.

4. Обчисліть наближене значення питомого опору провідника за формулою (3).

5. Для кожного з дослідів обчисліть відносну похибку вимірювання питомого опору дроту за формулою: $(\omega_\rho)_n = 2\dfrac{\Delta d}{d_n} + \dfrac{\Delta U}{U_n} + \dfrac{\Delta I}{I_n} + \dfrac{\Delta l}{l_n}$, де $\Delta d, \Delta U, \Delta I, \Delta l$ – абсолютні похибки вимірювання діаметру дроту, напруги, сили струму та довжини дроту відповідно, кожна з яких дорівнює сумі інструментальної та вимірювальної складових, n – номер досліду.
   Значення інструментальної та вимірювальної складових похибок дивіться в таблиці 1 пункту 1 зошиту. Похибкою значення числа π нехтуємо.

6. За формулою $\Delta\rho_n = (\omega_\rho)_n \cdot \rho_n$ обчисліть абсолютну похибку кожногго з вимірювань питомого опору дроту.

7. Повторіть дослід 5 разів, змінюючи положення повзунка реостата, але не допускаючи перевищення значення сили струму *0,5 А*.

8. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці. Зробіть висновок, подавши в ньому значення питомого опору дроту у вигляді $\rho = \rho_{\text{ñåð}} \pm \Delta\rho_{\text{ñåð}}$.
   Визначте матеріал, з якого виготовлений металевий дріт.

І. Виконайте наступні розрахунки для червоного кольору:

$(\omega_\rho)_1 =$ _____

$(\omega_\rho)_2 =$ _____

$(\omega_\rho)_3 =$ _____

$(\omega_\rho)_4 =$ _____

$(\omega_\rho)_5 =$ _____

$\Delta\rho_1 =$ _____ $\Delta\rho_2 =$ _____

$\Delta\rho_3 =$ _____ $\Delta\rho_4 =$ _____

$\Delta\rho_5 =$ _____

$\Delta\rho_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ з/п	I, A	U, B	R, Ом	d, мм	l, м	ρ_n, Ом·мм^2/м	$\rho_{сер}$, Ом·мм^2/м	ω_ρ, %	$\Delta\rho_n$, Ом·мм^2/м
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Чому для виготовлення нагрівних приладів використовують провідники з виликим опором, а для підвідних провідників – з малим? _____
_____
_____
_____
_____

2. Як залежить опір провідника від температури? _____
_____
_____

3. Від чого залежить опір лінійного провідника?_____
_____
_____
_____
_____

4. Що називають надпровідністю? _____
_____
_____
_____

5. Що потрібно було б врахувати при обчисленні питомого опору провідника в роботі, щоб отримати більш точне його значення? _____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Знайти силу струму в стальному провіднику довжиною *10 м* та перерізом *2 мм*^{2}, на який подано напругу *12 мВ*.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Дослідження залежності потужності споживача від напруги на його затискачах

Мета роботи: встановити залежність потужності споживача електричної енергії від напруги на його затискачах.

Прилади і матеріали: електрична лампа; джерело постійного струму (на *4 В*); лабораторний амперметр (шкільний); лабораторний вольтметр (шкільний); реостат; ключ; з'єднувальні провідники.

Короткі теоретичні відомості

При проходженні електричного струму по провідниках ним виконується робота, яка є мірою перетворення енергії електричного поля в інші види енергії. Для випадку постійного струму величина, що дорівнює відношенню його роботи A до часу t, за який ця робота здійснюється, називається потужністю: $P = \frac{A}{t}$ (1). Оскільки $A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$, то потужність можна виразити наступним чином: $P = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}$ (2).

З останньої частини формули (2) видно, що потужність залежить від напруги на ділянці електричного кола та її опору. Цю залежність можна дослідити експериментально.

Хід роботи

1. Складіть електричне коло за схемою (*рис.1*).

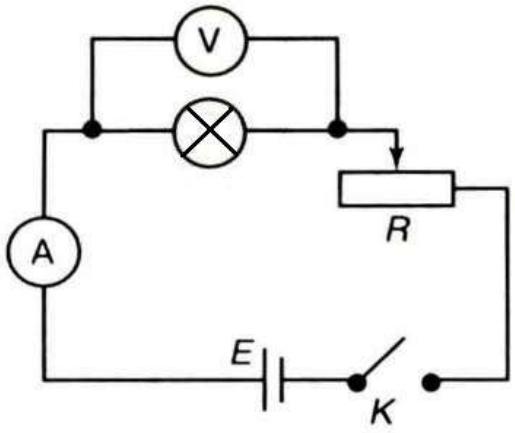


рис.1

2. Після перевірки кола викладачем замкніть ключ і за допомогою реостата встановити найменше значення сили струму. Зніміть покази амперметра і вольтметра.

3. Поступово переміщуючи повзунок реостата, зніміть 8-10 показів амперметра і вольтметра.

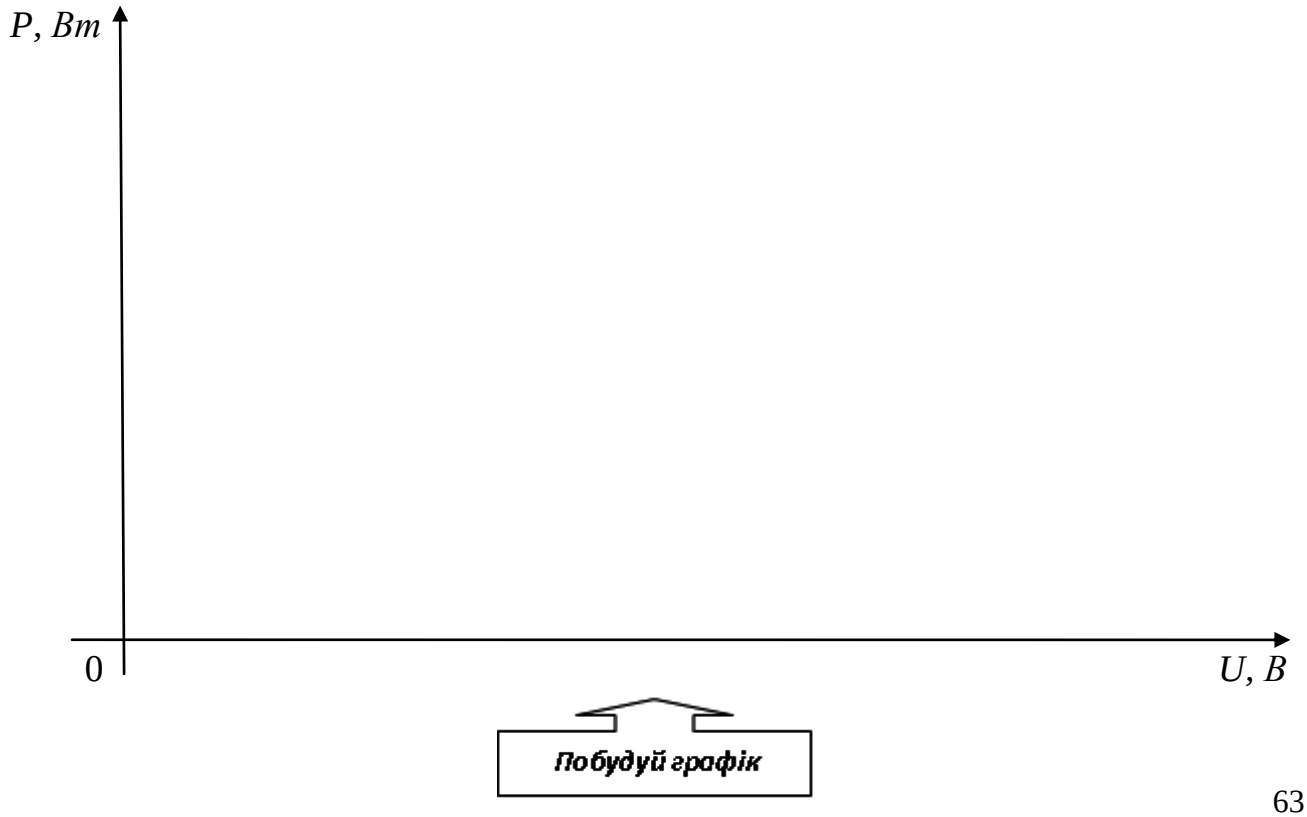
4. Для кожного значення напруги і сили струму визначить: потужність $P=UI$, яка споживається лампою, та опір волоска лампи $R=\frac{U}{I}$.

5. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці.

6. Побудуйте графік залежності потужності, що споживається лампою, від напруги на її клемах (затискачах). Проаналізуйте графік і зробіть висновок.

Таблиця результатів

№ досл.	*I, A*	*U, B*	*P, Вт*	*R, Ом*
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				



Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. В електричне коло послідовно ввімкнено два однакових за розмірами та формою провідника: мідний і залізний. Який з них нагрівається більше? Чому?
_____
_____
_____
_____
_____

2. Унаслідок випаровування нитка розжарення електролампочки тоншає. Що відбудеться з потужністю такої лампочки і чому?_____
_____
_____
_____
_____

3. Поясніть, від яких величин залежить потужність досліджуваної електричної лампи?_____
_____
_____
_____

4. Чи буде постійним опір лампи протягом всього експерименту? Відповідь обґрунтуйте._____
_____
_____
_____
_____

5. Яким прибором безпосередньо вимірюють електричний опір? Потужність?
_____
_____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Опір обмотки електромагніту, виготовленої з мідної дроту, при *20 °С* був *2 Ом*, а після тривалої роботи став *2,4 Ом*. До якої температури нагрілась обмотка?

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Експериментальне дослідження послідовного та паралельного з'єднання провідників

Мета роботи: навчитись складати електричні кола з послідовним та паралельним з'єднанням споживачів; експериментально перевірити співвідношення між основними електричними величинами при послідовному та паралельному з'єднанні провідників.

Прилади і матеріали: джерело струму, два резистори (або реостати), лабораторний амперметр (шкільний), лабораторний вольтметр (шкільний), омметр, реостат, ключ, з'єднувальні провідники.

Короткі теоретичні відомості

Як відомо, при складанні електричних кіл використовують два основні способи з'єднання їх елементів – *послідовне* та *паралельне* з'єднання. Вони мають свої особливості, які обумовлюють наступні співвідношення між основними характеристиками електричних кіл:

- при лише послідовному з'єднанні провідників – $I_1 = I_2 = \ldots = I_n - const$, $U_{джерела} = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$, $R_{заг} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$; (1)
- при лише паралельному з'єднанні провідників – $I_{заг} = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$, $U_{джерела} = U_1 = U_2 = \ldots = U_n - const$, $\frac{1}{R_{заг}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$. (2)

В даній роботі необхідно перевірити вказані співвідношення експериментально. Слід зазначити, що на практиці зазначені способи з'єднання елементів електричних кіл дуже часто використовуються сумісно.

Хід роботи

I. Послідовне з'єднання

1. Виміряйте омметром опори резисторів (R_1, R_2).

2. Зберіть електричне коло за схемою, вказаною на рис. 1. (*попередження: обов'язково дотримуйтесь полярності підключення*).

3. Встановіть повзунок реостата у максимальне положення. Після перевірки схеми викладачем увімкніть джерело струму. Якщо потрібно, плавно перемістіть повзунок реостата в положення, при якому стрілка амперметра буде знаходитись посередині його шкали.

4. Вимкніть джерело, від'єднайте реостат та, не змінюючи положення повзунка, виміряйте омметром його опір (R).

5. Знов приєднавши реостат та ввімкнувши джерело, виміряйте силу струму в колі, напругу на кожному з резисторів та реостаті окремо (U_{R1}, U_{R2}, U_R), а також на всіх елементах кола ($U_{джерела}$), приєднуючи вольтметр по черзі до потрібних точок схеми (*оберіть їх самостійно, порадившись з викладачем*).

6. Використовуючи закон Ома для ділянки кола, обчисліть силу струму в кожному з резисторів і реостаті (I_1, I_2, I). Також знайдіть загальний опір двох резисторів та реостату за формулою $R_{заг} = \frac{U_{дж}}{I_{амп}}$, де $U_{дж}$ – напруга на джерелі, $I_{амп}$ – сила струму, виміряна амперметром. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці.

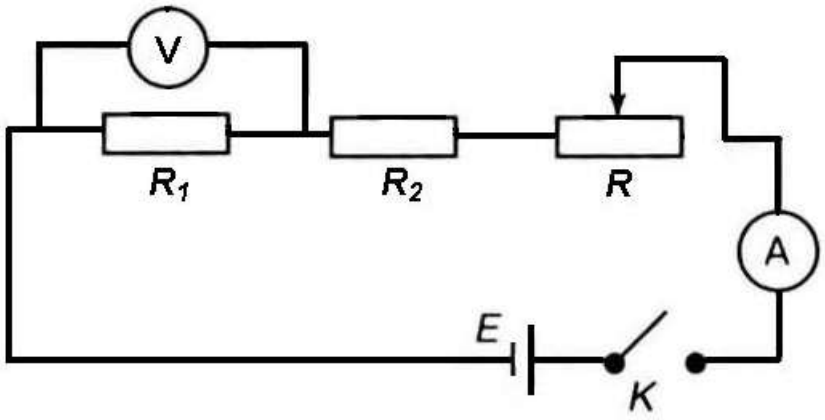


рис. 1

7. Повторивши дослід 3 рази, перевірте справедливість співвідношень (1).

Виконайте наступні розрахунки:

1-ий дослід:

I_1 = _____

I_2 = _____

I = _____

$R_{заг}$ = _____

2-ий дослід:

I_1 = _____

I_2 = _____

I = _____

$R_{заг}$ = _____

3-ій дослід:

I_1 = _____

I_2 = _____

I = _____

$R_{заг}$ = _____

Таблиця результатів

№ дос-ліду	R_1, Ом	R_2, Ом	R, Ом	$R_{заг}$, Ом	I_1, А	I_2, А	I, А	$I_{амп}$, А	U_{R1}, В	U_{R2}, В	U_R, В	$U_{дж}$, В
1.												
2.												
3.												

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____

ІІ. Паралельне з'єднання

1. Використовуючи лише ті прилади, які використовувались при проведенні першого досліду, самостійно складіть коло для вивчення паралельного з'єднання резисторів, попередньо накресливши схему.

2. Після перевірки кола викладачем виміряйте напругу на паралельній ділянці кола та на кожному з резисторів, силу струму в окремих резисторах і у всій ділянці кола, підключаючи з цією метою амперметр і вольтметр до відповідних точок кола.

3. Повторіть дослід 3 рази. Використовуючи закон Ома для ділянки кола та експериментально отримані дані, перевірте справедливість співвідношень (2).

Виконайте необхідні розрахунки:

1-ий дослід:

_____

_____

_____

_____

2-ий дослід:

_____

_____

_____

_____

3-ій дослід:

_____

_____

_____

_____

Таблиця результатів

(вимірювані величини та величини, що розраховуються, позначте самостійно)

№ дос-ліду												
1.												
2.												
3.												

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Чому амперметр вмикається в коло послідовно, а вольтметр паралельно? _____
_____
_____

2. Яким способом на практиці зручніше з'єднувати споживачі електричної енергії? Чому?_____
_____
_____
_____

3. Послідовно з'єднано 10 однакових опорів. У скільки разів зміниться опір кола, що складається лише з цих опорів, якщо їх з'єднати паралельно? Наведіть розрахунки. _____

_____
_____
_____

4. Як можна розширити межі вимірювання амперметра та вольтметра? _____
_____
_____

5. Який з приладів, амперметр чи вольтметр, має більший внутрішній опір? Чому? _____
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Чотири лампи, розраховані на напругу *3 В* та силу струму *0,3 А*, необхідно ввімкнути паралельно та живити від джерела з напругою *5,4 В*. Резистор якого опору потрібно ввімкнути послідовно з лампами?

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

Лабораторна робота № ___

Дослідження електричних властивостей напівпровідникового діода

Мета роботи: експериментально перевірити властивість однобічної провідності напівпровідникового діода, зняти його вольт-амперну характеристику, вдосконалити навички самостійного складання електричних кіл за наданою схемою.

Прилади і матеріали: напівпровідниковий діод (марки *Д 226*), вольтметр (на *0,5-1,5 В*), міліамперметр або амперметр (на *0,4 А*), джерело або джерела постійного струму (на *2 В - 220 В*), ключ, реостат, з'єднувальні провідники.

Короткі теоретичні відомості

Напівпровідникові прилади є основою сучасної електронної техніки. Принцип дії більшості напівпровідникових приладів базується на використанні властивостей *p-n*-переходу, який зображений на рисунку 1.

Для утворення *p-n*-переходу в кристалі з електронною провідністю необхідно створити область з дірковою провідністю або у кристалі з дірковою провідністю – область з електронною провідністю.

Здатність *p-n*-переходу проводити струм практично тільки в одному напрямі та не проводити його в протилежному використовується в приладах, що одержали назву *напівпровідникових діодів*.

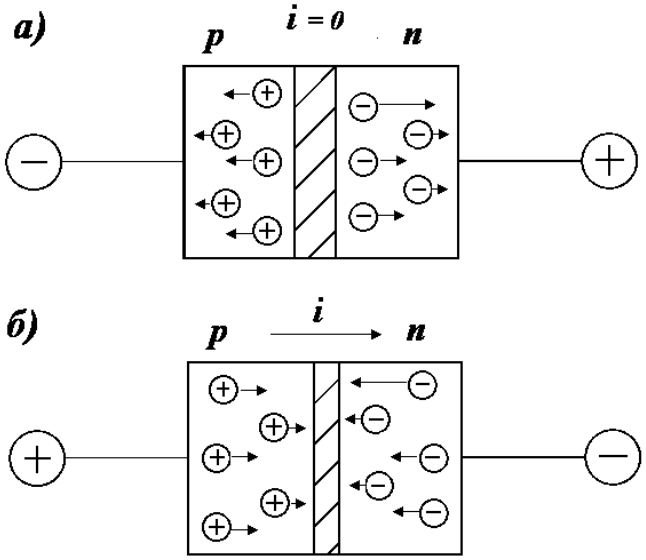


рис. 1. p-n-перехід (а) – зворотне включення, б) – пряме включення)

Зауваження. Перед початком роботи необхідно ознайомитись з характеристиками діода, який використовується, аби не вивести його з ладу. Діоди марки Д 226 відносяться до класу низьковольтних – ***пряма напруга, яка на них подається, складає в середньому 1 В***.

Зовнішній вигляд діодів марки Д 226 зображений на рисунку 2.

Характеристики діодів марки Д 226

Діод	***Д226Б***	***Д226В***	***Д226Г***	***Д226Д***
$U_{звор.\ max}$, (В)	400	300	200	100
$I_{прям.\ max}$, (А)	0,3	0,3	0,3	0,3
Корпус:	D-19	D-19	D-19	D-19

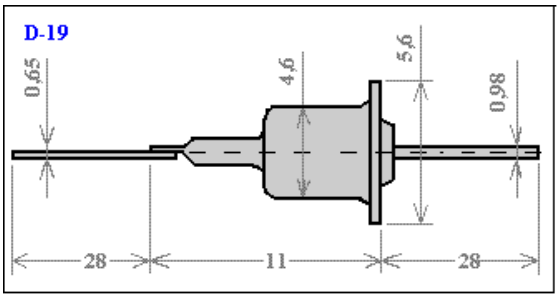


рис.2. Зовнішній вигляд діода марки Д 226

Хід роботи

I. Перевірка однобічної провідності діода

1. Ознайомтесь з характеристиками діодів марки Д 226. Складіть електричне коло за схемою (рис. 3). Повзунок реостата перемістіть в положення, при якому значення сили струму через діод не перевищувало б максимально припустимого значення.

2. Після перевірки кола викладачем замкніть ключем коло і виміряйте силу прямого струму в колі $I_{пр}$.

3. Увімкніть діод у зворотному напрямку. Після перевірки кола викладачем замкніть коло. Подаючи на діод напругу до *200 В*, виміряйте силу струму в ньому $I_{зв}$.

4. Оцініть опір діода при прямому та зворотному включенні. Зробіть висновок, зазначивши в ньому отримані значення опору.

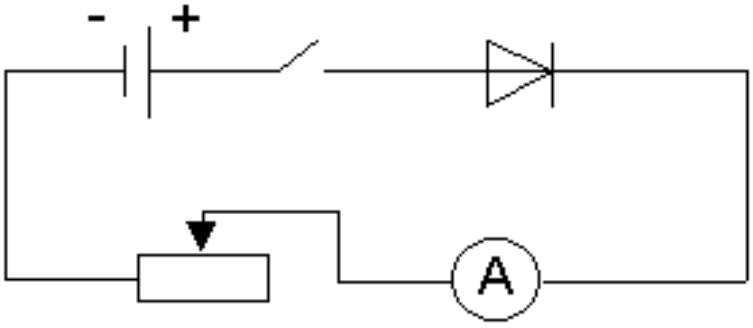


рис. 3

Виконайте наступні розрахунки:

$R_{пр}$ = _____

$R_{зв}$ = _____

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____
_____

ІІ. Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода

1. Складіть електричне коло для вимірювання залежності прямого струму діода від прикладеної напруги за схемою (рис. 4). Зверніть увагу на полярність увімкнення діода та вимірювальних приладів.

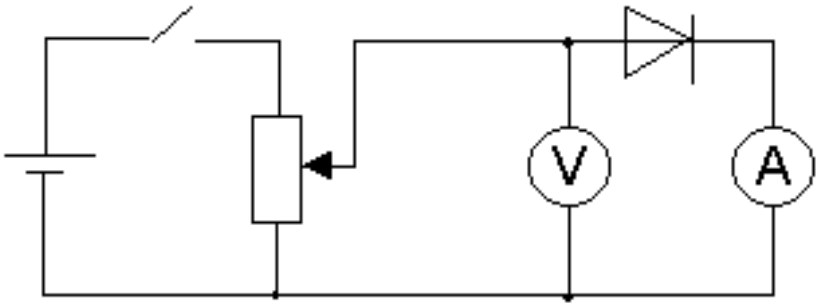


рис. 4. Схема прямого ввімкнення діода для зняття вольт-амперної характеристики

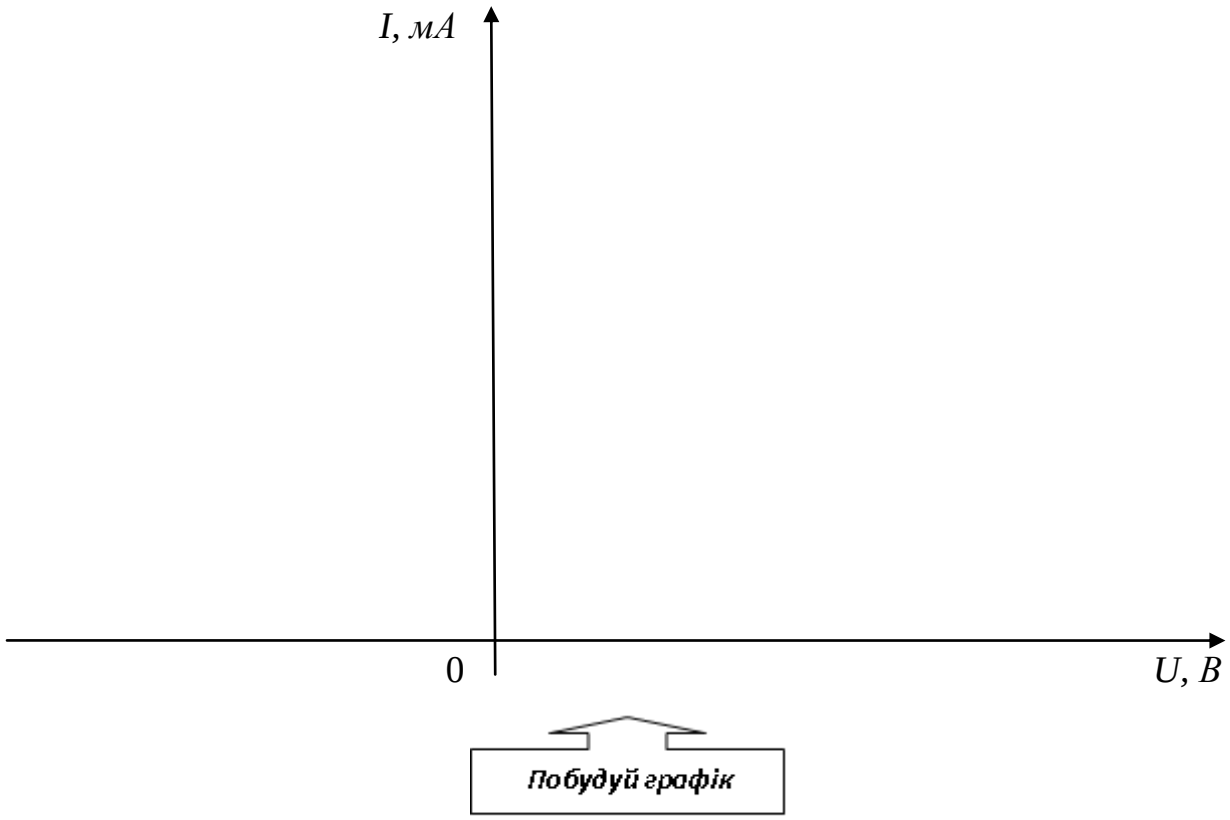
2. Замкніть ключ і поступово збільшуйте напругу на діоді, переміщуючи ручку реостата. Запишіть не менше семи показів амперметра та вольтметра.

3. Увімкніть діод у зворотному напрямку. Подаючи на нього напругу *100 В, 150 В, 200 В*, відмітьте ще три відповідні покази амперметра.

4. Результати вимірювань занести до таблиці. Використовуючи отримані дані, побудуйте вольт-амперну характеристику діода.

Таблиця результатів

Напруга, U, В										
Сила струму, I, мА										



Контрольні питання та завдання

1. Які речовини називають напівпровідниками? _____
_____
_____

2. Що в напівпровідниках називають «дірками»? _____
_____
_____
_____

3. Що таке напівпровідники *n*-типа. Як їх отримують?_____
_____
_____
_____
_____
_____

4. Які домішки в напівпровідниках називають акцепторними? _____
_____
_____
_____

5. Які прилади називають напівпровідниковими діодами? _____
_____
_____
_____

6. Для отримання домішкової провідності потрібного типа в напівпровідниковій техніці часто використовують наступні елементи: *P, Ga, As, Sb, In*. Які з цих елементів можна ввести в якості домішок в германій, щоб отримати електронну провідність? Відповідь поясніть._____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Лабораторна робота № ___

Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника

Мета роботи: визначити експериментально прискорення вільного падіння в даному місці Землі за допомогою математичного маятника.

Прилади і матеріали: штатив з муфтою і кільцем, кулька з отвором, нитка, секундомір, вимірювальна стрічка або рулетка.

Короткі теоретичні відомості

З формули періоду коливань математичного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ можна безпосередньо знайти прискорення вільного падіння:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad (1).$$

Як видно з формули, для визначення g необхідно виміряти довжину нитки l та період коливань T. Довжину нитки можна знайти безпосередньо, а період коливань – за формулою:

$T = \frac{t}{N}$, де t – час, за який маятник робить N коливань. Таким чином, маємо наступну розрахункову формулу:

$$g = \frac{4\pi^2 N^2 l}{t^2} \quad (2).$$

Хід роботи

1. Встановіть штатив на краю столу. Біля верхнього кінця штативу за допомогою муфти закріпіть кільце і підвісьте до нього нитку з кулькою (рис. 1). *Радіус кульки повинен бути набагато меншим за довжину нитки*. Після закріплення кулька повинна знаходитись на відстані 1-2 см від підлоги.

2. Відхиліть маятник від положення рівноваги на 5-8 см і відпустіть його.

3. Зафіксуйте час 20-30 повних коливань t.

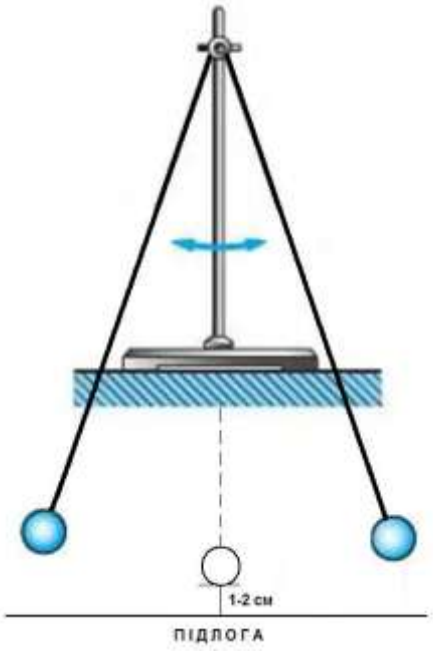


рис. 1

4. Стрічкою виміряйте довжину маятника *l*.

5. За формулою (2) обчисліть прискорення вільного падіння. Повторіть дослід 3 рази.

6. Для кожного з дослідів встановіть відносну похибку вимірювань прискорення вільного падіння за формулою: $(\omega_g)_n = \frac{\Delta l}{l_n} + 2\frac{\Delta t}{t_n}$,

   де $\Delta l = \Delta l_{інстр} + \Delta l_{вимір}$, $\Delta t = \Delta t_{інстр} + \Delta t_{вимір}$.

   Значення інструментальних та вимірювальних складових беруться з паспортів приладів та таблиці 1 пункту 1 зошита.

7. Обчисліть абсолютні похибки вимірювань g за формулою: $\Delta g_n = (\omega_g)_n \cdot g_n$.

8. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиць. Зробіть висновок, подавши у ньому значення прискорення вільного падіння у вигляді $g = g_{сер} \pm \Delta g_{сер}$.

Виконайте наступні розрахунки:

$g_1 =$ _____

$g_2 =$ _____

$g_3 =$ _____

$(\omega_g)_1 =$ _____

$(\omega_g)_2 =$ _____

$(\omega_g)_3 =$ _____

$\Delta g_1 =$ _____ $\Delta g_2 =$ _____

$\Delta g_3 =$ _____ $\Delta g_{сер} =$ _____

Таблиця результатів

№ досліду	*l, м*	*N*	*t, с*	*g, м/с²*	$g_{сер}$, *м/с²*	ω_g, *%*	Δg, *м/с²*
1.							
2.							
3.							

Зробіть висновок

_____
_____
_____
_____

Контрольні питання та завдання

1. Який рух називають коливальним?_____
_____
_____
_____

2. Що називають математичним маятником?_____
_____
_____
_____

3. Назвіть основні характеристики коливального руху._____
_____
_____
_____
_____

4. Які коливання називають вимушеними?_____
_____
_____
_____

5. Як залежить період коливань математичного маятника від маси кульки?
_____
_____
_____

6. ***Задача.*** Математичний маятник довжиною *2,5 м* коливається з амплітудою *10 см*. Написати рівняння руху *x=x(t)*.

Дано:	*Розв'язок*
	Відповідь:

ДОДАТКИ

Таблиця 1

ТИСК ТА ГУСТИНА НАСИЧЕНОЇ ВОДЯНОЇ ПАРИ

t,^{0}C	p, мм рт. ст.	$\rho_í$, г/м^3	t,^{0}C	p, мм рт. ст.	$\rho_í$, г/м^3
0	4,6	4,8	**16**	13,63	13,6
1	4,9	5,2	**17**	14,53	14,5
2	5,3	5,60	**18**	15,48	15,4
3	5,7	6,0	**19**	16,48	16,3
4	6,1	6,40	**20**	17,54	17,3
5	6,6	6,8	**21**	18,65	18,3
6	7,0	7,30	**22**	19,83	19,4
7	7,6	7,80	**23**	21,07	20,6
8	8,0	8,30	**24**	22,38	21,8
9	8,6	8,80	**25**	23,76	23,0
10	9,2	9,40	**26**	25,21	24,4
11	9,8	10,0	**27**	26,74	25,8
12	10,5	10,7	**28**	28,35	27,2
13	11,2	11,4	**29**	30,04	28,7
14	12,0	12,1	**30**	31,82	30,3
15	12,8	12,8			

Таблиця 2

ПСИХРОМЕТРИЧНА ТАБЛИЦЯ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ, %

Покази «сухого» термометра, ^{0}C	Різниця показів «сухого» та «вологого» термометрів, ^{0}C										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
0	100	81	63	45	28	11					
2	100	84	68	51	35	20					
4	100	85	70	56	42	28	14				
6	100	86	73	60	47	35	23	10			
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7		
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37

Таблиця 3

КОЕФІЦІЄНТИ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РІДИН

Речовина	σ, Н/м	Речовина	σ, Н/м
Анілін	0,043	Золото (розплав., 1070 °С)	0,610
Ацетон	0,024	Розчин мила	0,045
Бензол	0,030	Рицинова олія	0,033
Вода при, 0 °С	0,076	Розчин мідного купоросу	0,074
20 °С	0,073	Ртуть	0,500
50 °С	0,068	Свинець (розплав., 330 °С)	0,410
70 °С	0,064	Скипидар	0,027
100 °С	0,059	Спирт	0,022
Гас	0,024	Срібло (розплав., 960 °С)	0,780
Гліцерин	0,064	Ефір	0,017

Таблиця 4

ЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ЮНГА ДЛЯ ДЕЯКИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріал	Модуль Юнга Е, ГПа
Алмаз	1220
Алюміній	70
Бронза	75-125
Вольфрам	350
Гума (при малих деформаціях)	0.01-0.1
Дюралюміній	74
Карбід вольфраму	450-650
Кобальт	210
Кремній	109
Латунь	95
Лід	3
Мідь	110
Нікель	210
Олово	35
Поліетилен високого тиску	0,8
Поліетилен низького тиску	0,2
Свинець	18
Срібло	80
Сірий чавун	110
Сталь	210
Скло	50-90
Фарфор	59
Цинк	120
Хром	300

Таблиця 5

СПЕКТР ВИДИМОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Колір	Діапазон довжин хвиль, нм	Діапазон частот, ТГц	Діапазон енергії фотонів, еВ
Фіолетовий	380—440	790—680	2,82—3,26
Синій	440—485	680—620	2,56—2,82
Блакитний	485—500	620—600	2,48—2,56
Зелений	500—565	600—530	2,19—2,48
Жовтий	565—590	530—510	2,10—2,19
Помаранчевий	590—625	510—480	1,98—2,10
Червоний	625—740	480—405	1,68—1,98

Таблиця 6

ПИТОМИЙ ОПІР ТА ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ РЕЧОВИН

Речовина	Питомий опір, $Ом \cdot мм^2/м$	Температурний коефіцієнт опору, $К^{-1}$
алюміній	0,028	0,0042
вольфрам	0,055	0,0048
латунь	0,071	0,001
мідь	0,017	0,0043
нікелін	0,42	0,0001
ніхром	1,1	0,0001
свинець	0,21	0,0037
срібло	0,016	0,004
сталь	0,12	0,006

Список літератури

1. Коршак Є.В., Ляшенко О.І., Савченко В.Ф. Фізика, 10 кл.: підруч. для загальноосвіт. навч. закл. - К.: Ірпінь: ВТФ "Перун", 2004.

2. Жданов Л.С. Учебник по физике для средн. спец. учеб. заведений. - М.: Издательство "Наука", 1977.

3. Гельфгат І.М., Колебошин В.Я., Любченко М.Г., Манакін В.Л., Ненашев І.Ю., Селезньов Ю.О., Хоменко О.В. Збірник різнорівневих завдань для державної підсумкової атестації з фізики. - Харків: Гімназія, 2003.

4. Гладкова Р.А., Добронравов В.Е. Сборник задач и вопросов по физике для средних специальных учебных заведений. - изд. 3-е, исправ. и доп. - М.: Издательство "Наука", 1975.

5. Гончаренко С.У. Фізика: проб. підручник для 9-х кл. серед. загальноосвіт. шк., гімназій та кл. гуманітарного профілю. - К.: Освіта, 1997.

6. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 8-10 классов средней школы. – 10-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1986. – 191 с., ил.