

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ КОЛЕДЖ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
«ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Гарпуль О.З., Бойчук В.М.

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

З ФІЗИКИ

для спеціальностей «Прикладна математика», «Правознавство»,
«Дошкільна освіта», «Початкова освіта»,
«Дизайн»

**Івано-Франківськ
2016 р**

О.З. Гарпуль, В.М. Бойчук. Лабораторний практикум з фізики. – Івано-Франківськ, 2016. – 88 с.

Подано 12 лабораторних робіт з курсу фізики для студентів вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації. Для кожної роботи подано тему, мету, необхідне обладнання, теоретичні відомості, ілюстровані відповідними рисунками, хід роботи, контрольні запитання та тренувальні задачі з фізики.

Для студентів спеціальностей «Прикладна математика», «Правознавство», «Дошкільна освіта», «Початкова освіта», «Дизайн» денної форми навчання.

Рекомендовано до видання Педагогічною радою Івано-Франківського коледжу ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» (протокол № 3 від 29 грудня 2014 року.)

Рецензенти:

к.ф.-м.н., доцент кафедри теоретичної та експериментальної фізики Бродин І.І.

к.ф.-м.н., доцент кафедри теоретичної та експериментальної фізики Яблонь Л.С.

© ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2016

© О.З. Гарпуль, В.М. Бойчук, 2016

ВСТУП

Представлені лабораторні роботи розглядаються як індивідуальні або групові (по 2-4 студенти), що виконуються під керівництвом викладача. Основне призначення лабораторних робіт – сприяти формуванню у студентів основних понять, законів, теорій, самостійності, практичних вмінь і навичок, в тому числі вмінь спостерігати фізичні явища, виконувати досліди, вимірювання, спілкуватись з матеріалами і приборами, аналізувати результати, робити висновки.

Всі роботи передбачають певні види навчальної діяльності, які можна розділити на:

1. Спостереження і вивчення фізичних явищ.
2. Спостереження і вивчення властивостей тіл.
3. Вивчення будови, принципу дії вимірювальних приладів і правила роботи з ними.
4. Вимірювання фізичних величин.
5. Спостереження залежностей між фізичними величинами.
6. Підтвердження фізичних законів.
7. Експериментальні завдання.

Лабораторний практикум містить 12 лабораторних робіт, що входять у навчальну програму з фізики для вищих навчальних закладів I-II рівнів акредитації. Для кожної роботи представлено тему, мету, обладнання, теоретичні відомості, ілюстровані відповідними рисунками, хід роботи, контрольні запитання та тренувальні задачі з фізики. Контрольні запитання та задачі звертають увагу студентів на важливі сторони явищ, що вивчаються, примушують їх усвідомлювати свої дії і отримані результати, що активізує розумову діяльність студентів у розумінні фізичних величин та явищ і законів природи в цілому.

Лабораторна робота №1

Тема: Дослідження прямолінійного рівноприскореного руху

Мета: навчитись експериментально визначати прискорення рівно змінного руху тіл; визначити прискорення, з яким скочується кулька по похилій площині; встановити характер залежності між величинами, які описують рівнозмінний рух; встановити співвідношення між шляхами, які проходить кулька за кожну секунду свого руху.

Обладнання: Жолоб Галілея, металева кулька, секундомір і метроном, штатив з муфтою і затискачем, металевий циліндр, мірна стрічка.

Теоретичні відомості

Механічний рух – це зміна положення тіла відносно інших тіл в просторі з часом. За характером траєкторії механічний рух поділяється на прямолінійний і криволінійний. *Прямолінійним* називають такий рух, при якому траєкторією руху тіла є пряма.

За характером зміни швидкості механічний рух поділяють на рівномірний і нерівномірний. *Рівномірний рух* – це рух при якому тіло за будь-які рівні проміжки часу проходить однакові шляхи. Тобто при рівномірному русі швидкість тіла не змінюється. Однак, рівномірного руху в природі не існує і тому особливий інтерес викликає вивчення нерівномірного руху, тобто такого руху, під час якого швидкість рухомого тіла змінюється.

Одним з видів нерівномірного руху є такий, при якому швидкість тіла змінюється (збільшується чи зменшується) за будь-які рівні проміжки часу на однакову величину. Такий рух називають *рівнозмінним*.

Для того щоб охарактеризувати швидкість зміни швидкості тіла при рівнозмінному русі ввели поняття прискорення. *Прискорення* – це фізична величина, яка чисельно рівна зміні швидкості тіла за одиницю часу. Прискорення позначають літерою $[a]$ і в СІ вимірюють в m/c^2 . За означенням:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (1)$$

Як видно з формули (1) прискорення є векторною величиною і вектор прискорення співнапрямлений з вектором зміни швидкості тіла за одиницю часу.

Як вже зазначалось вище, при рівнозмінному русі швидкість тіла може збільшуватись чи зменшуватись на однакову величину. Тому виділяють два види рівнозмінного руху: *рівноприскорений* і *рівносповільнений*. *Рівноприскорений* – це такий рух, при якому швидкість тіла зростає за будь-які рівні проміжки часу на однакову величину, а *рівносповільнений* – це рух при якому швидкість тіла зменшується за будь-які рівні проміжки часу на однакову величину. В даній лабораторній роботі ми будемо знайомитись лише з рівноприскореним рухом.

Для того щоб дати відповідь на основне запитання кінематики (де буде тіло у конкретний момент часу) нам потрібно знати функціональну залежність між основними фізичними величинами, які характеризують рівнозмінний рух (координата, швидкість, прискорення, шлях, переміщення) і часом.

Оскільки швидкість тіла при рівнозмінному русі змінюється на однакову величину за будь-які рівні проміжки часу, то під час рівнозмінного руху прискорення тіла є величиною сталою (не залежить від часу). Отже, рівняння прискорення для рівнозмінного руху має вигляд $\vec{a} = const$ (2).

З означення прискорення (1) можна виразити миттєву швидкість тіла і отримати залежність миттєвої швидкості від часу:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (3)$$

де \vec{v} - миттєва швидкість тіла в момент часу t ;

\vec{v}_0 - початкова швидкість тіла (в момент часу $t_0=0$);

\vec{a} - прискорення руху тіла.

Рівняння (3) можна переписати і в проекціях на осі координат OX , наприклад на вісь OX : $v_x = v_{x0} + a_x t$.

Рівняння шляху s для рівнозмінного руху в проекціях на деяку вісь, наприклад OX , матиме вигляд:

$$s = v_{x0}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (4)$$

Враховавши, що $s=x-x_0$ (де x - координата тіла в момент часу t , а x_0 - координата тіла в момент часу $t_0=0$) рівняння координати для рівнозмінного руху матиме вигляд:

$$x = x_0 + v_{x0}t + \frac{a_x t^2}{2} \quad (5)$$

З допомогою отриманих законів руху, опишемо рух кульки по похилому жолобу. Для цього систему відліку пов'яжемо з жолобом, спрямувавши вісь OX вздовж жолоба згори донизу: (рис 1). Для спрощення розрахунків, початок відліку осі OX розташуємо у точці початкового положення кульки на верхньому кінці жолоба, тоді $x_0=0$. Оскільки кулька скочується без початкової швидкості, то $v_{x0} = 0$.

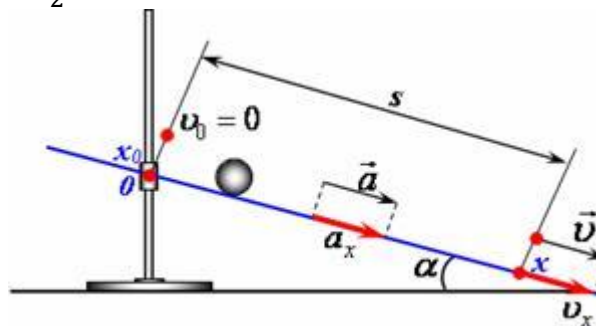


рис 1

Оскільки рух кульки рівноприскорений, то $\Delta v > 0$.

Спроектувавши вектори миттєвої швидкості \vec{v} і прискорення на вісь OX (рис 1), запишемо рівняння шляху для даного випадку:

$$s = \frac{at^2}{2}, \text{ звідки } a = \frac{2s}{t^2}$$

Рівняння швидкості, в свою чергу, матиме вигляд:

$$v_x = a_x t.$$

Контрольні запитання

1) Сформулюйте означення механічного руху, траєкторії, шляху, швидкості. Поясніть відмінність між шляхом та переміщенням.

2) Сформулюйте означення рівнозмінного руху тіла. Назвіть види рівнозмінного руху та їх особливості.

3) Сформулюйте означення прискорення рівнозмінного руху та запишіть формулу за якою визначається прискорення. Сформулюйте означення середньої швидкості?

4) Запишіть закони рівнозмінного руху та назвіть величини, які входять до відповідних формул.

5) Схематично зобразіть графіки рівнозмінного руху: графік залежності проекції прискорення від часу; проекції миттєвої швидкості від часу; шляху від часу; координати від часу. Назвіть основні відмінності графіка координати від графіка шляху.

Розв'яжіть тренувальні задачі

1) Швидкісний потяг, рухаючись прямолінійно і рівноприскорено, через 10 с після початку руху із стану спокою набув швидкості 0,6 м/с. а) знайдіть прискорення потяга; б) знайдіть швидкість потяга через 5 хв та через 8 хв після

початку руху; в) через який час від початку руху швидкість потяга стане рівною 3 м/с. Розв'язуючи задачу, побудуйте схему руху, подібно до рисунка 1.

2) Кулька, яка скочується з похилого жолоба без початкової швидкості, за першу секунду руху проходить шлях 10 см. Знайдіть: а) прискорення кульки; б) шлях пройдений кулькою за три секунди від початку руху; в) шлях пройдений кулькою за другу секунду від початку руху. (Підказка: шлях за другу секунду доцільно знайти як різницю шляхів за дві перших секунди і за першу секунду). Розв'язуючи задачу, побудуйте схему руху.

3) Схил довжиною 100 м, рухаючись прямолінійно рівноприскорено, лижник пройшов за 20 с, рухаючись з прискоренням $0,3 \text{ м/с}^2$. Знайдіть швидкість лижника на початку та в кінці схилу.

Хід роботи

I. Вимірювання прискорення тіла під час рівноприскореного руху.

1. Опрацюйте теоретичні відомості та інструкцію лабораторної роботи. Підготуйте у роботі таблицю даних 1 для запису результатів вимірювань та обчислень.

2. Закріпити жолоб Галілея за допомогою штатива в похилому положенні під невеликим кутом до горизонту. Біля нижнього кінця жолоба покласти в нього металевий циліндр.

3. Виміряйте кут нахилу α похилої площини до горизонту за формулою $\sin\alpha = h/L$, де h – висота верхнього краю жолоба над горизонтальною поверхнею, L – довжина жолоба (рис 2).

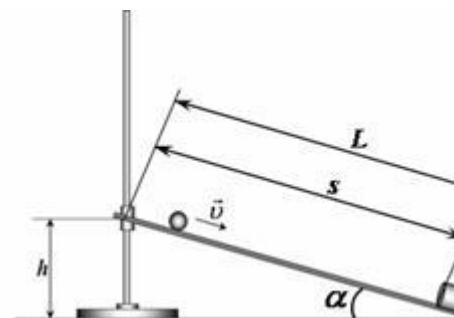


рис 2

4. Розташуйте кульку на верхньому кінці жолоба і відпустіть. За допомогою секундоміра виміряйте час t від моменту початку руху кульки до моменту її удару об циліндр, встановлений у нижньому кінці жолоба.

5. За допомогою мірної стручки виміряйте шлях s , пройдений кулькою за час t . Не змінюючи положення жолоба провести дослід мінімум 5 разів, визначивши середнє значення шляху s_{cp} та часу t_{cp} .

6. Обчислити середнє значення модуля прискорення кульки за формулою $a_{cp} = \frac{2s}{t^2}$. Результати вимірювань і обчислень занести до складеної Вами таблиці 1. Визначити абсолютну та відносну похибки вимірювання прискорення.

7. Змініть кут нахилу жолоба α та повторіть дослід (пункти 3 - 6) для 3 різних значень α . Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці 1.

Звітна таблиця результатів

№ з/п	час руху кульки		переміщення Кульки $S, м$	кут нахилу похилої площини до горизонту α	прискорення руху кульки $a_{сер}, м/с^2$	похибка вимірювання прискорення		Результат вимірювання $a = a_{сер} \pm \Delta a, м/с^2$
	$t_b, с$	$t_{сер}, с$				відносна $\epsilon_a, \%$	абсолютна $\Delta a, м/с^2$	
1								
2								
3								
4								
5								

8. За даними вимірювань і обчислень на міліметровому папері побудуйте графік залежності прискорення кульки від кута нахилу α похилого жолоба до горизонту.

9. Зробіть висновок, у якому опишіть свої здобутки, яких Ви набули, виконуючи дану роботу; головні причини похибок; основні, на Ваш погляд, недоліки та переваги даного дослідження; пропозиції щодо його покращення.

Лабораторна робота №2

Тема: визначення жорсткості пружини.

Мета: навчитися визначати жорсткість пружини.

Обладнання: різні види пружин, мірна стрічка, тягарці.

Теоретичні відомості

Тверді тіла мають властивість зберігати форму і об'єм. Проте, взаємодіючи з іншими тілами, вони змінюють свою форму. Ця зміна не завжди помітна, але вона завжди існує.

Причиною виникнення сили пружності (її природа) є взаємодія між молекулами. При деформації змінюється відстань між молекулами, а тому проявляються сили відштовхування або сили притягання між ними, які прагнуть відновити початкову форму і розміри тіла (в пружних тілах і навпаки – в пластичних).

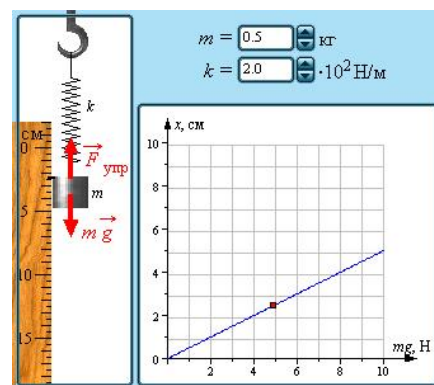
Силою пружності називають силу, яка виникає при деформації тіла і протидіє зовнішньому впливу.

Щоб розтягнути пружину, до неї потрібно прикласти силу. У результаті розтягнення виникає сила пружності, яка за значенням дорівнює прикладеній до пружини силі, в даному випадку – сили тяжіння. Чим більше видовження пружини x , тим більша сила пружності, але це ще залежить від фізичних властивостей самої пружини.

Математично залежність сили пружності від деформації виражають рівністю $\vec{F} = -k\vec{x}$. Тут x - видовження тіла, k - коефіцієнт пропорційності або жорсткість тіла, яка залежить від розмірів тіла і матеріалу, з якого воно виготовлено, вимірюється ньютонами на метр (Н/м)

Закон Гука. Сила пружності, що виникає під час деформації тіла, пропорційна до видовження тіла і напрямлена протилежно напрямку переміщення частинок тіла відносно інших частинок під час деформації.

Важливою особливістю сили пружності є те, що вона напрямлена перпендикулярно до поверхні стикання тіл, а коли йдеться про такі тіла, як деформовані пружини, стиснуті або розтягнені стержні, шнури, нитки, то сили пружності напрямлені вздовж їхніх осей.



Хід роботи.

1. Виміряти початкову довжину пружини.
2. Прикріпити до пружини тягарець масою 50 г, визначити довжину пружини.
3. Дослід повторити для маси 100 і 150 грам.
4. Результати вимірювань записати в таблицю.

№ досліджу	маса m , кг	l_0 , м	l , м	видовження пружини x , м	жорсткість k , Н/м	Середнє значення жорсткості $k_{ср}$, Н/м
1						
2						
3						

5. Знайти жорсткість пружини для кожного випадку (в проекції на вісь ОУ).

$$F_{np} = mg$$

$$kx = mg$$

$$k = \frac{mg}{x} = \frac{mg}{l - l_0}$$

6. Знайти середнє значення жорсткості пружини за формулою:

$$k_{ср} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}.$$

7. Обчислити абсолютну похибку вимірювання за формулою $\Delta k = |k - k_{ср}|.$

8. Обчислити відносну похибку вимірювань $\varepsilon = \frac{\Delta k}{k_{сер}} \cdot 100\%$.

9. Знайти середнє значення похибок та записати результати обчислень у вигляді $k = (k_{сер} \pm \Delta k) \frac{H}{M}$, при $\varepsilon = \%$.

10. Повторити пункти 5 – 9 для інших пружин.

11. Зробити висновки.

Контрольні запитання

1. Яку природу має сила пружності?

2. Сформулювати закон Гука?

3. Зобразити діаграму розтягу твердих тіл.

Розв'яжіть тренувальні задачі

1) Знайдіть коефіцієнт пружності латунного стержня довжиною 10 см та площею поперечного перерізу 2 мм^2 . Модуль Юнга латуні 100 ГПа.

2) До алюмінієвого дроту довжиною 10 м і площею поперечного перерізу 7 мм^2 підвісили вантаж 10 кг. Визначте абсолютне та відносне видовження дроту. Модуль Юнга алюмінію 70 ГПа.

3) Який діаметр повинен мати сталевий трос підйомного пристрою, якщо максимальна маса вантажу, що піднімається, 5 т? Запас міцності 6. Межа міцності сталі 500 МПа, а модуль Юнга 210 ГПа.

Лабораторна робота №3

Тема: вивчення закону збереження механічної енергії.

Мета: за даними експерименту розрахувати роботу сили пружності пружини динамометра і порівняти її зі зміною кінетичної енергії тіла.

Обладнання: стрижні штативні, 600 і 250 мм, затискач універсальний, основа штативна, мірна стрічка, екран, тіло з алюмінію, динамометр 2Н, капронова нитка, важіль, пластмасова шаль терезів, пластина зі шкалою, стрілка для важеля, кріпильний гвинт, копіювальний папір, аркуш білого паперу.

Теоретичні відомості

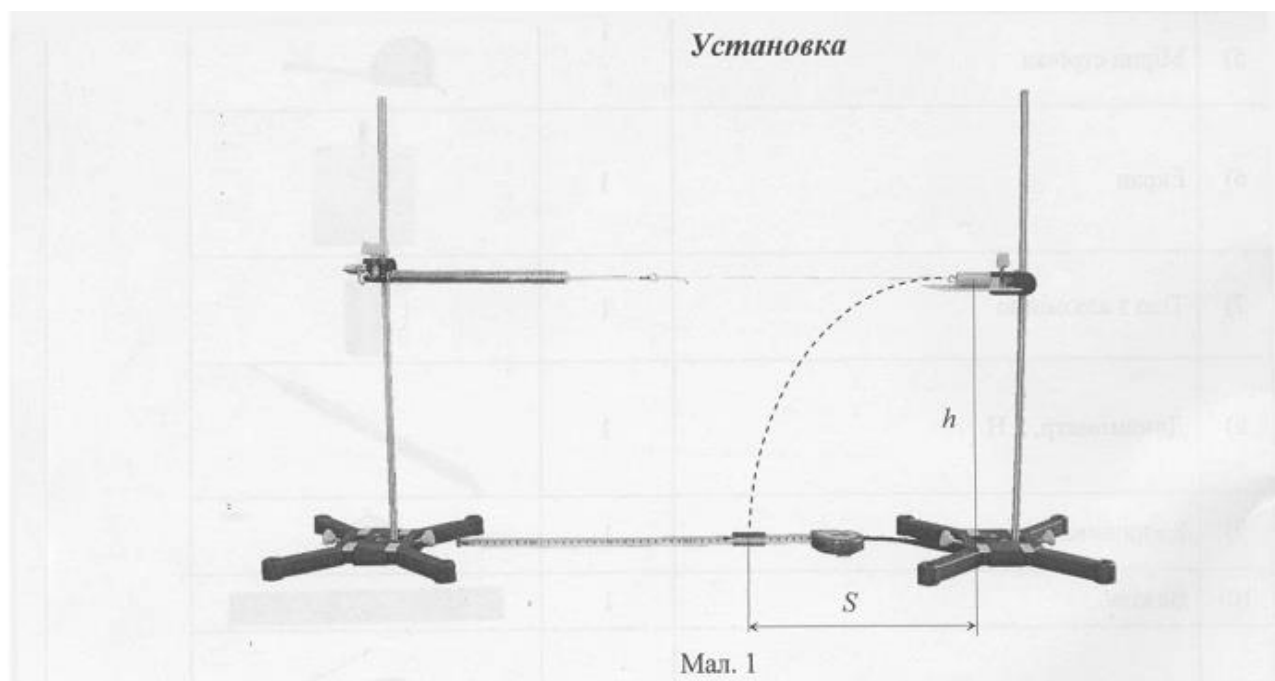
Механічна енергія – це скалярна фізична величина, що характеризує здатність тіла виконувати роботу. Розрізняють два види механічної енергії: кінетичну і потенціальну. Кінетична енергія завжди обумовлена рухом тіла. А потенціальна – взаємодією між тілами. Суму кінетичної і потенціальної енергій називають повною механічною енергією тіла.

Кінетична енергія притаманна рухомих тілам і визначається виразом:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Якщо на тіло під час руху діє сила (або одночасно декілька сил), кінетична енергія тіла змінюється – тіло прискорюється або зупиняється. При цьому робота сили або рівнодійної сил, прикладених до тіла, дорівнює зміні кінетичної енергії (теорема про кінетичну енергію):

$$A = E_k - E_{k0} = \Delta E_k.$$



Установка складається з двох штативів з лапками, які закріплені на однаковій висоті від поверхні стола ($h = 40$ см). В одному штативі закріплено

динамометр, до гачка якого на нитці довжиною 60-80 см прив'язано металевий циліндр. Утримуючи тіло на лапці, штатив з динамометром відсувають на таку відстань, щоб нитка натягувалась під дією сили пружності F_{np} . Якщо циліндр відпустити, сила пружності буде здійснювати роботу, а кінетична енергія – збільшуватись від 0 до $m\omega^2 / 2$.

Максимальна швидкість польоту тіла, набута під дією сили пружності F_{np} з урахуванням рівноприскореного руху вертикально вниз з висоти h під дією сили тяжіння, дорівнює:

$$v_{\max} = S \sqrt{\frac{g}{2h}},$$

де S – дальність польоту тіла.

Тоді зміна кінетичної енергії циліндра та робота сили пружності пружини динамометра визначаються відповідно як:

$$\Delta E_k = \frac{m\omega_{\max}^2}{2} = \frac{mS^2 g}{4h},$$

$$A = F_{\text{сер}} \Delta x,$$

де Δx - видовження пружини,

$$F_{\text{сер}} = \frac{F_{np}}{2} - \text{середнє значення сили пружності.}$$

Таким чином, теорему про кінетичну енергію можна записати у вигляді:

$$\frac{F_{np}}{2} \Delta x = \frac{mS^2 g}{4h}.$$

Хід роботи

1. Визначте масу циліндра за допомогою терезів.
2. Складіть установку згідно малюнку 1.
3. Утримуючи циліндр на підставці, повільно відсуньте штатив, доки динамометр не буде показувати силу пружності 2 Н.
4. Відпустіть тіло та відмітьте місце його падіння.

Примітка:

Це легше і точніше зробити, якщо між штативами покласти аркуш білого паперу, а зверху копіювальний папір. Впавши, циліндр залишить чіткий відбиток на папері.

5. Повторіть п. 2 – 3 ще 2 рази та визначте середнє значення дальності польоту $S_{\text{сер}}$.

Таблиця

№	S, м	S _{сер} , м	m, кг	h м,	ΔE_k , Дж	x, м	F _{np} , Н	A, Дж	$\varepsilon = \left 1 - \frac{\Delta E_k}{A} \right \cdot 100\%$
1.				0,40			2		
2.									
3.									

6. Обчисліть значення зміни кінетичної енергії циліндра під дією пружності за формулою $\Delta E_k = \frac{mS_{сер}^2 g}{4h}$.

7. Виміряйте деформацію пружини динамометра x, якщо сила пружності дорівнює F_{np} = 2 Н і обчисліть значення роботи сили пружності за формулою $A = \frac{F_{np}}{2} \Delta x$.

8. Результати вимірювань і обчислень занесіть до таблиці.

9. Порівняйте значення зміни кінетичної енергії циліндра ΔE_k і роботи сили пружності A та зробіть висновок.

Контрольні запитання

1. Чому механічна робота є відносною величиною?

2. Як обчислюється робота змінної сили?

3. Чому поняття «потенціальна енергія» застосовується не для всіх систем?

Розв'яжіть тренувальні задачі

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

2) Кульці, що висить на нитці довжиною 1 м надали поштовхом швидкості 4 м/с в горизонтальному напрямі. На якій кут відхилиться нитка від підвісу? При якій початковій швидкості кулька зможе піднятися на максимально можливу висоту?

3) З дитячого пістолета роблять постріл кулькою 20 г у горизонтальному напрямі. Основною частиною цього пістолета є пружина жорсткістю 200 Н/м , стиснута на 10 см , яка при штовхає кульку. Визначте швидкість кулі в початковий момент. Знайдіть дальність польоту кульки.

Лабораторна робота №4

Тема: дослідження ізотермічного процесу.

Мета: перевірити дослідження шляхом закону Бойля-Маріотта.

Обладнання: барометр, гофрований циліндр.

Теоретичні відомості

Закон Бойля-Маріотта для ізотермічного процесу, який протікає при постійній температурі ($T_1=T_2$), є частковим випадком об'єднаного газового закону:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

При $T_1 = T_2 = T = \text{const}$ та $m = \text{const}$ маємо: $P_1 V_1 = P_2 V_2$ або $pV = \text{const}$.

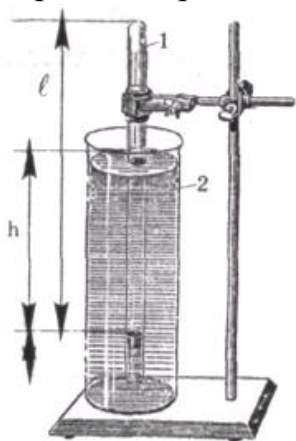
Для даної маси газу добуток його тиску на об'єм є величина стала при сталій температурі. Можна сказати, що тиск даної маси газу при сталій температурі змінюється обернено пропорційно його об'єму.

У запаяній з одного кінця трубці міститься повітря об'ємом $S l_0$ при атмосферному тиску H .

Якщо в циліндр із водою 1 опустити відкритим кінцем униз трубку 2 (мал. 1), то повітря в ній буде під тиском, який дорівнює атмосферному плюс гідростатичний тиск стовпчика води висотою h : $p = p_a + \rho gh$, де ρ - густина води, p_a - атмосферний тиск, h - різниця рівнів води у циліндрі 1 і в трубці 2. Об'єм повітря стане $S l$. За законом Бойля-Маріотта: $S l p_a = S l (p_a + \rho gh)$. Оскільки площа поперечного перерізу трубки (а значить і повітряного стовпчика) стала, числове значення l можна прийняти за значення V в умовних одиницях $l=V$. Із зміною глибини занурення трубки змінюється об'єм і тиск повітря. У роботі потрібно дослідити залежність між цими величинами.

Опис приладу

На рис. зображено прилад для експериментального вивчення закону Бойля-Маріотта. Прилад складається зі скляної трубки (1) і високої скляної посудини (2) з водою. Один кінець трубки закритий гумовим корком або запаяний, а другий – відкритий. Відкритим кінцем трубка занурена в посудину з водою.



У трубці є замкнутий стовпчик повітря. Якщо у воду, налиту у високу скляну посудину, опустити відкритим кінцем трубку, то повітря в ній перебуватиме під тиском.

$$p = \left(p_a + \frac{h}{13,6} \right) \text{ мм.рт.ст.} \quad (3), \text{ де } p_a - \text{атмосферний тиск;}$$

h - різниця рівнів води в широкій посудині і в трубці.

Для спрощення розрахунків атмосферний тиск і тиск стовпчика води доцільно вимірювати в міліметрах ртутного стовпчика. Густина води у 13,6 раза менша за густину ртуті, тому стовпчик води заввишки h мм створює тиск, що дорівнює тиску стовпчика ртуті заввишки $\frac{h}{13,6}$

мм. Об'єм (V) повітря в трубці: $V = S \cdot l$, де l - довжина стовпчика повітря, мм;

S - площа поперечного перерізу стовпчика повітря, мм^2 .

Підставивши знайдені значення p і V у формулу (2), дістанемо:

$$\left(p_a + \frac{h}{13,6}\right) \cdot S \cdot l = \text{const} \text{ або, оскільки площа поперечного перерізу трубки скрізь}$$

однакова, $\left(p_a + \frac{h}{13,6}\right) \cdot l = \frac{c}{S} = c'$, де c і c' - сталі величини. При зміні глибини занурення трубки змінюються об'єм і тиск повітря в ній. У роботі досліджується залежність між величинами H , l і h .

Хід роботи

1. Скласти прилад, поданий на рис. Потім, занурюючи чи піднімаючи трубку, виміряти довжину стовпчика повітря в трубці l і різницю рівнів води h у трубці і посудині. При виконанні роботи глибину занурення трубки регулюють пересуванням затискача з держакром уздовж стояка штатива.

2. Повторити дослід для двох різних глибин занурення трубки.

3. Виміряти барометром атмосферний тиск H (у мм рт. ст.).

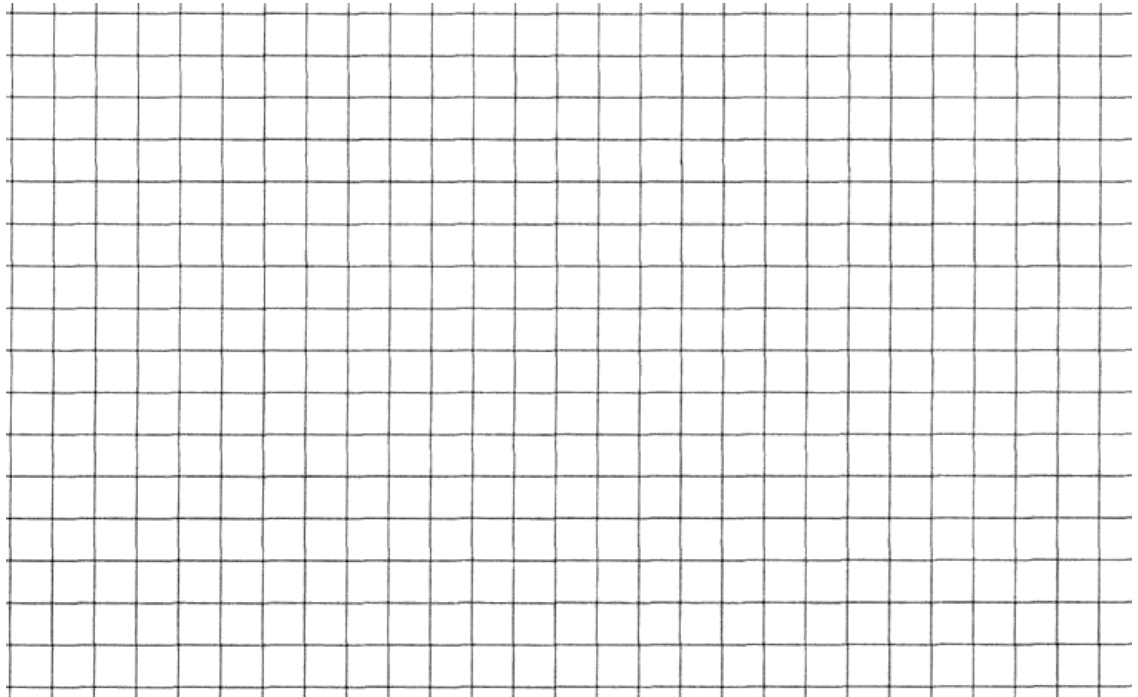
4. Для кожного досліду обчислити добуток тиску та об'єму і знайти середнє значення цього добутку: $c = \left(H + \frac{h}{13,6}\right) \cdot l$ (враховуючи, що площа поперечного перерізу трубки стала, числове значення l можна взяти за значення V в умовних одиницях).

5. Результати вимірювань та обчислень занести до таблиці.

Номер дослід у	p_a , мм. рт. ст.	h , мм	$l(V)$, ум. од.	$p = p_a + \frac{h}{13,6}$ мм.рт.ст.	$c = p \cdot l$	$c_{\text{сеп}}$
1						
2						
3						

6. Знайти абсолютну і відносну похибки.

7. Накреслити за експериментальними даними графік залежності тиску від об'єму.

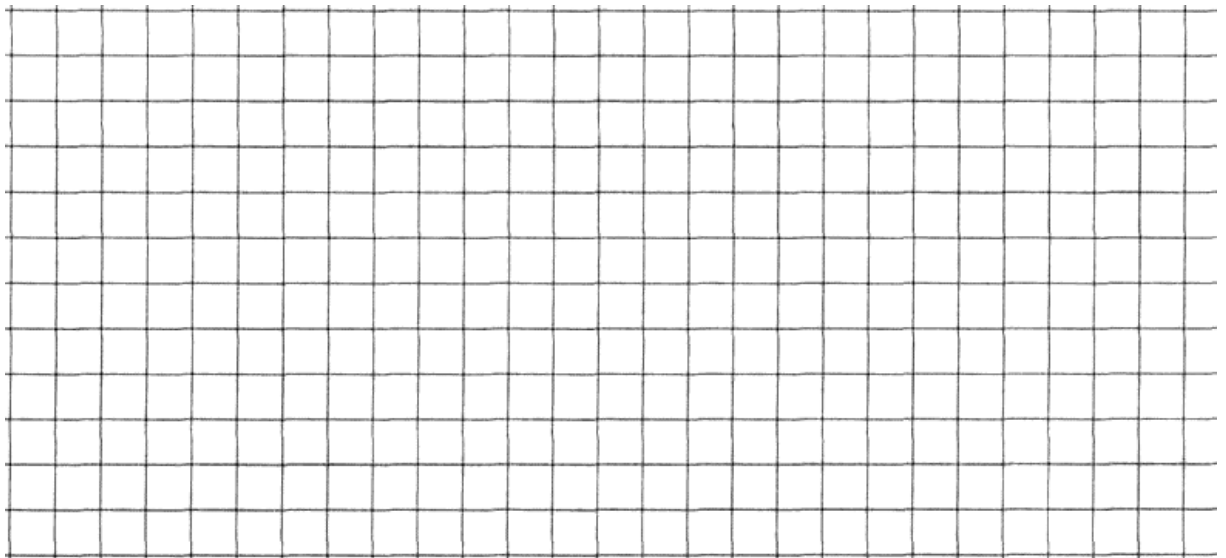


Оцінка точності проведеного вимірювання

1. Абсолютна похибка: $\Delta c_{сер} = |c_{сер} - c|$, де $c_{сер}$ - середнє значення трьох результатів. Результат обчислень записується в загальному вигляді так: $c = c_{сер} \pm \Delta c_{сер}$ (зробіть це для одного із трьох дослідів)

2. Відносна похибка: $\varepsilon = \frac{\Delta c_{сер}}{c_{сер}} \cdot 100 \%$, де $c_{сер}$ - середнє значення; $\Delta c_{сер}$ - абсолютна похибка.

Обчислення



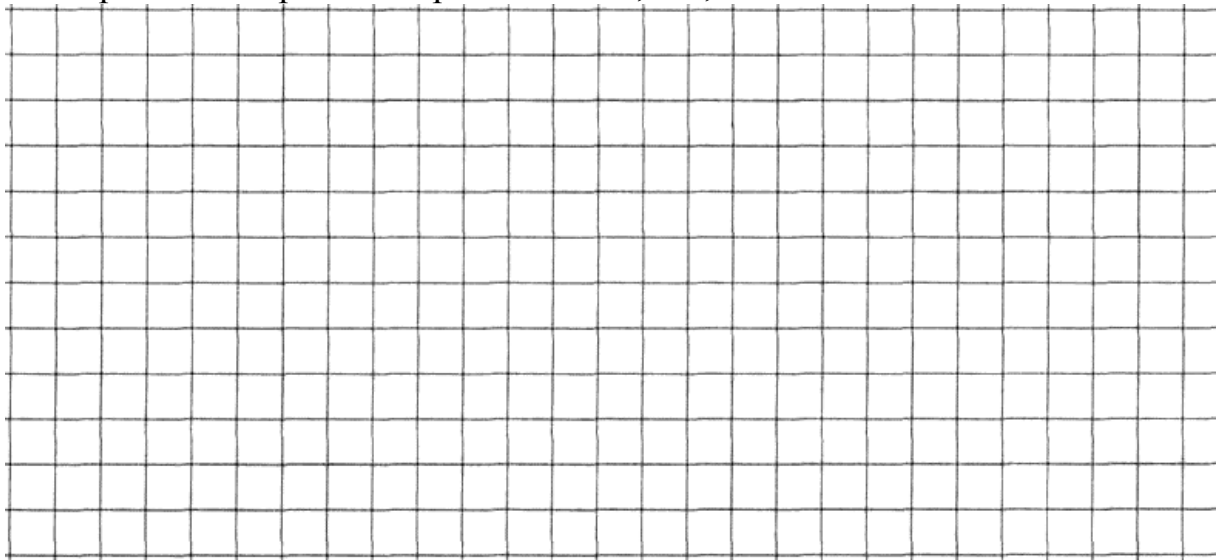
Контрольні питання.

1. Які обмеження має модель ідеального газу?

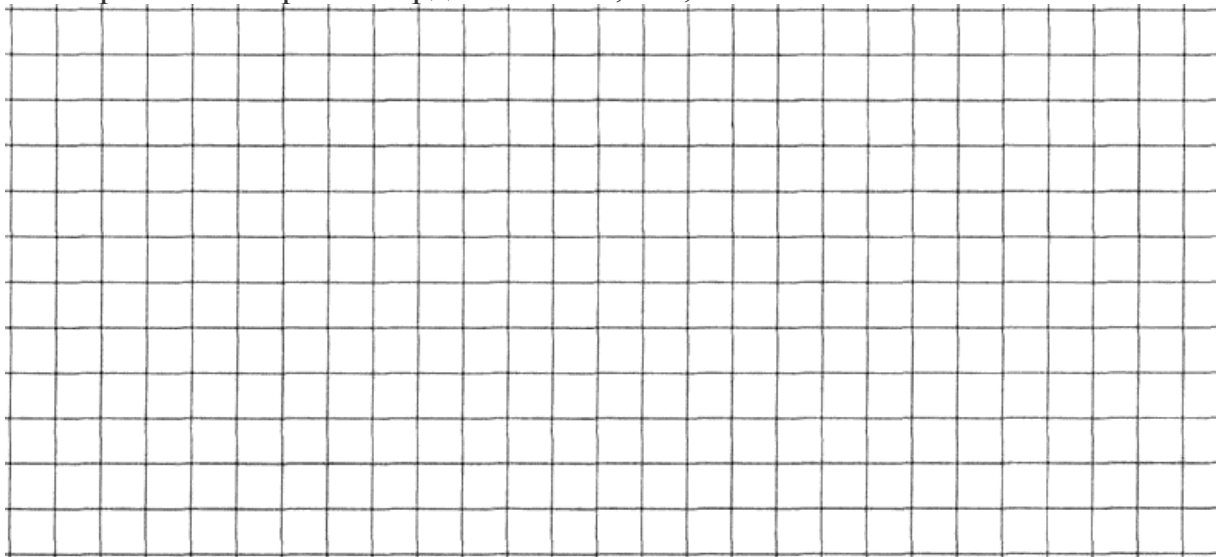
2. Який процес називають ізотермічним?

3. Який процес називають ізотермічним?

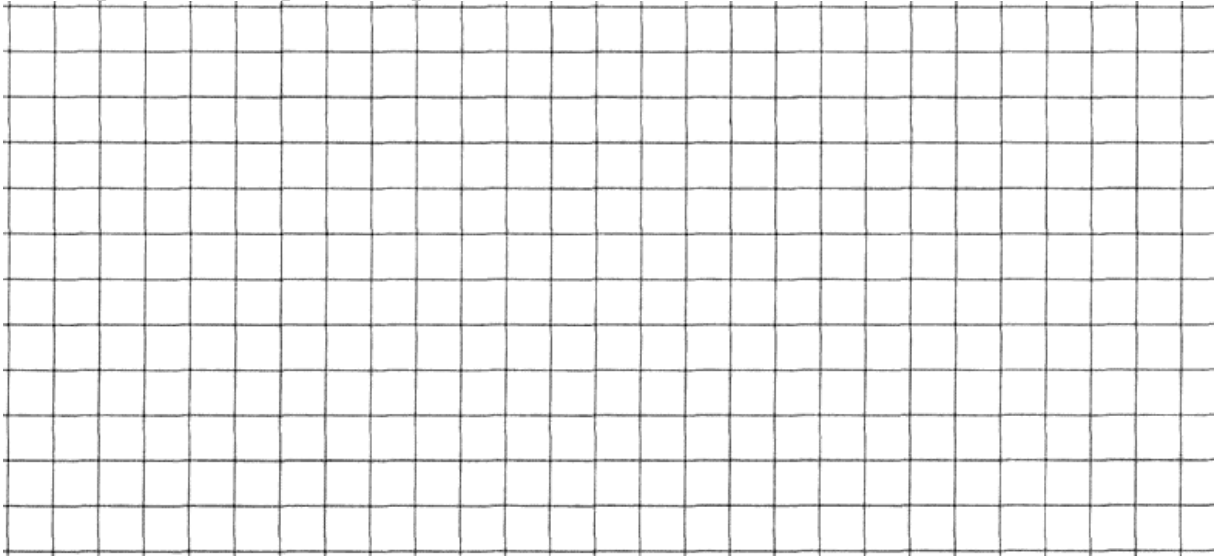
4. Зобразіть ізотерми в координатах PV , VT , PT .



5. Зобразіть ізобари в координатах PV , VT , PT .



6. Зобразіть ізохори в координатах PV , VT , PT .



7. Запишіть рівняння стану газу.

Висновок:

Розв'яжіть тренувальні задачі

1. У балоні об'ємом 10 л знаходиться повітря при тиску 1,5 МПа. Яким стане тиск газу, якщо відкрити кран, що з'єднує цей балон з іншим балоном об'ємом 40 л, в якому повітря немає? Температура газу не змінюється.

2. Газ при температурі 37 °С і тиску 1,5 МПа має об'єм 10 л. Який об'єм цієї маси газу за нормальних умов?

3. При стисканні повітря в циліндрі дизельного двигуна об'єм повітря зменшується в 15 разів, а температура підвищується від 47 °С до 620 °С. Який тиск повітря наприкінці стискання, якщо на початку стискання тиск повітря дорівнював 100 кПа?

Лабораторна робота №5

Тема: вимірювання відносної вологості повітря.

Мета: ознайомитися з методами вимірювання вологості, виміряти вологість повітря в кімнаті.

Обладнання: психрометр.

Теоретичні відомості

В атмосфері Землі завжди є водяна пара. Вологість повітря зумовлюється вмістом у ньому водяної пари при будь-якій температурі її наявності в повітрі характеризується абсолютною і відотною вологістю. Абсолютна вологість ρ_a визначається масою водяної пари, що міститься в 1 м^3 повітря при даній температурі, тобто густиною водяної пари.

При певних умовах водяна пара, що знаходиться у повітрі може його насичувати. Маса водяної пари, що насичує 1 м^3 повітря при даній температурі, називають максимальною вологістю повітря ρ_n або густиною насиченої водяної пари.

Абсолютну вологість ρ_a можна визначити по температурі точки роси - температурі, при якій пара, що міститься в повітрі, стає насиченою. На практиці найчастіше користуються поняттям відносної вологості повітря φ , яка вимірюється відношенням абсолютної вологості ρ_a до максимальної вологості ρ_n повітря при цій же температурі, вираженої у відсотках: $\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_n} * 100\%$.

Відносна вологість φ показує, скільки відсотків складає абсолютна вологість від густини ρ_n водяної пари, що насичує повітря при даній температурі. Саме від відносної вологості повітря залежить інтенсивність випаровування. Відносну вологість повітря у даній роботі вимірюють за допомогою психрометра.

Хід роботи

Дослід 1

Вимірювання відносної вологості повітря за допомогою психрометра.

1. Виміряйте температуру повітря у приміщенні.

$t =$ _____

2. Занурте термометр у воду і переконайтеся у тому, що вона також має кімнатну температуру.

3. Обгорніть резервуар термометра клаптиком тканини (марлі) та закріпіть її за допомогою нитки.

4. Змочіть тканину водою і спостерігайте за зміною показань термометра.

5. Запишіть покази термометра у момент, коли вони перестануть змінюватися.

$t_{\text{вол}} =$ _____

6. Обчисліть різницю показань сухого і вологого термометрів.

$\Delta t =$ _____

Запишіть дані з психрометра:

$t_c =$

$t_B =$

$\varphi =$

Знайдіть кількість водяної пари у кімнаті.

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_n} \cdot 100\%, \quad \rho_n = 0,0173 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$m = \rho_a V$$

$$V = abc$$

$$\rho_a = \frac{\varphi \rho_n}{100\%}$$

7. Визначте відносну вологість φ повітря у кабінеті за психрометричною таблицею 1.

Таблиця 1

Психрометрична таблиця

Показання сухого термометра, °C	Різниця показань сухого і вологого термометрів, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Відносна вологість, %										
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	5	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	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	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

8. Зробіть *висновок* за результатами роботи, порівняйте отримані результати.

Висновок:

Контрольні запитання

1. Що таке точка роси?

2. Коли вологість повітря вища: влітку чи взимку?

3. Яка відносна вологість повітря є комфортною для людини?

4. Запишіть формулу для знаходження відносної вологості.

5. Які прилади дають можливість визначити відносну вологість повітря?

6. Чи може відносна вологість бути більша ніж 100%? Чому?

Розв'яжіть тренувальні задачі

1. Відносна вологість повітря при температурі $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює 70 %. Якою стане відносна вологість, якщо температуру підвищити до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а об'єм повітря зменшити в 2 рази?

2. При $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ показання обох термометрів психрометра однакові. Які будуть показання термометрів після вмикання опалення і підвищення температури в кімнаті до $16\text{ }^{\circ}\text{C}$? Вважайте, що густина водяної пари в повітрі залишилася незмінною.

3. Вологий термометр психрометра показує температуру $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яка температура повітря, якщо його вологість складає 60%

Лабораторна робота №6

Тема: Визначення питомого опору провідника.

Мета: вивчити схему посереднього вимірювання питомого опору використовуючи амперметр, вольтметр і годинник.

Обладнання: джерело постійного струму, амперметр 43121-У, вольтметр 43123-У, мікрометр, лінійка, з набірною площею «Школяр» (комутаційна панель, модулі: електрична лампочка, реостат 47 Ом, вимикач, з'єднувальні провідники, з'єднувальні елементи, зовнішній елемент «визначення питомого опору провідника»).

Теоретичні відомості

Однією із найважливіших характеристик провідника є питомий опір ρ - фізична величина, яка дорівнює добутку опору провідника на його площу поперечного перерізу до довжини провідника. Для однорідного циліндричного провідника з опором R , довжиною ℓ , площею поперечного перерізу S :

$$\rho = \frac{R \cdot S}{\ell} \quad (1), \quad [\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}.$$

Фізичний зміст питомого опору: питомий опір - це опір провідника довжиною 1 м, площа поперечного перерізу якого 1 м^2 . Питомий опір залежить від концентрації в провіднику вільних електронів і від відстані між іонами в кристалічній решітці, тобто від матеріалу провідника.

Питомий опір матеріалу можна обчислити, використовуючи формули

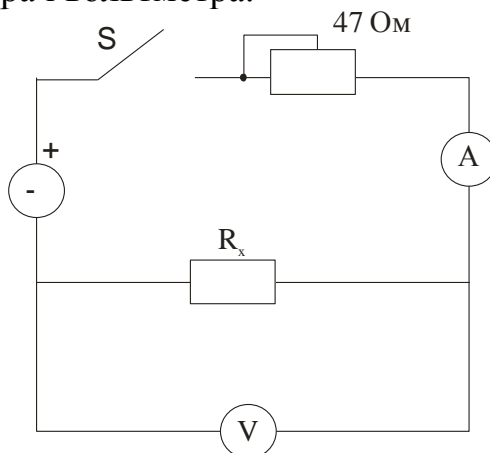
$$R = \rho \frac{\ell}{S}, \quad S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad I = \frac{U}{R}, \quad \text{де } d - \text{діаметр провідника.}$$

Опір провідника R можна виміряти, склавши електричне коло за схемою, поданою на малюнку 1. У цьому випадку формула для обчислення питомого опору провідника матиме вигляд

$$\rho = \frac{U \pi d^2}{4 I \ell} \quad (1)$$

Хід роботи

1. Визначити і записати характеристики засобів вимірювання.
2. Скласти електричне коло за схемою мал.1. Позначити напрям струму в колі і полярність амперметра і вольтметра.



Мал.1

3. Замкнути вимикач. Підібрати струм не більше 0,5 А.
4. Виміряти силу струму і напругу на досліджуваному провіднику.

Розімкнути вимикач.

5. Виміряти довжину провідника і товщину.
6. Результати прямих вимірювань записати у таблицю.
7. Обчислити питомий опір досліджуваного провідника.

$$R = \frac{U}{I}; \quad R = \rho \frac{l}{S}$$

$$\rho = \frac{US}{Il}; \quad S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

8. Обчислити похибки питомого опору. Результати обчислень записати в таблицю.

№ п/п	напруга U, В	сила струму I, А	питомий опір ρ , 10^{-7} Ом·м	абсолютна похибка $\Delta\rho$, 10^{-7} Ом·м	відносна похибка ε , %
1					
2					
3					
4					
5					

$$\varepsilon_{\rho} = \frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta l}{l}, \quad \Delta\rho = \varepsilon_{\rho} \cdot \rho$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\rho_0}{\rho_0} \cdot 100\%$$

$$\rho = \rho_0 \pm \Delta\rho_0 \text{ Ом} \cdot \text{м} =$$

при $\varepsilon =$ %.

9 Зробити висновки.

2. Різниця потенціалів на кінцях провідника довжиною 5 м дорівнює 4,2 В. Знайти густину струму при температурі 120°C, якщо її питомий опір і температурний коефіцієнт дорівнюють $2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом м}$, $6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$.

Лабораторна робота №7

Тема: Визначення ЕРС і внутрішнього опору джерела струму.

Мета: визначити електрорушійну силу і внутрішній опір джерела струму. Дослідити залежність напруги на зовнішній частині кола від сили струму в ньому.

Обладнання: гальванічний елемент, амперметр 43121-У, вольтметр 43123-У, мікрометр, прилад комбінований Ц4352М1, з набірною панелью «Школяр» (комутаційна панель, модулі: реостат 47 Ом, вимикач, з'єднувальні провідники, з'єднувальні елементи).

Теоретичні відомості

Електрорушійну силу E джерела струму (надалі ЕРС) можна виміряти, приєднавши до клем джерела струму вольтметр.

Розглянемо схему електричного кола до лабораторної роботи. Якщо ключ розімкнено, ЕРС джерела струму чисельно дорівнює напрузі на зовнішньому колі. У цьому випадку джерело струму замкнено на вольтметр, опір якого має бути в багато разів більший за внутрішній опір r_{np} джерела струму. При цьому відмінність значення E від значення U не перевищує десятих частин процента, тому похибка вимірювання ЕРС дорівнює похибці вимірювання напруги ($\Delta E = \Delta U$).

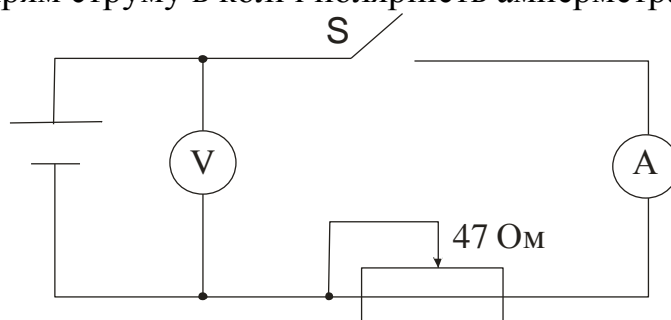
Використовуючи закон Ома для повного кола можна написати:

$E = I(R + r) = IR + Ir = U + Ir$ де $U = IR$ напруга на зовнішньому колі. Тому внутрішній опір r_{np} джерела струму визначається за формулою: $r_{np} = \frac{E_{np} - U}{I}$.

Хід роботи

1. Визначити і записати характеристики засобів вимірювання, що використовуються в роботі.

2. Скласти електричне коло за схемою мал.2. Замалювати схему в зошиті. Позначити напрям струму в колі і полярність амперметра і вольтметра.



Мал.2

3. Виміряти напругу на клеммах джерела при розімкненому вимикачі.
4. Замкнути вимикач, виміряти силу струму в колі і напругу. Розімкнути вимикач.

5. Результати вимірювань записати в таблицю.

Таблиця -1. Результати вимірювань і обчислень.

U	I	E_{np}	r_{np}
B	A	B	Om

Таблиця - 2. Похибки вимірювань.

$\Delta_i U$	$\Delta_o U$	ΔU	ΔE	ε_E	$\Delta_i I$	$\Delta_o I$	ΔI	ε_r	Δr
<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	%	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	%	<i>Ом</i>

6. Обчислити ЕРС джерела струму і похибку вимірювання.
7. Обчислити внутрішній опір джерела струму і похибку вимірювання.
8. Результати обчислень записати в таблицю.
9. Замкнути вимикач. Дослідити залежність напруги на зовнішній частині кола від сили струму в ньому. Розімкнути вимикач.

Визначити зовнішній опір в колі, споживану потужність та коефіцієнт корисної дії джерела в кожному з вимірювань. $r_{np} = \frac{E_{np} - U}{I}$.

10. Знайти абсолютні інструментальні похибки і похибки відліку сили струму I , напруги U , електрорушійної сили E . Використати таблицю інструментальних похибок деяких приладів.

11. Обчислити абсолютну і відносну похибки вимірювань ЕРС і внутрішнього опору джерела струму за формулами:

12. $\varepsilon_E = \frac{\Delta E}{E_{np}}$ - відносна похибка вимірювання електрорушійної сили (при цьому врахувати, що $\Delta U = \Delta E$).

13. $\varepsilon_r = \frac{\Delta E + \Delta U}{E_{np} - U} + \frac{\Delta I}{I}$ - відносна похибка вимірювання внутрішнього опору джерела струму.

14. $\Delta r = r_{np} \cdot \varepsilon_r$ - абсолютна похибка вимірювання внутрішнього опору джерела струму.

15. Записати результати вимірювань ЕРС і внутрішнього опору джерела струму у вигляді:
 $E = E_{np} \pm \Delta E$ (*B*) $r = r_{np} \pm \Delta r$ (*Ом*)
 $\varepsilon_E = \dots\%$ $\varepsilon_r = \dots\%$

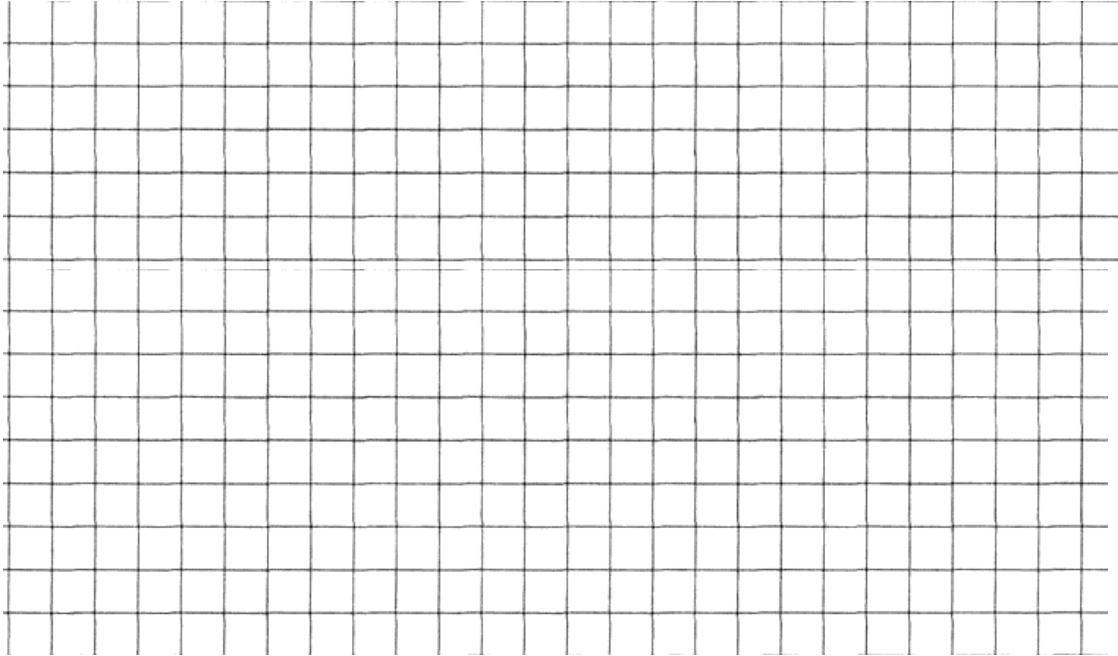
16. Побудувати графік залежності напруги на полюсах джерела від сили струму в колі.

17. Зробити висновки.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}; \quad R_1 = \frac{U_1}{I_1}, \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2},$$

$$\begin{cases} I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}; \\ I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}; \end{cases}$$

Обчислення

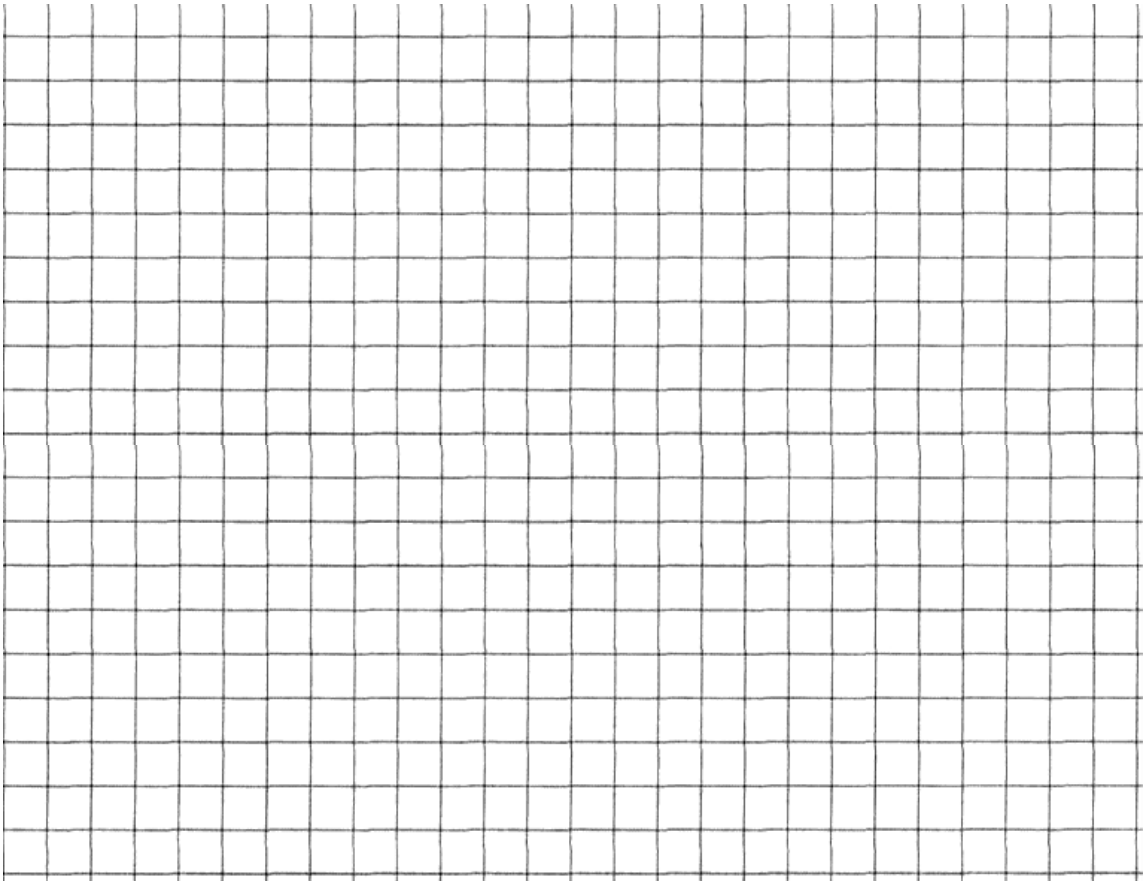


Оцінка точності проведеного вимірювання

Відносна похибка і абсолютна похибка:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta r_{\text{сер}}}{r_{\text{сер}}}, \text{ де } \Delta r_{\text{сер}} = \frac{\Delta r_1 + \Delta r_2 + \Delta r_3 + \Delta r_4 + \Delta r_5}{5}$$
$$\Delta r_1 = r_{\text{сер}} - r_1, \Delta r_2 = r_{\text{сер}} - r_2, \Delta r_3 = r_{\text{сер}} - r_3, \Delta r_4 = r_{\text{сер}} - r_4, \Delta r_5 = r_{\text{сер}} - r_5$$

Обчислення



Лабораторна робота №8

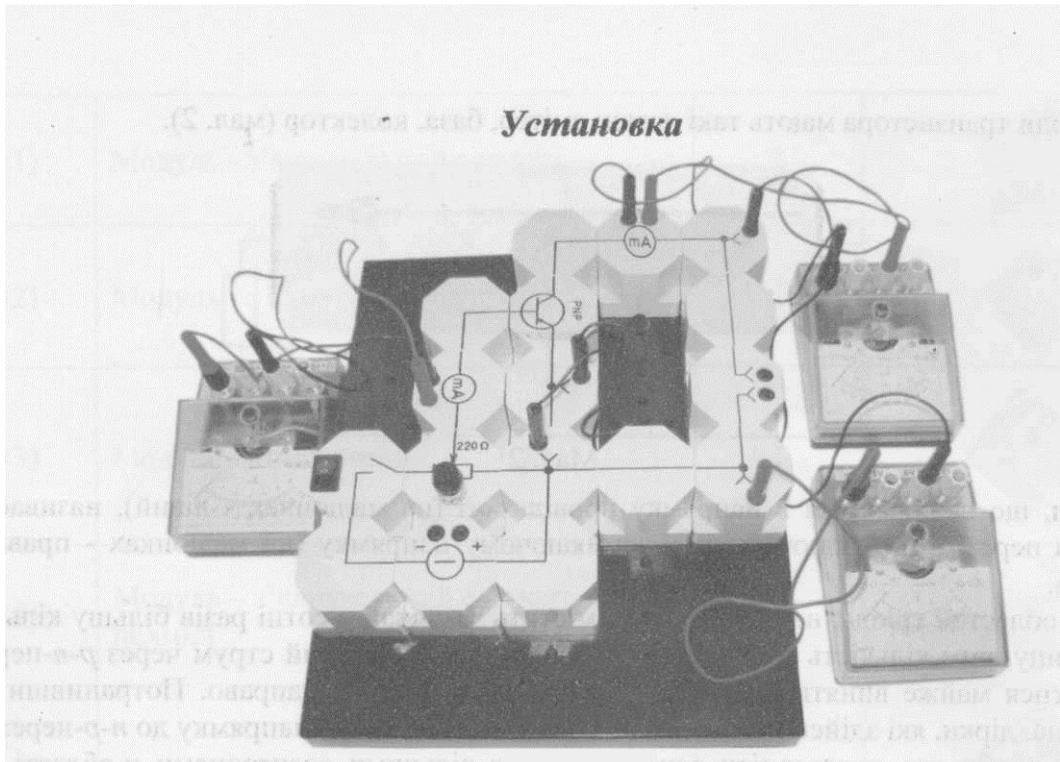
Тема: Вивчення транзистора.

Мета: визначити виявити підсилення струму транзистором у схемі зі спільним емітером; визначити коефіцієнт підсилення по струму транзистора.

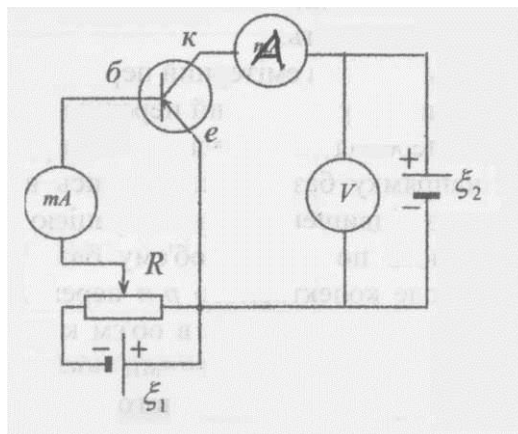
Обладнання: джерело постійного струму, 4,5В, міліамперметр 43125-У, комутаційна панель, модуль – міліамперметр, модуль – джерело постійного струму, модуль – транзистор PNP типу, модуль – з'єднувальний елемент, кутовий, з'єднувальні провідники, модуль – потенціометр, 220Ом, модуль – з'єднувальний елемент, модуль – підключення, модуль – з'єднувальний елемент, прямий, вольтметр, модуль – вимикач, джерело постійного струму, 8-10В .

Хід роботи

1. Скласти електричне коло за схемою мал.1. Вигляд установки показаний на мал.2.



Мал.1



Мал.2

2. Вказати напрям струмів і полярність приладів.

3. Замкніть електричне коло і перемістіть повзунок реостата у крайнє праве положення, при цьому сила струму в колі емітер – база практично дорівнюватиме нулю.

4. При збільшенні сили струму в колі емітер – база стрілка міліамперметра дещо відхилилася від нульової поділки, при цьому в колі емітер – колектор стрілка гальванометра відхилиться на значну кількість поділок. Це свідчить і про підсилення струму транзистором.

5. Дослідити при заданому струмі бази I_b залежність струму колектора від напруги між колектором і емітером. Розімкнути вимикач.

6. Результати вимірювання занесіть до таблиці

Сила струму бази I_b , мА								
Сила струму колектора I_k , мА								
Напруга між колектором і емітером $U_{ке}$, В								

7. Накресліть графік залежності струму колектора від напруги між колектором і емітером досліджуваного транзистора для різних заданих значень сили струму бази.

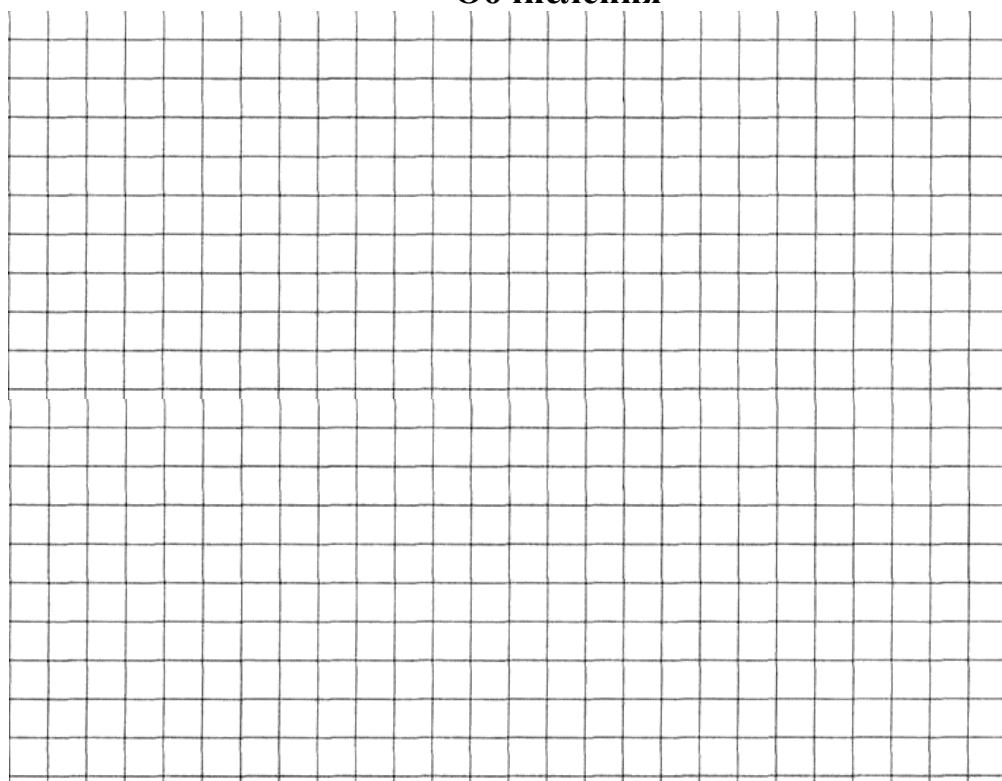
8. Визначте з графіка коефіцієнт підсилення транзистора α_e при різних положеннях повзунка реостата.

9. Визначити за допомогою формули $\alpha = \frac{I_k}{I_e}$ коефіцієнт підсилення транзистора при різних положеннях повзунка реостата.

10. Порівняти значення коефіцієнтів підсилення транзистора α_e , отриманих за графіком α_e та за формулою α .

11. За результатами дослідження зробити висновок.

Обчислення



Контрольні запитання.

1. Чи можна розглядати транзистор як два діоди, з'єднані послідовно? Можна із двох окремих діодів отримати транзистор?

2. При якій полярності приложеної напруги емітерний і колекторний переходи включають в прямому та зворотному напрямках?

3. Чи залежить статичний коефіцієнт підсилення по струму транзистора від напруги між колектором та емітером?

4. На яких ділянках колекторної характеристики вихідний опір транзистора залишається майже незмінним?

5. Чи виконується закон Ома для сили струму колектора?

Лабораторна робота №9

Тема: Спостереження ліній магнітної індукції. Вивчення явища електромагнітної індукції.

Мета: продемонструвати конфігурацію магнітних полів різної форми, на досліді спостерігати явище електромагнітної індукції, перевірити виконання правила Ленца.

Обладнання: комплект приладів для демонстрування магнітних полів струмів різної конфігурації, постійний магніт, залізні ошурки. Джерело постійного струму, дві котушки з осердями, підковоподібний магніт, міліамперметр, реостат, вимикач (ключ), дві котушки з великою кількістю витків і замкнутим осердям, з'єднувальні дроти.

Короткі теоретичні відомості

Явище електромагнітної індукції полягає у виникненні індукційного струму в провідному контурі при зміні магнітного потоку, що пронизує площу контуру. Сам закон електромагнітної індукції формулюється саме для ЕРС, а не для сили струму: ЕРС індукції в замкненому контурі дорівнює за модулем швидкості зміни магнітного потоку через поверхню, обмежену цим контуром:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \quad (1)$$

Напрямок індукційного струму I_i в замкненому контурі визначають за правилом Ленца.

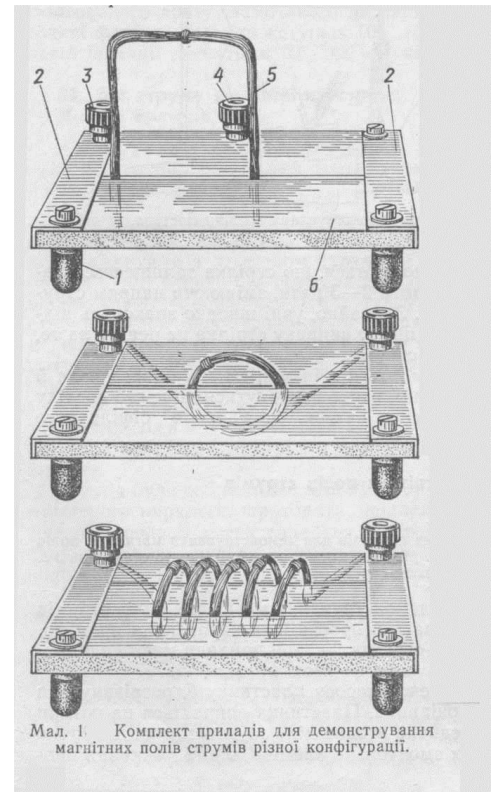
Алгоритм застосування правила Ленца:

- 1) Установіть напрям ліній магнітної індукції зовнішнього магнітного поля.
- 2) З'ясуйте, збільшується чи зменшується потік магнітної індукції цього поля через поверхню, обмежену контуром ($\Delta\Phi > 0$ або $\Delta\Phi < 0$).
- 3) Установіть напрям ліній магнітної індукції B' магнітного поля індукційного струму I_i : якщо $\Delta\Phi > 0$, то $B \uparrow \downarrow B'$, якщо $\Delta\Phi < 0$, то $B \uparrow \uparrow B'$.

4) За напрямом ліній магнітної індукції B' знайдіть напрям індукційного струму I_i , використовуючи правило гвинта (з правою різьбою), або «правило свердлика».

Хід роботи

1. Ознайомитися з приладами, зображеними на мал. 1.
2. По черзі під'єднати прилади до джерела струму та за допомогою залізних ошурків продемонструвати конфігурацію магнітних полів.
3. Пункт 2 повторити з постійним магнітом.
4. Відобразити графічно у зошитах магнітні поля постійного магніту.



Мал. 1. Комплект приладів для демонстрування магнітних полів струмів різної конфігурації.

Підготовка до експерименту

1. На рис. 1-6 зображено штабовий магніт, котушку-моток (далі — катушка), яку приєднано до міліамперметра, і зазначено напрямок швидкості руху магніту. Для кожного випадку:

1) зобразіть напрямок ліній магнітної індукції магнітного поля штабового магніту – синім кольором;

2) зобразіть напрямок магнітного поля індукційного струму, що виникне в катушці, – червоним кольором;

3) укажіть магнітні полюси катушки.

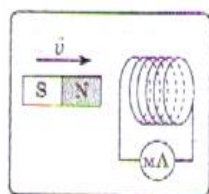


Рис. 1

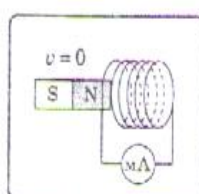


Рис. 2

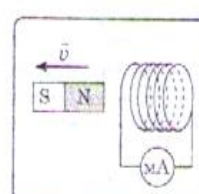


Рис. 3

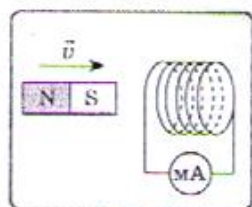


Рис. 4

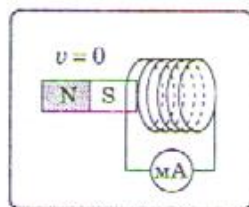


Рис. 5

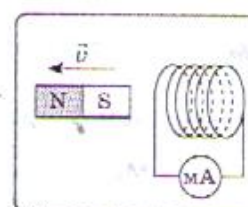


Рис. 6

2. За результатами виконання завдання 1 заповніть табл. 1.

Таблиця 1

№ з/п	Дії з магнітом і котушкою	Як змінюється магнітний потік, що пронизує котушку (збільшується, зменшується, не змінюється)	Магнітний полюс торця котушки, розташованого ближче до магніту
1	Введення магніту в котушку північним полюсом		
2	Магніт залишено нерухомим відносно котушки		
3	Виведення магніту з котушки північним полюсом		
4	Введення магніту в котушку південним полюсом		
5	Магніт залишено нерухомим відносно котушки		
6	Виведення магніту з котушки південним полюсом		

3. Проведіть тестовий експеримент з визначення магнітних полюсів котушки під час протікання в її обмотці струму певного напрямку. Для цього:

1) поставте маркером мітки на одному з торців котушки й на одному з проводів, за допомогою яких котушка приєднується до електричного кола;

2) складіть електричне коло, зображене на рис. 2 кольорової вкладки, приєднавши провід з міткою до клеми міліамперметра, поряд з якою стоїть знак «+»;

3) замкніть коло й за допомогою магнітної стрілки визначте магнітний полюс торця котушки, на якому поставлено мітку;

4) змініть напрямок струму в колі на протилежний і знову визначте магнітний полюс торця котушки, на якому поставлено мітку;

5) заповніть табл. 2.

Таблиця 2

Напрямок відхилення стрілки міліамперметра (вліво / вправо)	Магнітний полюс торця котушки, на якому поставлено мітку

Хід роботи

Дослід 1. З'ясування умов виникнення індукційного струму в замкнутому провіднику та перевірка виконання правила Ленца

Результати спостережень занесіть у третій стовпчик табл. 3.

Розв'яжіть тренувальні задачі

1. Магнітний потік, що пронизує замкнутий контур, рівномірно зростає від 2 мВб до 14 мВб за 6 мс. Чому дорівнює ЕРС індукції в контурі?

2. З якою мінімальною швидкістю потрібно рухати в однорідному магнітному полі з магнітною індукцією 50 мТл стержень довжиною 2 м, щоб у стержні виникала ЕРС індукції 0,6 В?

3. Яка ЕРС самоіндукції виникає в котушці з індуктивністю 20 мГн при рівномірній зміні сили струму на 15 А за 1 с?

Лабораторна робота №10

Тема. Визначення прискорення вільного падіння за допомогою маятника.

Мета: визначити прискорення сили тяжіння в даному місці Землі за допомогою маятника.

Обладнання: штатив з муфтою і кільцем; кулька з отвором; нитка; секундомір або годинник з секундною стрілкою; вимірювальна лінійка з міліметровими поділками.

Теоретичні відомості

Якщо маятник вивести з рівноваги, виникає сила, яка намагається повернути його в попереднє стійке положення рівноваги D (рис. 1). Ця сила F є рівнодійною двох сил: натягу нитки T і ваги P , напрямлених під кутом одна до одної.

Під дією сили F маятник повертається до положення рівноваги, проходить його внаслідок інерції і переходить на другий бік. Далі цей процес повторюється.

Найбільше зміщення маятника від положення рівноваги називається амплітудою коливання. Час повного коливання маятника називається періодом коливання. Теорія дає таку формулу для періоду коливання:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, (1), де T - період коливання, l - довжина маятника, g - прискорення

вільного падіння. З формули (1) можна визначити g : $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$. (2)

Довжину маятника можна виміряти безпосередньо, а період коливань обчислити за формулою: $T = \frac{t}{N}$, (3), де N - число коливань за час t . Тоді

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

Опис приладу

Маятником служить важка металева куля, підвішена на нитку, яка прив'язана до кільця штативу (рис. 2). Довжина маятника l у даному випадку складається з довжини нитки.

Якщо підставити це значення довжини маятника l у формулу (4), для визначення прискорення g дістанемо таку

розрахункову формулу: $g = \frac{4\pi^2 N^2(l)}{t^2}$ (5)

Хід роботи

Період коливання математичного маятника (T) залежить від довжини нитки (l), на якій підвішено тіло, та від прискорення вільного падіння (g) в даній точці Землі. Математично це описується у вигляді: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, звідки

одержуємо: $g = \frac{2\pi^2 l}{T^2}$.

1. Встановіть штатив на краю стола і закріпіть в ньому нитку з кулькою. Кулька повинна висіти на відстані 1 – 2 см від підлоги.

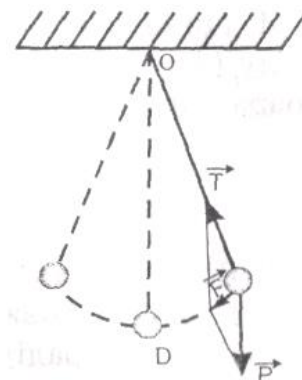


Рис.1

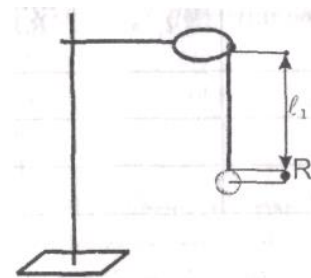


Рис.2

2. Відхиліть кульку вбік на 5 – 8 см та відпустіть її.
3. Виміряйте час 20 – 30-ти повних коливань кульки : $t =$ (с).
4. Розрахуйте період коливань кульки. Для цього одержаний час t розділіть на число коливань, що виконані за цей час. $T = t/N$
5. Виміряйте довжину нитки, на якій висить кулька і переведіть значення у метри.
6. Підставте у формулу одержані значення для T і t та запишіть результат $g =$ (м/с²).
7. Дані запишіть у таблицю:

№ н/п	t, с	N	T, с	g, м/с ²	Δg , м/с ²	$g_{\text{сєр}}$, м/с ²	\mathcal{E} , %
1.							
2.							
3.							

8. Відносна похибка:

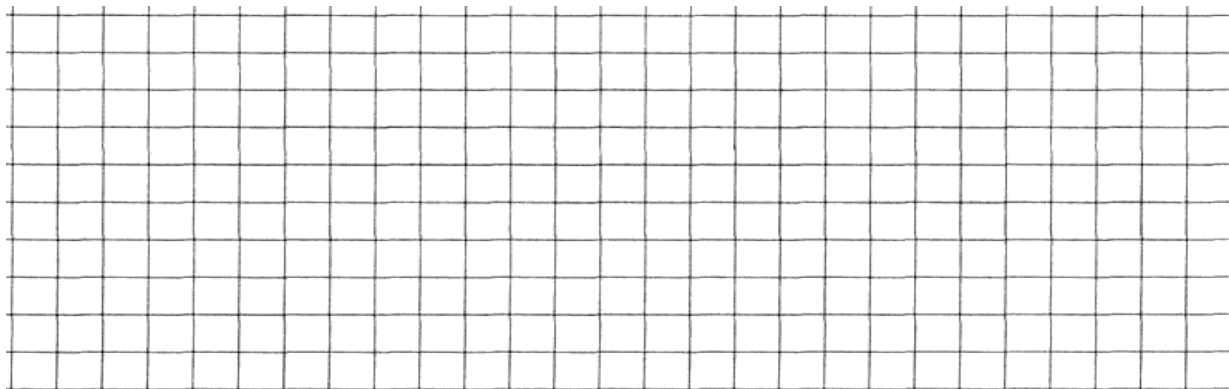
$$\mathcal{E} = \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta t}{t}$$

9. Абсолютна похибка:

$$\Delta g = g_{\text{розрахованє}} \cdot \mathcal{E} \dots (\text{м/с}^2)$$

10. Запишіть результат у вигляді: $g = g_{\text{розрахованє}} \pm \Delta g$. Зробіть висновки.

Обчислення



Оцінка точності результату

1. Знайдіть абсолютну похибку вимірювань.
Виберіть із таблиці значення інструментальних похибок: $\Delta_i t = 1\text{с}$; $\Delta_i l = 1\text{мм}$.

Похибки відліку приладів:

$$\Delta_{\text{відліку}} t = 0,2\text{с};$$

$$\Delta_{\text{відліку}} l = 0,5\text{мм}.$$

$$\text{Тоді } \Delta t = \Delta_i t + \Delta_{\text{відліку}} t;$$

$$\Delta t = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$\Delta l = \Delta_i l + \Delta_{\text{відліку}} l$$

$$\Delta l = \underline{\hspace{4cm}}$$

2. Знайдіть відносну похибку: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} + 2 \cdot \frac{\Delta t}{t}$,
де l і t – отримані в ході експерименту значення (одне з них).
 $\varepsilon =$ _____

3. Знайдіть абсолютну похибку: $\Delta g = g_{\text{розраховане}} \cdot \varepsilon$.
 $\Delta g =$ _____
Запишіть результат у вигляді: $g = g_{\text{розраховане}} \pm \Delta g$
 $g =$ _____

Контрольні питання

1. Як зміниться період коливань маятника, якщо його перенести з повітря у воду?

2. Знайти T , v , ω , $v=v(t)$ для математичного маятника, що рухається за законом $x=0.02 \cos 50\pi t$.

Висновок.

Лабораторна робота №11

Тема: Визначення показника заломлення скла.

Мета: визначити показник заломлення для скла, дослідно перевірити закон заломлення світла .

Обладнання: скляна пластинка, оптичний диск, лампа з фільтром та щілина.

Короткі теоретичні відомості

Променями називають прямі лінії, які вказують напрям поширення світлової енергії. Встановлено, що світлові промені при переході з одного оптичного середовища в інше заломлюються, тому що змінюється швидкість поширення. При цьому для даних двох середовищ відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення є сталою величиною, що називається показником заломлення другого середовища відносно першого - n_{21} :

$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$. Відносний показник заломлення є рівний відношенню

швидкостей поширення світла у цих середовищах, тобто: $n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$. Якщо

першим середовищем є вакуум, то показник заломлення світла другого середовища відносно вакууму називається абсолютним показником

заломлення: $n = \frac{c}{v}$, де c – швидкість поширення світла у вакуумі, v – швидкість поширення світла у другому середовищі.

Абсолютний показник заломлення показує, у скільки разів швидкість поширення світла у вакуумі більша ніж у даному середовищі.

В даній лабораторній роботі, обчислюючи абсолютний показник заломлення скла, ми беремо до уваги , що швидкість світла у повітрі дорівнює 99,9 % швидкості світла у вакуумі. Тому, в багатьох випадках , коли не потрібно великої точності, можна за абсолютний показник заломлення середовища прийняти його показник заломлення, виміряний при переході променя в дане середовище з повітря.

Отже, $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$, де α - кут падіння, β - кут заломлення.

Хід роботи

1. Розмістити пластинку на головній лінії оптичного диску.
2. Ввімкнути лампу та розмістити фільтр з однією щілиною.
3. Прослідкувати хід променів і визначити кут падіння та заломленого променів.
4. Записати вимірювання у таблицю.
5. Повторити дослід з п.3 ще 2 рази.
6. Заповнити таблицю результатів вимірювання та обчислень.

№ n/n	Кут падіння $\alpha, ^\circ$	Кут заломлення $\beta, ^\circ$	Показник заломлення n	Середнє значення показника заломлення n_0	Абсолютна похибка Δn	Середнє значення абсолютної похибки Δn_0	Відносна похибка $\varepsilon, \%$
1							
2							
3							

7. Обчисліть показник заломлення і знайдіть його середнє значення за формулами:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} =$$

$$n_0 = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3} =$$

8. Знайдіть абсолютні похибки вимірювань кожного досліду

$$\Delta n_1 = |n_1 - n_0| =$$

$$\Delta n_2 = |n_2 - n_0| =$$

$$\Delta n_3 = |n_3 - n_0| =$$

9. Знайдіть середнє значення абсолютної похибки

$$\Delta n_0 = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3} =$$

10. Знайдіть відносну похибку вимірювання

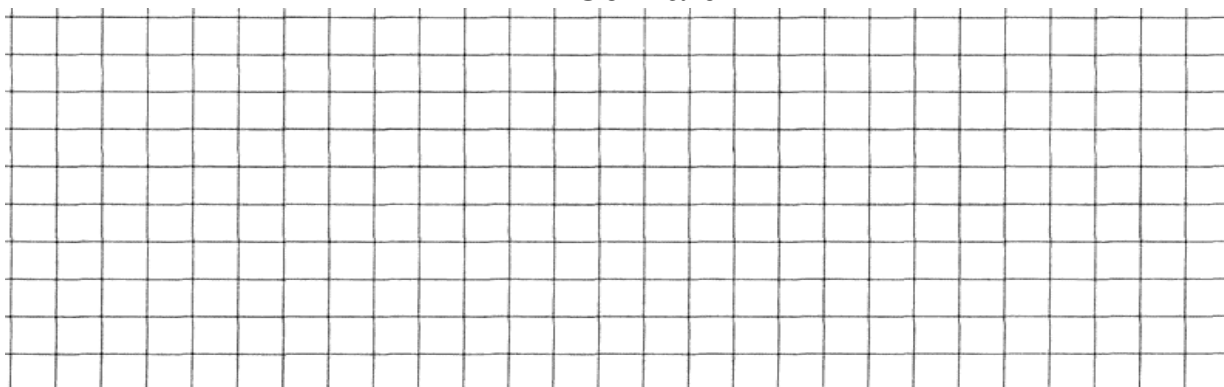
$$\varepsilon = \frac{\Delta n_0}{n_0} 100\% =$$

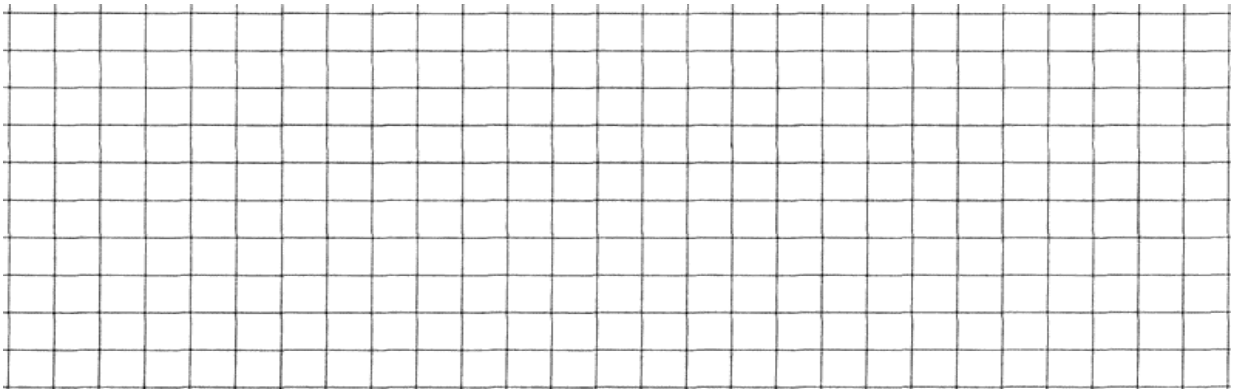
11. Результат вимірювання запишіть у вигляді:

$$n = n_0 \pm \Delta n_0, \quad \text{при} \quad \varepsilon = \quad \%$$

12. Зробити висновок.

Обчислення





Контрольні запитання.

1. У чому причина заломлення світла?

2. Який фізичний зміст абсолютного та відносного показників заломлення?

3. Сформулюйте закон заломлення світла.

4. Сформулюйте закон відбивання світла.

5. Напишіть формулу для обчислення абсолютного показника заломлення скла.

6. Що таке кут заломлення?

7. Що таке оптична густина середовища?

Висновок.

Лабораторна робота №12

Тема: Спостереження суцільного і лінійчастого спектрів.

Мета: ознайомитись із спектроскопом прямого зору та за його допомогою спостерігати суцільний та лінійчастий спектри випромінювання та спектри поглинання.

Обладнання: спектроскоп прямого зору, лампочка на стояку, люмінесцентна лампа, високовольтний індуктор, джерело живлення, набір спектральних трубок з воднем, неоном чи гелієм, спиртівка, колба з парою йоду, з'єднювальні дроти, реостат, пробірки з водними розчинами солей металів, ватними гнотами на дротинах штатив.

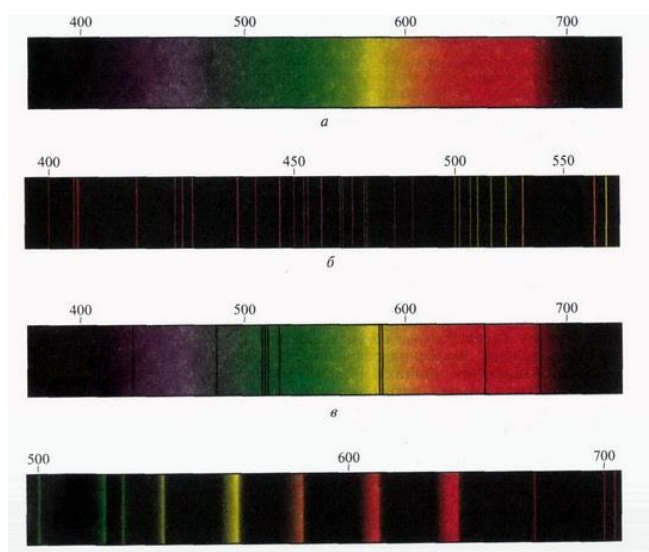
Теоретичні відомості

Електромагнітне випромінювання будь-якої природи може характеризуватися спектром коливань, на які можна розкласти його за довжиною хвилі або частотою. Залежно від характеру поширення електромагнітних хвиль оптичні спектри поділяють на спектри випромінювання, поглинання, розсіювання і відбиття.

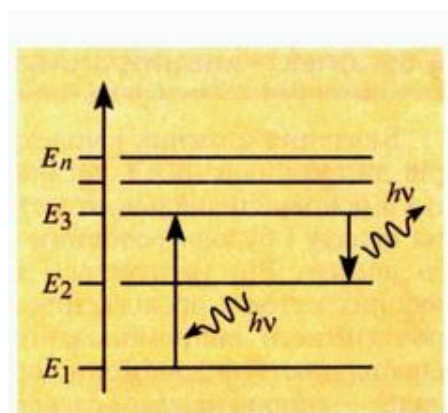
Оптичні спектри випромінювання спостерігаються у джерел світла, які випускають фотони внаслідок збудження речовини під впливом зовнішнього чинника. Наприклад, розжарена вольфрамова нитка електричної лампи випромінює світло внаслідок її нагрівання при проходженні по ній електричного струму. Останні три види спектрів спостерігаються в разі проходження випромінювання крізь речовину, внаслідок чого відбувається його поглинання, розсіювання і відбивання залежно від властивостей і довжини хвилі або її частоти ν .

Оптичні спектри поглинання, розсіювання і відбивання характеризують властивості речовини

Оптичні спектри спостерігають візуально за допомогою спектральних приладів і фіксують, як правило, фотографічним способом або за допомогою фотоелементів. Спектри можуть бути (мал. 1):



Мал. 1.



Мал. 2

- а) суцільними, що охоплюють широкий діапазон довжин хвиль;
- б) лінійчастими, що складаються з окремих спектральних ліній певної довжини хвилі;
- в) смугастими – набір окремих смуг, що належать певному інтервалу довжин хвиль.

Суцільний оптичний спектр спостерігається за умови термодинамічної рівноваги речовини і випромінювання за даної температури. Проте в реальних умовах досягти такого

стану практично неможливо, тому найчастіше одночасно спостерігають різні види спектрів. Так, за звичайних умов сонячне світло бачать у спектроскопі у вигляді суцільного спектра з темними лініями поглинання.

Механізм утворення суцільних оптичних спектрів пояснює класична електродинаміка. За її тлумаченням поглинуте електромагнітне випромінювання збуджує в речовині хвилі, частота яких відповідає частоті падаючого світла.

Проте класична фізика виявилася безпорадною у поясненні лінійчастих і смугастих спектрів випромінювання і поглинання світла атомами і молекулами. Їхню природу можна зрозуміти лише на основі квантових постулатів Бора та інтерпретації квантових переходів між рівнями енергії в атомах і молекулах.

За класичною теорією монохроматичне світло збуджуватиме хвилі певної частоти, а природне світло утворюватиме суцільний спектр випромінювання

Для наочного ілюстрування станів атома використовують енергетичні діаграми, на яких рівні енергії позначають горизонтальними лініями (мал. 2).

Доволі довго атом може перебувати лише в основному стаціонарному стані, що характеризується мінімальною енергією E_1 . Решта станів атома чи молекули (E_2, E_3, \dots, E_n) є стаціонарними лише умовно, і тому їх називають збудженими станами. Наприклад, якщо незбуджений атом поглине квант $h\nu$, то він може перейти в умовно стабільний, збуджений стан E_3 , але згодом, випромінивши квант частотою атом може перейти в більш стабільний стан E_2 . Слід підкреслити, що випромінювання відбувається за квантового переходу атома зі стану з більшою енергією у стан з меншою енергією, і навпаки, поглинання енергії атомом супроводжується його переходом зі стану з меншою енергією у стан з більшою енергією.

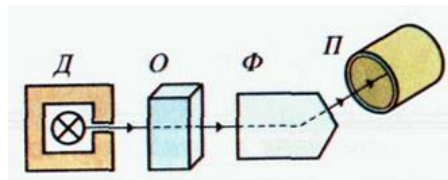
Молекулярні спектри характеризуються сукупністю смуг, за набором яких можна одержати інформацію про склад і структуру молекули, стан її електронних оболонок. Тому їх широко використовують у хімії, спектральному аналізі речовин тощо.

Спектральний аналіз та його застосування

Вивчення атомних і молекулярних спектрів випромінювання і поглинання покладено в основу спеціального методу дослідження складу і будови речовини – спектрального аналізу. Він ґрунтується на кількісних і

якісних методах дослідження спектрів електромагнітного випромінювання речовин, які спостерігають за допомогою спеціальних приладів – спектрографів і спектрометрів.

Принцип дії цих приладів ґрунтується на їх здатності виокремлювати в просторі і часі з усього світлового потоку певні ділянки випромінювання. їх можна фіксувати фотографічним способом або вимірювати різні їхні характеристики – зміну світлового потоку, довжину хвилі спектральної лінії тощо.



Тому головним елементом спектрометрів є селективний пристрій Φ (дисперсійна призма, дифракційна ґратка, інтерферометр тощо), за допомогою якого вдається виділити частину спектра в певному інтервалі довжин хвиль.

Метод визначення в тілах якісного складу і кількісного вмісту речовини за її спектром називають спектральним аналізом

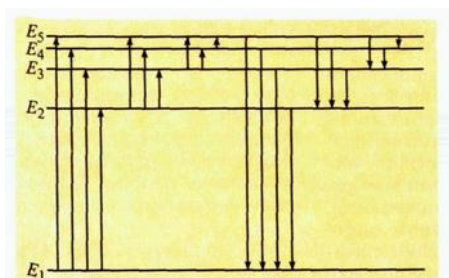
Селективність (від лат. *selectus* – вибраний) – вибірковість, ступінь здатності до вибіркової

Для вивчення спектрів поглинання світловий потік від джерела D спрямовують на досліджуваній об'єкт O , після проходження крізь який він потрапляє на селективний пристрій Φ . Відокремлена певним способом частина спектра фіксується пристроями відображення (сканувальні екрани, фотоелементи, фотоплівки тощо). Далі характеристики випромінювання порівнюються з одержаним спектром і залежно від обраного методу спектроскопії на підставі їх аналізу роблять висновки щодо досліджуваних спектрів поглинання.

За допомогою атомного спектрального аналізу визначають елементний склад зразка, зіставляючи його спектр зі спектральними лініями хімічних елементів, що наводяться у спеціальних таблицях і атласах. Для одержання спектра випромінювання досліджувану речовину потрібно перевести в газоподібний стан і активізувати, тобто перевести її атоми у збуджений стан.

Найпростіше це можна зробити за допомогою нагрівання досліджуваного зразка, наприклад помістити його в полум'я.

Якщо досліджувана речовина перебуває в газоподібному стані, для одержання її лінійчастого спектра використовують іскровий розряд: за високої напруги на електродах у газовому середовищі виникає електричний розряд, у стовпі якого атоми досліджуваної речовини активізуються. Для спектрального аналізу твердих тіл часто застосовують дуговий розряд: досліджуваний зразок у плазмі дуги перетворюється на пару з високою температурою.



Кожен хімічний елемент має власний набір спектральних ліній, притаманний лише йому одному.

Для одержання спектра випромінювання атоми речовини слід

перевести у збуджений стан, наприклад нагріти тіло до високої температури.

За високих температур атоми переходять у збуджений стан E_2 , E_3 , E_4 , E_5 , в якому можуть перебувати недовго.

З часом вони повертаються у свій основний, стабільний стан E_1 , випромінюючи при цьому світловий квант певної частини:

$$\gamma = \frac{E_m - E_n}{h}$$

Кожний хімічний елемент має свій, властивий лише йому набір спектральних ліній — атомний спектр. За лініями атомного спектра речовини за допомогою спеціальних таблиць, в яких наведено серії довжин хвиль спектрів випромінювання різних речовин, визначають хімічний склад зразка.

В основу молекулярного спектрального аналізу покладено порівняння вимірюваного спектра зразка зі спектрами окремих речовин. Молекулярні спектри подібні до атомних — вони також лінійчасті, проте мають свої особливості — спектральних ліній більше, тому вони утворюють доволі широкі смуги. Це пояснюють тим, що внаслідок взаємодії атомів, які складають молекулу, енергетичні рівні атомів розщеплюються, адже їх енергія зумовлена двома чинниками — власними коливаннями атомів у молекулі та іншими її рухами.

Лінійчастий атомний і смугастий молекулярний спектри відтворюють можливі електронні переходи з одного енергетичного рівня на інші. У гірничодобувній промисловості за допомогою спектрального аналізу визначають хімічний склад зразків корисних копалин.

Спектр молекули є її однозначною характеристикою, за якою ідентифікують речовини. Кількісний вміст речовини визначається за інтенсивністю випромінювання смугастого спектра. Зокрема, застосування сучасних фотоелектричних приладів сумісно з обчислювальною технікою дає змогу визначати склад речовин за досить малих їх мас — до 1 мкг і менше. Тому цей метод знайшов широке застосування в науці і техніці. Зокрема, у металургійному виробництві за його допомогою контролюють вміст домішок у сплавах, щоб отримувати матеріали із заданими властивостями.

Застосування спектрального аналізу в астрофізиці дає змогу визначати хімічний склад і рух небесних тіл, які знаходяться далеко за межами нашої галактики.

Хід роботи

1. Встановити лампу розжарювання напроти щілини спектроскопа. Засвітити лампу і спостерігати суцільний спектр випромінювання її нитки.
2. Спрямувати спектроскоп на люмінесцентну лампу.
3. Встановити трубку з гелієм у тримач і приєднати прилад до джерела живлення.
4. Повторити спостереження з трубкою з воднем.
5. Помістити перед щілиною полум'я спиртівки. По черзі вносити в нього шматочки вати, змоченої водними розчинами хлориду натрію і

хлориду барію. На фоні слабкого суцільного спектру можна побачити яскраві спектральні смуги натрію і барію.

6. Зробити висновок.

Завдання на вибір:

1. Знайти інформацію: про винахід спектроскопа, застосування методів спектрального аналізу в астрономії, криміналістиці, металургії, машинобудуванні.

Вказівки до лабораторної роботи «Спостереження неперервного та лінійчатого спектрів»

1. Повторіть теоретичний матеріал.
2. Ознайомтесь з будовою та принципом дії спектроскопа
3. Вивчіть спектр світла лампочки при підсиленні розжарення від найменшого до найбільш можливого значення.

4. Проаналізуйте та намалюйте спектр, який спостерігаєте.

--

5. Розгляньте спектри світла від трубок з воднем, гелієм, неоном, натрієм намалюйте спектри, запишіть найяскравіші лінії спектрів. Результати спостережень оформіть у вигляді таблиці, порівнявши виконані рисунки із спектрами відповідних речовин .

6. Додаткове завдання. Використовуючи результати спостережень у п.5 зобразіть спектри поглинання натрію та гелію.

7. Поясніть відмінності спектрів випромінювання і спектрів поглинання. Зробіть висновки з роботи.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторна робота №1.....	4
Лабораторна робота №2.....	11
Лабораторна робота №3.....	15
Лабораторна робота №4.....	19
Лабораторна робота №5.....	25
Лабораторна робота №6.....	28
Лабораторна робота №7.....	32
Лабораторна робота №8.....	36
Лабораторна робота №9.....	39
Лабораторна робота №10.....	45
Лабораторна робота №11.....	48
Лабораторна робота №12.....	51