

**Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний університет
Кафедра фізики та методики її навчання**

І.В. Коробова., І.Р.Павлова

РОБОЧИЙ ЗОШИТ З ФІЗИКИ

**Для студентів денної, заочної та екстернатної форм
навчання за напрямками підготовки:
6.040106. Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування;
6.040101. Хімія*; 6.040104. Географія*.**

Частина II

Херсон - 2014

Робочий зошит з фізики: для студентів денної, заочної та екстернатної форм навчання за напрямками підготовки: 6.040106. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування; 6.040101. Хімія*; 6.040104. Географія*. Ч. II. - Херсон: Вид-во ПП Вишемірський, 2014. – 52 с.

Укладачі: Коробова І.В. – кандидат педагогічних наук,
доцент
Павлова І.Р. – старший викладач

Рецензент: Шарко В.Д. – доктор педагогічних наук,
професор

Обговорено на засіданні кафедри фізики
Протокол № 1 від 14 вересня 2009 р.

Розглянуто на засіданні навчально-методичної ради факультету фізики, математики та інформатики
Протокол № 2 від 14 грудня 2009 р.

Схвалено науково-методичною радою ХДУ
Протокол № 3 від 29 березня 2010 р.

Рекомендовано до друку Вченою радою ХДУ
Протокол № 7 від 29 березня 2010 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота №13 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ	6
Лабораторна робота №14 ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ ПРОВІДНИКІВ.....	10
Лабораторна робота №15 ПЕРЕВІРКА ЗАКОНУ ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ (ЗАКОН ДЖОУЛЯ –ЛЕНЦА)	14
Лабораторна робота №16 ПЕРЕВІРКА ЗАКОНУ ОМА ДЛЯ ЗМІННОГО СТРУМУ	18
Лабораторна робота №17 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА	22
Лабораторна робота №18 ВИЗНАЧЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ.....	26
Лабораторна робота №19 ВИВЧЕННЯ ЗОРОВОЇ ТРУБИ.....	30
Лабораторна робота № 20 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ СКЛА ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОСКОПА	34
Лабораторна робота № 21 ВИЗНАЧЕННЯ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНИ УГНУТОГО СФЕРИЧНОГО ДЗЕРКАЛА.....	38
Лабораторна робота № 22 ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ СВІТЛОВОЇ ХВИЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИФРАКЦІЙНОЇ РЕШІТКИ	41
Лабораторна робота № 23 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНОЇ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНИ ЗБИРАЛЬНОЇ ЛІНЗИ....	45
Лабораторна робота №24 ГРАДУЮВАННЯ ПРИЗМЕННОГО СПЕКТРОСКОПА	48

ВСТУП

Фізика – наука експериментальна. Усі її висновки і досягнення спираються на правильно поставлений експеримент, спостереження і вимірювання. Тому лабораторний практикум є важливою складовою курсу загальної фізики. При його виконанні студенти знайомляться з основними принципами проведення фізичного експерименту, навчаються вимірювати фізичні величини та обчислювати похибки цих вимірювань.

Вимірювання – це знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою **засобів вимірювання**.

Розрізняють два види вимірювальних засобів – **міри** і **власне вимірювальні прилади**.

Мірою називають такий вимірювальний засіб, який може тільки відтворювати одне або кілька значень величини.

До мір належать лінійка, мензурка, гиря.

Вимірювальним приладом називають такий вимірювальний засіб, який має частини, що сприймають вимірювану величину і перетворюють її у відповідне показання.

Це – термометр, секундомір, амперметр, вольтметр та інші.

Вимірювання можуть бути **прямі** і **посередні**.

Прямі – це вимірювання безпосередньо засобами вимірювання (довжини – лінійкою, температури – термометром, напруги – вольтметром та інш.).

Посередні вимірювання – це визначення значення фізичної величини за допомогою формул, які зв'язують цю величину з іншими фізичними величинами, які вимірюються безпосередньо засобами вимірювання, тобто, одержуються шляхом прямих вимірювань (вимірювання опору провідника за допомогою амперметра і вольтметра та інш.).

Будь-яке вимірювання неможливо виконати абсолютно точно; під час вимірювань завжди одержуються наближені значення фізичних величин.

Помилки, які виникають під час вимірювання фізичних величин, називають **похибками вимірювань**.

Чим вони обумовлені?

По-перше, у кожному засобі вимірювання вже при його виготовленні виникають похибки, які називають **абсолютними інструментальними похибками**. Границі таких похибок встановлює Державний стандарт.

Знаходять такі похибки за паспортом засобу вимірювання або за допомогою таблиць, в яких наводяться характеристики таких засобів.

По-друге, похибки виникають під час виконання самого вимірювання; їх називають **абсолютними похибками відліку**, або **абсолютними похибками відлічування**.

Похибка відліку у більшості випадків вважається рівною половині ціни поділки засобу вимірювання, але може бути і меншою.

Сума інструментальної похибки і похибки відліку дає повну похибку вимірювання, яку називають **абсолютною похибкою вимірювання**:

$$\Delta a = \Delta a_i + \Delta a_e$$

Абсолютна похибка вимірювання завжди округлюється до однієї значущої цифри, причому завжди з надлишком:

$$\Delta a = 0,17 \approx 0,2;$$

$$\Delta a = 0,22 \approx 0,3.$$

Чисельне значення результату вимірювання теж округлюють так, щоб його остання цифра була б у тому ж розряді, що і цифра похибки (якщо $a = 10,332$ і $\Delta a = 0,3$, то треба записувати $a = 10,3$).

Результат прямого вимірювання записують так:

$$A = a \pm \Delta a, \text{ де}$$

A – дійсне значення величини, a – наближене значення, одержане при вимірюванні, Δa – абсолютна похибка вимірювання, яка складається з інструментальної похибки і похибки відліку.

Знання абсолютних похибок вимірювання є важливим, але недостатнім, тому що при однакових абсолютних похибках точність вимірювань може бути різною. Для характеристики точності вимірювань вводиться поняття **відносної похибки**.

Відносною похибкою називають **відношення абсолютної похибки вимірювання до наближеного значення величини, що вимірювалась:**

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a} 100\% .$$

У випадку **прямого** вимірювання абсолютна похибка вимірювання визначається ціною поділки вимірювального засобу і дорівнює половині ціни поділки.

У випадку **посереднього** вимірювання абсолютна похибка Δa визначається за відносною похибкою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a}; \quad \Delta a = a\varepsilon$$

В кожній роботі лабораторного практикуму наведені теоретичні відомості стосовно явищ, які в ній вивчаються, докладно описані установки та порядок проведення досліджень. Це дозволяє студентам свідомо виконувати лабораторну роботу. Наведені таблиці для запису результатів вимірювань, а також рекомендації по їх обробці, оцінці похибок, записі кінцевого результату. Відповіді на контрольні запитання, які наведені в кожній роботі, дозволяють студентам самостійно перевірити ступінь засвоєння теоретичного матеріалу відповідної теми.

Виконання лабораторних робіт з фізики потребує великої попередньої підготовки. Напередодні лабораторних занять студент повинен уважно прочитати та опрацювати інструкцію по виконанню запланованої лабораторної роботи, розібратися у тому, які фізичні явища та процеси він буде вивчати, чітко з'ясувати мету роботи та шляхи її досягнення. Перед початком роботи викладач перевіряє готовність студента та дає йому допуск до роботи.

Під час допуску студент повинен пояснити:

- які фізичні явища спостерігаються при проведенні експерименту;
- принцип роботи установки;
- порядок виконання роботи.

Отримавши допуск, студент повинен виконати вимірювання, занести їх результати в таблицю. В процесі самостійної роботи необхідно провести відповідні обчислення.

Після виконання роботи, проведення обчислень студент повинен захистити роботу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №13 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ

Мета роботи: визначити положення еквіпотенціальних ліній в кюветі, побудувати на графіку картину силових і потенціальних ліній поля.

Прилади і обладнання: кювета з діелектрика, набір електродів різної форми, випрямляч ВС-24М, нуль-гальванометр, вольтметр Э515 (1,5-15В), потенціометр, розчин мідного купоросу.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИЛАДУ

Електричні поля, які не змінюються з часом і створюються нерухомими зарядами, називають *електростатичними*. Основними характеристиками електростатичного поля в даній точці є векторна величина \vec{E} - **напруженість** і скалярна величина – **потенціал** φ . Електричне поле проявляє себе в тому, що на поміщений в будь-яку його точку електричний заряд діє сила. По величині цієї сили можна оцінювати інтенсивність поля. Для того, щоб сила, що діє на пробний заряд характеризувала поле в “даній точці”, цей заряд повинен бути точковим. Відношення сили, що діє на пробний заряд до величини пробного заряду являється силовою характеристикою електричного поля і називається напруженістю поля. Напрямок вектора \vec{E} співпадає з напрямком сили, що діє на позитивний пробний заряд, поміщений в дану точку. Напруженість поля точкового заряду:

$$E = k \frac{q}{\epsilon r^2}, \quad (1)$$

де q – заряд, що створює електричне поле в середовищі;
 ϵ - діелектрична проникність середовища;
 r – відстань від заряду до даної точки поля;

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Електричне поле можна задати, визначивши для кожної точки величину і напрям вектора \vec{E} . Сукупність цих векторів утворює поле вектора напруженості \vec{E} . Це поле графічно зручно представляти за допомогою ліній напруженості – силових ліній. Вони проводяться так, щоб дотична до лінії в кожній точці співпадала з напрямом вектора \vec{E} . За допомогою силових ліній одержують карти поля, які наглядно показують, як змінюється напруженість поля в просторі.

Заряд, внесений в електричне поле, взаємодіє з полем. Потенціальна енергія взаємодії залежить від пробного заряду і від енергетичної характеристики поля в даній точці – **потенціалу** φ . Він чисельно рівний потенціальній енергії, яку має в даній точці поля одиничний позитивний заряд. Потенціал поля точкового заряду:

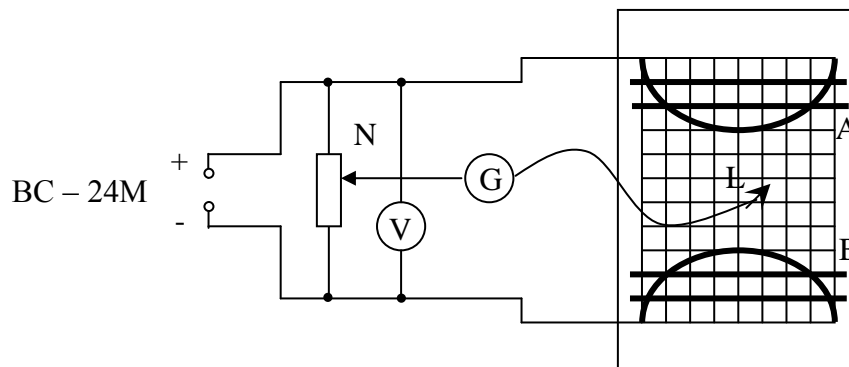
$$\varphi = k \cdot \frac{q}{r} \quad (2)$$

Для наочного зображення поля можна замість ліній напруженості використати поверхні рівного потенціалу (еквіпотенціальні поверхні).

Напрямок нормалі до еквіпотенціальної поверхні буде співпадати з напрямком вектора \vec{E} в тій же точці. Лінії напруженості перпендикулярні до еквіпотенціальних поверхонь. Як правило, електричне поле графічно зображують так, щоб при переході від однієї еквіпотенціальної поверхні до другої приріст потенціалу був той самий. При цьому в місцях, де поверхні підходять найближче одна до одної, напруженість поля максимальна. При конструюванні електронних ламп, конденсаторів і інших приладів необхідно знати розподіл поля в просторі. В найпростіших випадках поля можна розрахувати аналітично, але в загальному випадку при складній формі електродів значно простіше визначити поле експериментально. Вивчення електростатичного поля замінюється дослідженням стаціонарного електричного поля постійного струму між електродами в однорідному середовищі за допомогою зонда. Електропровідність середовища набагато менша, ніж електропровідність металевих електродів. Потенціали останніх підтримуються сталими. У цьому полягає суть методу модельних експериментів. Розподіл поля в електролітичній ванні з достатньою точністю відтворює розподіл поля в непровідному середовищі. В той же час вимірювання поля в провідному середовищі набагато простіше, ніж в непровідному. Для того, щоб зонд, за допомогою якого вимірюють поле, не змінював поле, його роблять тонким.

ОПИС РОБОТИ УСТАНОВКИ

Схема установки для моделювання електричного поля в розчині електроліту приведена на малюнку.



На дні ванни із ізоляційного матеріалу нанесена координатна сітка. Металеві електроди A і B розташовані на кінцях ванни. Напруга на електроди подається від випрямляча BC – 24М. Рухомим контактом потенціометра можна встановити різні значення потенціалу відносно електродів. Переміщуємо зонд в електричному полі доти, поки стрілка гальванометра G не установиться на нуль. Це вказує на те, що потенціали в точках L і N однакові. Координати точки L знаходимо по координатній сітці ванни. При незмінному положенні рухомого контакту N переміщуємо зонд L навколо електродів і шукаємо нові точки з таким самим потенціалом. Змінюємо положення контакту N на потенціометрі так, щоб різниця потенціалів між сусідніми положеннями контакту, яка

вимірюється вольтметром, була однакова. Дістанемо сім'ю еквіпотенціальних ліній для даної пари електродів.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Встановити в кювету пару електродів. Залити електроліт.
2. Зібрати електричну схему згідно з малюнком.
3. Поставити зонд–щуп на відстані 2 см від електрода В і, переміщуючи повзунок потенціометра, добитися, щоб гальванометр показав нуль. Переміщуючи зонд перпендикулярно полю знайти 6-8 точок, що мають такий же потенціал. Перенести одержані точки на план кювети, зроблений на міліметровому папері і провести еквіпотенціальну лінію, потенціал якої визначається показом вольтметра $V - U_1$.
4. Установити за допомогою потенціометра нове значення напруги $U_2 = 2U_1$ і знайти положення еквіпотенціальної лінії $\varphi_2 = 2\varphi_1$ згідно з пунктом 3. Побудувати серію еквіпотенціальних ліній $\varphi_n = n\varphi_1$.
5. Провести лінії напруженості поля перпендикулярно побудованим еквіпотенціальним лініям.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Силкові і еквіпотенціальні лінії електростатичного поля.
2. Потенціальний характер електростатичного поля. Умова потенціальності.
3. Як визначається напруженість і потенціал поля точкового заряду?
4. Чому дорівнює робота по переміщенню заряду в електростатичному полі?

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерук І. М., Горбачук І.Т. Електрика і магнетизм.-К.: Вища школа, 1990, § 1.3 – 1.8.
2. Савельєв І. В. Курс общей физики, т. II. –М.: Наука, § 11, 12, 25.
3. Калашников С. Г. Электричество § 20, 68.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №14

ВИЗНАЧЕННЯ ПИТОМОГО ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ ПРОВІДНИКІВ

Мета роботи: визначити електричний опір провідників за допомогою амперметра і вольтметра, розрахувати величину питомого опору провідників.

Прилади та обладнання: джерело постійного струму ВС - 24 М, амперметр, вольтметр ключ, реостат на 30 Ом, провідники, лінійка, мікрометр.

ТЕОРЕТИЧІ ВІДОМОСТІ

Електричний струм – це упорядкований рух заряджених частинок.

Для появи і існування струму необхідні такі умови:

1) наявність у даному середовищі електричних зарядів (електронів, іонів), які б мали можливість у ньому рухатись;

2) наявність у даному середовищі електричного поля – повинна мати місце різниця потенціалів (напруга).

Сила струму в провіднику прямо пропорційна напрузі на його кінцях і обернено пропорційна опору провідника

$$I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

Це співвідношення має назву закону Ома для ділянки кола.

Опір провідника залежить від його геометричних розмірів, матеріалу, зовнішніх умов (особливо температури).

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

де: R - опір лінійного провідника;

ρ - питомий опір;

l - довжина провідника;

S - площа поперечного перерізу провідника.

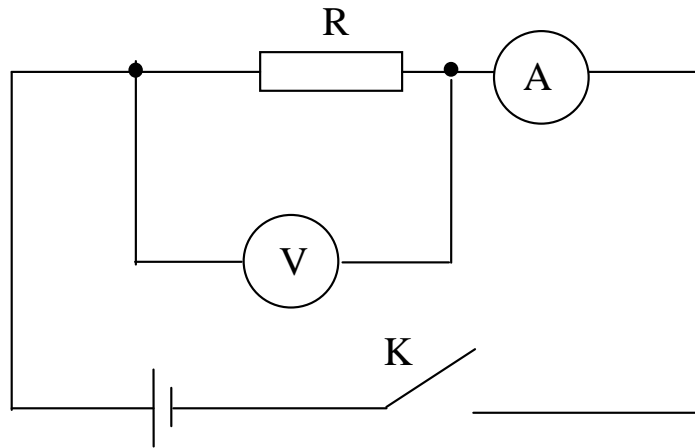
$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3)$$

Питомим опором називають фізичну величину, що характеризує матеріал, з якого виготовлено провідник, чисельно дорівнює опору провідника одиничної довжини та одиничного перерізу.

З виразів (1), (2) та (3), отримаємо:

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

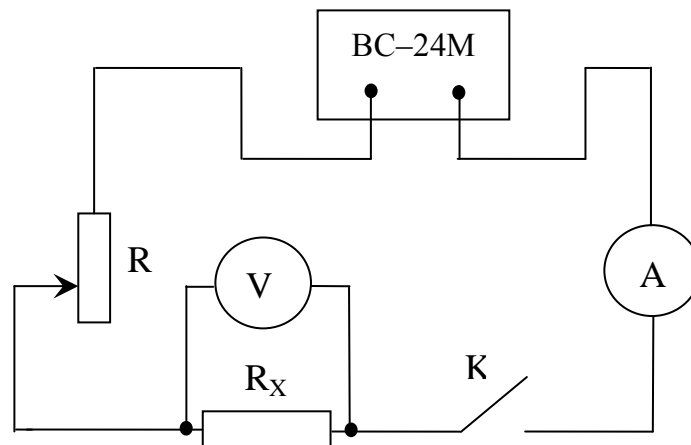
Для вимірювання падіння напруги на провіднику, що досліджується, та струму, що проходить через нього, можна використати схему



Падіння напруги визначається за допомогою вольтметра з дуже великим вхідним опором. Струм, що проходить через нього дуже малий. Тому наявність електровимірювальних приладів не впливає на точність визначення опору провідника.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати електричну схему



2. Встановити за допомогою регулятора напруги ВС – 24М і реостата R струм через невідомий опір R_x в межах 0,5 – 2А та провести вимірювання падіння напруги на опорі R_x .
3. Вимірювання на кожному провіднику проводити 1 раз.
4. Виміряти довжину та діаметр провідників.
5. Користуючись формулою (4), знайти питомий опір провідників зроблених з різних матеріалів.
6. Результати вимірювань, абсолютні похибки вимірювань занести в таблиці.
7. Кінцеві результати вимірювань представити з урахуванням абсолютних та відносних похибок.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l};$$

$$\Delta \rho_1 = \rho_1 \cdot \varepsilon_1;$$

$$\Delta\rho_2 = \rho_2 \cdot \varepsilon_2;$$

$$\Delta\rho_3 = \rho_3 \cdot \varepsilon_3;$$

$$\rho_{\text{вимір.}} = \rho + \Delta\rho;$$

Таблиця1. Результати вимірювань

Мідь (Cu)										
№	U, В	$\Delta U, В$	I, А	$\Delta I, А$	l, м	$\Delta l, м$	d, м	$\Delta d, м$	ρ	$\Delta\rho$
1										

Табличне значення $\rho = 0,17 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Таблиця2. Результати вимірювань

Залізо (Fe)										
№	U, В	$\Delta U, В$	I, А	$\Delta I, А$	l, м	$\Delta l, м$	d, м	$\Delta d, м$	ρ	$\Delta\rho$
1										

Табличне значення $\rho = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Таблиця3. Результати вимірювань

Алюміній (Al)										
№	U, В	$\Delta U, В$	I, А	$\Delta I, А$	l, м	$\Delta l, м$	d, м	$\Delta d, м$	ρ	$\Delta\rho$
1										

Табличне значення $\rho = 0,28 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Умови існування електричного струму.
2. Електричний опір провідників.
3. Закон Ома для ділянки кола.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савельев И. В. Курс общей физики. Т.2. – М.: Наука, § 33
2. Кучерук І. М., Горбачук І.Т. Загальна фізика. Електрика і магнетизм.-К.: Вища школа, 1990, § 12.1, 12.2.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №15 ПЕРЕВІРКА ЗАКОНУ ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ (ЗАКОН ДЖОУЛЯ – ЛЕНЦА)

Мета роботи: перевірити експериментально рівність роботи струму по перенесенню зарядів в нагрівнику кількості теплоти, яка виділилася в калориметрі.

Прилади і обладнання: джерело струму, амперметр, вольтметр, реостат, ключ, калориметр з нагрівником, термометр, мензурка, важки, секундомір.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИЛАДУ

Одним із можливих перетворень одного виду енергії в інший являється перетворення енергії рухомих зарядів в електричному полі в енергію хаотичного руху атомів і молекул речовини. Якщо в провіднику, в якому електричне поле переміщує заряди, не проходять хімічні перетворення і провідник нерухомий, то робота сил електричного поля повинна повністю піти на збільшення внутрішньої енергії провідника.

Робота електричного струму визначається:

$$A = IU \cdot \Delta t \quad (1)$$

Джоуль і незалежно від нього Ленц виявили експериментально, що кількість теплоти, яка виділяється в провіднику, пропорційна його опору:

$$Q = I^2 R \Delta t \quad (2)$$

Електричне поле виконує роботу, розганяючи електрони на довжині вільного пробігу. При зіткненні з іонами решітки електрони віддають їм енергію упорядкованого руху. Тому електричне поле весь час повинно виконувати роботу по наданню носіям швидкості упорядкованого руху. Ця робота іде на збільшення енергії решітки, тобто перетворюється у внутрішню енергію провідника.

Зміну внутрішньої енергії можна визначити через кількість теплоти, яку виділяє провідник:

$$A = Q \quad (3)$$

Якщо провідник знаходиться в калориметрі, то тепло іде на нагрівання калориметра і рідини, яка знаходиться в ньому.

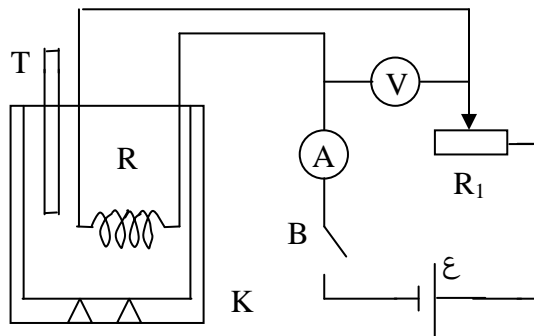
$$Q = mc(t_2 - t_1) + m_0 c_0 (t_2 - t_1), \quad (4)$$

де m – маса рідини, m_0 – маса калориметра, $C = 4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність води, $c_0 = 896 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність алюмінію, t_2 – кінцева температура калориметра і води, t_1 – початкова температура. Виконав вимірювання, можна довести, що

$$IU \Delta t = mc(t_2 - t_1) + m_0 c_0 (t_2 - t_1) \quad (5)$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати електричне коло за схемою:



R – нагрівник, що поміщений у калориметр K , T – термометр, R_1 – реостат, A – амперметр, V – вольтметр, B – ключ, \mathcal{E} – джерело струму.

2. Визначити об'єм рідини за допомогою мензурки (рідину налити до $2/3$ об'єму внутрішнього стакана калориметра) и розрахувати її масу за формулою:

$$m = \rho \cdot V.$$

3. Рідина і калориметр повинні мати температуру на 1-2 К нижчу кімнатної, а після нагрівання на 1-2 К вище кімнатної.

4. Замкнути короткочасно коло, установити задане викладачем значення струму. Виміряти початкову температуру t_1 . Замкнути коло, одночасно включаючи секундомір.

5. При нагріванні перемішувати рідину термометром, щоб температура була однаковою по всьому об'єму. Підтримувати постійним за допомогою реостата R_1 значення струму і напруги. Визначити температуру t_2 , що встановиться через час Δt .

6. Провести 3 досліди. Експериментальні результати занести в таблицю.

7. Розрахувати A і Q за формулами (1) і (4). Розрахувати відносні похибки визначення A і Q і абсолютні похибки ΔA і ΔQ для кожного із дослідів.

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta A_{\text{сер}}}{A_{\text{сер}}} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta Q_{\text{сер}}}{Q_{\text{сер}}} \cdot 100\%$$

$$A_{\text{сер.}} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

$$Q_{\text{сер.}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3};$$

$$\Delta A_1 = |A_{\text{сер}} - A_1|$$

$$\Delta Q_1 = |Q_{\text{сер}} - Q_1|$$

$$\Delta A_2 = |A_{\text{сер}} - A_2|$$

$$\Delta Q_2 = |Q_{\text{сер}} - Q_2|$$

$$\Delta A_3 = |A_{\text{сер}} - A_3|$$

$$\Delta Q_3 = |Q_{\text{сер}} - Q_3|$$

$$\Delta A_{\text{сер.}} = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3}{3}$$

$$\Delta Q_{\text{сер.}} = \frac{\Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3}{3}$$

8. Порівняти результати розрахунків з врахуванням абсолютних похибок: $A \pm \Delta A = Q \pm \Delta Q$. Зробити висновки.

Таблиця 1. Результати вимірювань

№	m_0 , кг	m , кг	t_1 , с	t_2 , с	Q , Дж	ΔQ	I, А	U, В	Δt	A, Дж	ΔA
1.									5 хв.		
2.									10 хв.		
3.									15 хв.		
Серед.											

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яким шляхом можна запобігти теплових втрат при виконанні роботи?
2. Чим пояснюється виділення теплоти при проходженні струму через провідник?
3. Навести приклади використання теплової дії струму.
4. Чому закон збереження енергії являється основним законом природи?
5. В яких системах виконується закон збереження енергії?
6. Як знайти роботу електричного струму?
7. Запишіть закон Джоуля-Ленца.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерук І. М., Горбачук І.Т. Загальна фізика. Електрика і магнетизм.-К.: Вища школа, 1990, § 2.5, 2.6.
2. Савельєв І. В. Курс общей физики. ч.ІІ. –М.: Наука, 1970, § 34, 35.
3. Бушок Г.Ф., Півень Г.Ф. Курс фізики. ч.І.-К.: Вища школа, 1981, § 126, 127.

**Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №16

ПЕРЕВІРКА ЗАКОНУ ОМА ДЛЯ ЗМІННОГО СТРУМУ

Мета роботи: перевірити закон Ома для змінного струму.

Прилади та обладнання: джерело струму, котушка самоіндукції, конденсатор, реостат, міліамперметр змінного струму, вольтметр змінного струму, ключ.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Розглянемо електричне коло, яке складається з активного опору R , індуктивності L та ємності C .

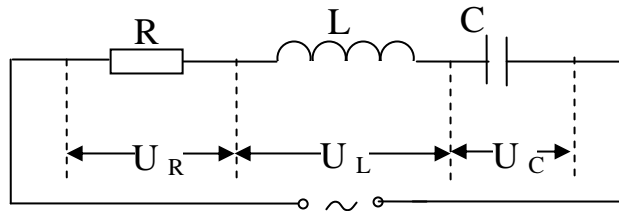


Рис. 1

Активним опір називається тому, що на ньому виділяється теплова енергія. Котушка і конденсатор мають реактивний опір, який залежить від параметрів цих приладів та частоти змінного струму:

$$X_L = \omega L \quad X_C = \frac{1}{\omega \cdot C},$$

де ω - циклічна частота, яка пов'язана з періодом T та частотою ν змінного струму таким чином:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

Якщо подати на ділянку змінну напругу, то виникне змінний струм.

Сила струму і напруга змінюються за гармонічним законом:

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin \omega t,$$

де I_m – амплітудне значення сили струму, U_m – амплітудне значення напруги.

Напруга U_R на активному опорі співпадає за фазою зі струмом. Тому на векторній діаграмі (мал. 2) вектор, що зображує U_R , треба відкласти на вісь струмів. Падіння напруги на індуктивності U_L (з амплітудою $\omega L I_m$) випереджує

струм по фазі на кут $\frac{\pi}{2}$, тому вектор який зображує U_L , повинен бути

повернутий відносно осі струмів на кут $\frac{\pi}{2}$ проти годинникової стрілки. Падіння

напруги на ємності U_C (що має амплітуду $\frac{1}{\omega C} I_m$) відстає від струму по фазі на

кут $\frac{\pi}{2}$, звідси вектор, який зображує U_C , повинен бути повернутий відносно осі

струмів на кут $\frac{\pi}{2}$ за годинниковою стрілкою. Загальна напруга U визначається векторною сумою напруг U_L, U_R, U_C .

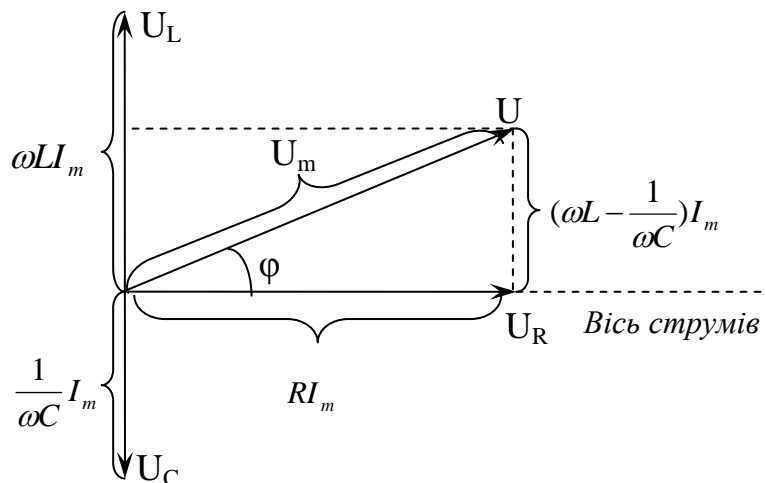


Рис. 2

Струм у колі пропорційний напрузі і визначається за законом Ома:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}} \quad (1)$$

I - ефективне значення сили струму;

U - ефективне значення напруги;

L - індуктивність котушки;

R - активний опір котушки;

C - ємність конденсатора.

Повний опір Z ділянки у колі змінного струму визначається, спираючись на векторну діаграму (рис. 2), таким чином:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2} \quad (2)$$

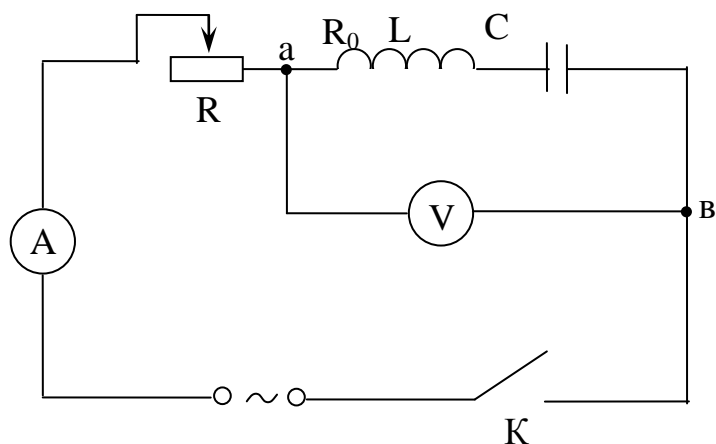
Вимірявши U і I безпосередньо за допомогою приладів, можна визначити повний опір таким чином:

$$Z = \frac{U}{I} \quad (3)$$

Якщо виконується закон Ома для змінного струму, який полягає в пропорційності U та I , то значення Z , які можна розрахувати для різних струмів по формулі (3), будуть однаковими. Величину Z можна також знайти і по формулі (2).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Зібрати установку за схемою, не підключаючи джерело струму до перевірки схеми керівником.
2. Перевірити дію всіх приладів, замкнути ключ K .
3. Виконати вимірювання напруги на ділянці АВ для трьох значень сили струму в колі. Регулювання сили струму виконується за допомогою реостата R .
4. Результати вимірювання занести до таблиці.



L – індуктивність котушки;
 R_0 – активний опір котушки;
 C – ємність конденсатора.

5. Визначити повний опір Z для кожного досліду. Знайти його середню величину $Z_{сер.}$.

$$Z_{сер.} = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3}$$

Розрахувати абсолютну та відносну похибки вимірювання:

$$\Delta Z_1 = |Z_{сер.} - Z_1|;$$

$$\Delta Z_2 = |Z_{сер.} - Z_2|; \Delta Z_{сер.} = \frac{\Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \Delta Z_3}{3};$$

$$\Delta Z_3 = |Z_{сер.} - Z_3|; \varepsilon = \frac{\Delta Z_{сер.}}{Z_{сер.}} \cdot 100\%$$

6. Порівняти значення $Z_{сер.}$ з величиною Z , що можна розрахувати за формулою (2). Зробити висновки.

Таблиця 1. Результати вимірювань

№ п\п	U, В	I, А	Z, Ом	ΔZ , Ом
1				
2				
3				
Серед.				

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як визначається повний опір у колі змінного струму?
2. Чи змінюється повний опір кола при введенні в котушку осердя?
3. Як знаходиться i від чого залежить зсув по фазі між струмом і напругою?
4. В якому випадку в колі буде виникати резонанс напруг?

ЛІТЕРАТУРА

1. Калашников С.Г. «Электричество», глава 9.
2. Савельев И.В. «Курс общей физики», § 92.
3. Бушок, Півень. «Курс фізики», ч. 2.
4. І.М.Кучерук, І.Т. Горбачук «Загальна фізика» § 2.2; 2.4.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №17

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА

Мета роботи: вивчити принцип дії трансформатора, визначити експериментально в режимі холостого ходу коефіцієнт трансформації.

Прилади і обладнання: трансформатор, вольтметри на 250В і 50В, амперметри на 1А і на 15А, реостат, ЛАТР (лабораторний автотрансформатор).

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИЛАДУ

Трансформатор – це електромагнітний прилад, призначений для перетворення енергії змінного струму однієї напруги на енергію змінного струму іншої напруги при незмінній частоті. В основі його роботи лежить явище електромагнітної індукції.

Трансформатор складається із замкнутого осердя і обмоток. Осердя виготовляється із пластин електротехнічної сталі і служить магнітопроводом трансформатора, який призначений для підсилення і направлення магнітного потоку. Для зменшення втрат, обумовлених вихровими струмами, осердя набирають з окремих пластин, які ізольовані одна від одної. Обмотки виготовляють із ізольованого дроту і розміщують на магнітопроводі у вигляді котушок. Обмотка, яка підключається до джерела струму, називається **первинною**. Обмотка, до якої підключаються приймачі електричної енергії, називається **вторинною**. Трансформатори, в яких у вторинній обмотці число витків більше ніж у первинній, називаються підвищувальними. (Напруга на виході більша вхідної напруги). Трансформатори, в яких у вторинній обмотці число витків менше ніж у первинній, називаються понижувальними (напруга на виході менше вхідної напруги). Можливість змінювати напругу змінного струму має велике практичне значення і широко використовується в техніці. Застосування трансформаторів при передачі і розподілі електроенергії має великі технічні і економічні переваги.

Нехай N_1 і N_2 – кількості витків у первинній і вторинній обмотках. До первинної обмотки підведено змінну напругу U_1 . Вторинна обмотка розімкнена (навантаження не підключено). Такий режим роботи трансформатора називається режимом холостого ходу. Так як осердя замкнено то лінії магнітної індукції замикаються на ньому, розсіювання ліній магнітної індукції в повітрі незначне і можна вважати, що магнітний потік в осерді однаковий для обох обмоток. Цей магнітний потік Φ_0 , наводить у первинній обмотці ЕРС самоіндукції:

$$\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \approx -U_1, \quad (1)$$

яка компенсується прикладеною напругою U_1 . ε_1 направлена проти U_1 (знаходиться в протифазі). Цим обумовлено те, що струм холостого ходу дуже малий. Одночасно той самий потік Φ_0 наводить у вторинній обмотці ЕРС індукції:

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} \approx -U_2, \quad (2)$$

Із формул (1) і (2) дістанемо:

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} = k, \quad (3)$$

де k – коефіцієнт трансформації. Якщо $k > 1$, то трансформатор підвищує напругу.

Якщо розглянути навантажений трансформатор (вторинна обмотка замкнена на навантаження) і знехтувати незначними втратами енергії в ньому, то можна вважати, що потужності в обох обмотках однакові: $I_1 U_1 \approx I_2 U_2$.

ККД трансформатора η , як і всякої іншої машини, визначається відношенням корисної потужності P_2 до всієї підведеної потужності P_1 :

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%; \quad \eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Втрати потужності в трансформаторі складаються з втрат у мідних проводах обмоток, пов'язаний з їх нагріванням внаслідок проходження струму, а також втрат в сталі осердя, зумовлених вихровими струмами в осерді і гістерезисом (втратами при перемагніченні осердя). Втрати в осерді визначаються величиною і частотою зміни магнітного потоку. Сучасні силові трансформатори забезпечують ККД 97-98%.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

І. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТРАНСФОРМАЦІЇ

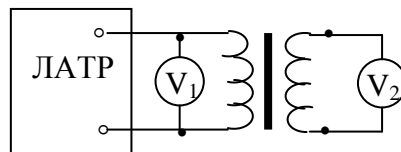


Рис. 1.

1. Зібрати схему згідно з рис. 1.

2. Одержати у викладача значення напруги U_1 та установити її за допомогою ЛАТРа. Напруга на первинну обмотку подається з виходу лабораторного автотрансформатора.

УВАГА! Перевірити заземлення корпусу автотрансформатора. На клемі трансформатора подається висока напруга, будьте обережними!

3. Виміряти напругу U_2 .

4. Пункти **2-3 повторити тричі**, змінюючи U_1 за допомогою ЛАТРа, результати вимірювань занести в таблицю.

5. Розрахувати значення коефіцієнту трансформації у кожному досліді: k_1 ,

k_2, k_3 за формулою $k = \frac{U_2}{U_1}$ та $k_{сер.}$ за формулою: $k_{сер.} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$.

6. Визначити $\Delta k_1, \Delta k_2, \Delta k_3$ за формулами: $\Delta k_1 = |k_{сер.} - k_1|$; $\Delta k_2 = |k_{сер.} - k_2|$;

$\Delta k_3 = |k_{сер.} - k_3|$; та $\Delta k_{сер.}$ за формулою: $\Delta k_{сер.} = \frac{\Delta k_1 + \Delta k_2 + \Delta k_3}{3}$.

7. Визначити відносну похибку значення k : $\varepsilon_k = \frac{\Delta k_{сер}}{k_{сер}} \cdot 100\%$.

Таблиця 1. Результати вимірювань

№	U_1, B	$\Delta U_1, B$	U_2, B	$\Delta U_2, B$	k	Δk
1.	100					
2.	150					
3.	200					
сер.						

Примітка. Значення ΔU_1 та ΔU_2 взяти як половину ціни поділки відповідного приладу.

II. ВИЗНАЧЕННЯ ККД ТРНCFОРМАТОРА

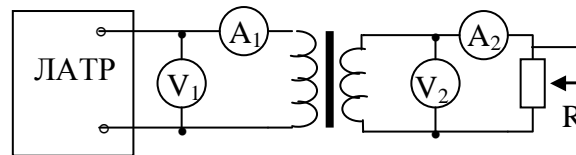


Рис. 2

1. Зібрати схему згідно з рис. 2.
2. Установити з допомогою ЛАТРа задане значення U_1 .
3. Установити максимальне значення опору навантаження за допомогою реостата.
4. Виміряти значення U_1, I_1, U_2, I_2 . Дані занести в таблицю 2.
5. Обчислити ККД трансформатора за формулою (4).
6. Зробити висновок: як змінюється ККД трансформатора в залежності від навантаження?

Таблиця 2. Результати вимірювань

№	U_1, B	I_1, A	U_2, B	I_2, A	η
1.	130			1	
2.	130			2	
3.	130			5	

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які будова і призначення трансформатора?
2. Яке явище лежить в основі роботи трансформатора?
3. Поясніть принцип дії трансформатора.
4. Що називається коефіцієнтом трансформації, ККД трансформатора?
5. В якому режимі роботи визначається коефіцієнт трансформації?
6. Які умови забезпечують максимальний ККД трансформатора?

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерук І. М., Горбачук І.Т. Загальна фізика. Електрика і магнетизм.-К.: Вища школа, 1990, § 10.1, 10.2, 11.8.
2. Савельєв І. В. Курс общей физики. ч.ІІ. –М.: Наука, 1970, § 55, 56, 73.

3. Бушок Г.Ф., Півень Г.Ф. Курс фізики. ч.І.-К.: Вища школа, 1981, § 167, 179.

***Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків***

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №18

ВИЗНАЧЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛІ

Мета роботи: визначити експериментально горизонтальну складову індукції магнітного поля Землі і сталу тангенс-гальванометра.

Прилади і обладнання: джерело постійного струму ВС-24М, тангенс-гальванометр, амперметр до 0,5 А, реостат, перемикач.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИБАДУ

Земля являє собою величезний магніт. Магнітні полюси Землі не збігаються з географічними. Південний полюс магнітного поля Землі знаходиться біля північних берегів Америки, близько 75° північної широти і 101° західної довготи, а північний полюс – в Антарктиці (67° південної широти і 140° східної).

Існування магнітного поля Землі безпосередньо підтверджується відхиленням магнітної стрілки при її вільному підвісі. При цьому вона встановлюється в напрямі дотичної до лінії індукції магнітного поля Землі. Значення індукції магнітного поля Землі невеликі і змінюються від $0,42 \cdot 10^{-4}$ Тл на екваторі до $0,7 \cdot 10^{-4}$ Тл поблизу магнітних полюсів.

Основними параметрами магнітного поля Землі є магнітне нахилення θ (кут між напрямом вектора \vec{B} і площиною горизонту), магнітне схилення φ (кут між горизонтальною складовою вектора \vec{B} і площиною географічного меридіана) і горизонтальна складова індукції магнітного поля Землі \vec{B}_r (рис. 1).

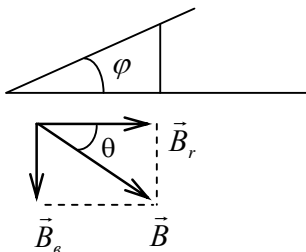


Рис. 1

Географічний меридіан – напрям, що визначає дійсне положення лінії південь - північ в даній місцевості. Магнітний меридіан – уявна лінія на Земній поверхні, що збігається з напрямом магнітного меридіана. У першому наближенні магнітне поле Землі можна уявити як поле однорідно намагніченої кулі. На магнітних полюсах магнітне нахилення дорівнює $\pm 90^\circ$. Тому повна індукція і вертикальна складова магнітного поля мають однакові значення – магнітна стрілка встановлюється у вертикальному напрямі. На магнітному екваторі ($\theta = 0$) повна індукція \vec{B} і горизонтальна складова \vec{B}_r дорівнюють одна одній – магнітна стрілка встановлюється в горизонтальному положенні.

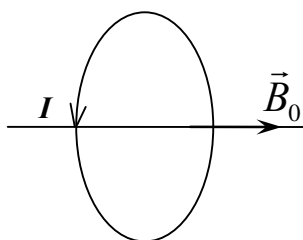


Рис. 2

Горизонтальну складову \vec{B}_r визначають з допомогою приладу, що називається тангенс-гальванометром. Він складається з колової рамки, розміщеної в площині магнітного меридіана. У центрі рамки на вертикальній осі розміщено магнітну стрілку, яка може вільно обертатися в горизонтальній площині. Вона повинна бути малою, щоб можна було вважати індукцію, яка діє на полюси стрілки, такою, що дорівнює індукції в центрі колового струму.

Обертаючий момент створює тільки горизонтальна складова магнітного поля.

При пропусканні струму через колову рамку створюється магнітне поле рамки, яке в її центрі O направлено перпендикулярно площині рамки в напрямі її осі (рис. 2). Напрямок індукції в т. O , зв'язаний з напрямом колового струму правилом свердлика (правого гвинта). Згідно з **законом Біо-Савара-Лапласа** індукція магнітного поля в центрі колового струму

$$B_0 = \frac{\mu_0 n I}{2R} \quad (1)$$

де n – число витків контуру, R – радіус витка.

При проходженні струму через рамку магнітна стрілка зазнає дії двох магнітних полів: магнітного поля Землі (горизонтальної складової \vec{B}_r , оскільки вертикальна складова зрівноважується реакцією осі стрілки) і магнітного поля струму з індукцією \vec{B}_0 . Якщо контур встановити в площині магнітного меридіану, то вектор \vec{B}_r , буде орієнтовано в площині контуру, а вектор \vec{B}_0 перпендикулярно площині магнітного меридіану. Під дією полів \vec{B}_r і \vec{B}_0 магнітна стрілка встановлюється в напрямі результуючого поля під кутом α до напрямку магнітного поля Землі (рис. 3). Визначаючи \vec{B}_0 . З формули (1) та експериментально кут α , знайдемо \vec{B}_r :

$$B_r = B_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (2)$$

із (1) і (2) одержимо:

$$B_0 = \frac{\mu_0 n I}{2R}, \quad (3)$$

Для зручності відліку кутів повороту магнітної стрілки остання з'єднана з легким коловим алюмінієвим лімбом і відлік по ньому ведеться з допомогою візира, установленого під кутом 90° до площині контуру. Із (3) слідує, що:

$$I = \frac{2B_r R}{\mu_0 n} \operatorname{tg} \alpha = C \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

Величина C називається сталою тангенс-гальванометру. Тоді

$$I = C \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

Величина струму змінюється пропорційно тангенсу кута відхилення стрілки, тому прилад називається тангенс-гальванометром. Якщо $\alpha = 45^\circ$, тоді $I = C$. Отже, стала гальванометра чисельно дорівнює струму, при якому магнітна стрілка приладу повертається на кут 45° .

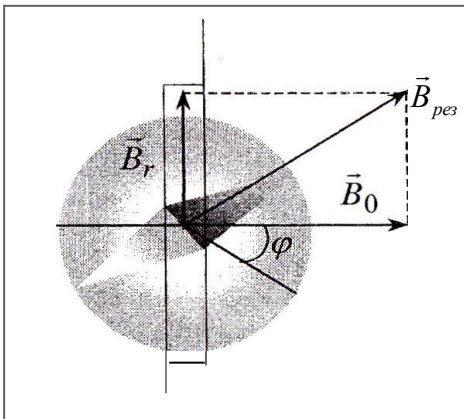


Рис. 3

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Скласти електричне коло згідно зі схемою (рис. 4).
2. З допомогою трьох установчих гвинтів на ніжках установити прилад так, щоб стрілка вільно оберталася.
3. Повертаючи підставку тангенс-гальванометра розташувати контур в площині магнітного меридіана. При цьому один із полюсів магнітної стрілки знаходиться проти нульової поділки шкали. Проти візира установиться 90° .

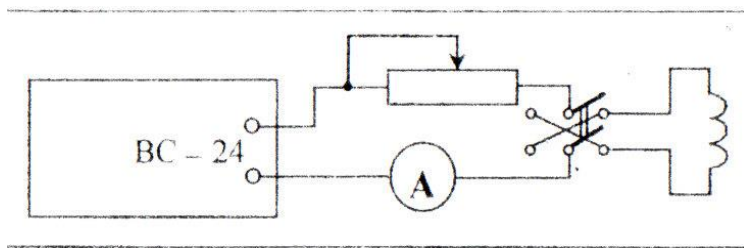


Рис. 4

4. Замкнути коло і за допомогою реостата установити задане викладачем значення струму.

5. Визначити кут α' відхилення стрілки.

6. Змінити з допомогою перемикача напрям струму і визначити кут

відхилення α'' . Для розрахунків B_r , за формулою (3) взяти середнє арифметичне кутів α' і α'' .

7. Виконати операції пунктів 4-6 для трьох значень струмів, заданих викладачем.

8. Визначити радіус колового струму, вимірюючи його діаметр в трьох різних напрямках.

9. Визначити значення B_r , для кожного досліду. Розрахувати середнє значення і похибку. Результати всіх вимірювань занести в таблицю.

10. Визначити сталу тангенс-гальванометра. Для цього:

- 1) замкнути коло і добитися, щоб стрілка повернулася на кут 45° . Зафіксувати значення сили струму і визначити C згідно (4);
- 2) змінити напрям струму і виконати операції п. 1);
- 3) повторити операції пунктів 1) і 2) три рази;
- 4) знайти середнє значення C і похибку.

УВАГА! Небезпечним для життя являється напруга 220В, яка подається на випрямляч ВС-24, тому перед початком роботи перевірити його заземлення.

Примітка. Магнітна стала - $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\Gamma H}{M}$.

Таблиця 1. Результати вимірювань

№	I, A	α'	α''	$\alpha_{сер}$	$B_r, Tл$
1.					0,25
2.					0,23
3.					0,22
Серед.					

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Індукція магнітного поля. Силіві лінії поля.
2. Індукція магнітного поля колового струму.
3. Будова і принцип дії тангенс-гальванометра.
4. Охарактеризуйте основні параметри земного магнетизму.
5. Де знаходиться північний магнітний полюс Землі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горбачук І.Т. Загальна фізика. Лабораторний практикум. П. 77.
2. Кучерук І.М., Горбачук І. Т. Електрика і магнетизм. - М.: Вид. «Наука», 2.3, 3.1, 3.2, 3.5.
3. Савельев И.В., Курс общей физики. Т. 2. Электричество. – М. : Вид-во «Наука», 34, 46.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №19 ВИВЧЕННЯ ЗОРОВОЇ ТРУБИ

Мета роботи: визначення збільшення зорової труби, вимірювання її діаметру поля зору.

Прилади і обладнання: зорова труба, штатив, лінійка, вимірювальна стрічка.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

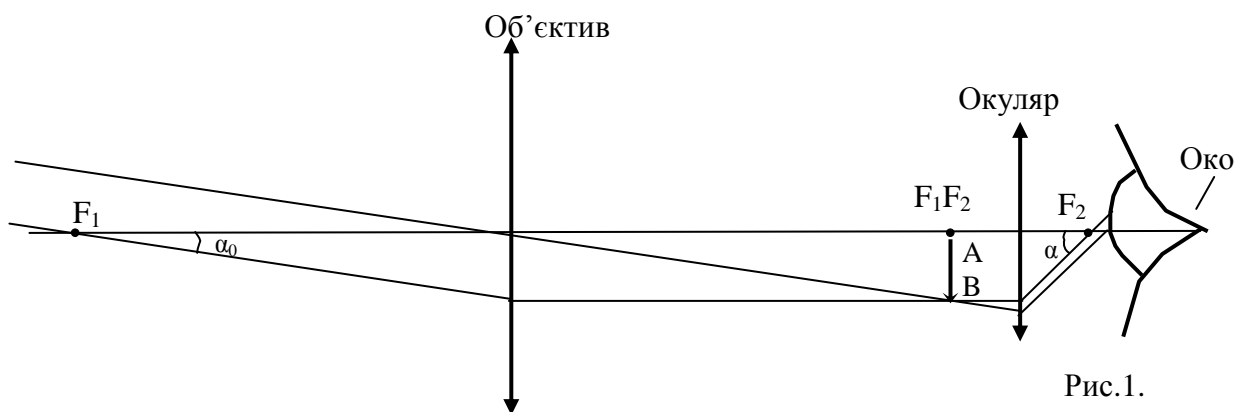


Рис.1.

Зорова труба – це оптичний прилад, призначений для розглядання віддалених об'єктів, який складається, у простішому випадку, з двох збиральних лінз. Та з них, яка розміщена ближче до об'єкту спостереження, називається **об'єктивом** і буде зменшене дійсне обернене зображення об'єкту AB , що спостерігається (рис.1).

Це зображення ϵ , в свою чергу, предметом по відношенню до другої лінзи (окуляру), за допомогою якої воно розглядається оком.

Відстань до віддалених об'єктів значно перевищує діаметр і фокусну відстань об'єктиву. Тому можна вважати, що промені від будь-якої точки цих об'єктів падають на об'єктив паралельним пучком, а зображення будується на фокусній відстані від об'єктиву. При співпаданні переднього фокусу окуляра із заднім фокусом об'єктиву (умова фокусування) такі промені попадають в око спостерігача також паралельним пучком (мал. 1), що дає можливість розглядати зображення без напруження.

Збільшення зорової труби дорівнює відношенню фокусної відстані об'єктиву до фокусної відстані окуляру:

$$\Gamma = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$$

Проте, визначити практично фокусні відстані об'єктиву та окуляру не завжди зручно (наприклад, для теодоліту). У цьому випадку користуються величиною, яка називається кутом зору. Кутом зору α називається кут, під яким око, яке знаходиться в т.О (рис. 2), бачить предмет або його зображення.

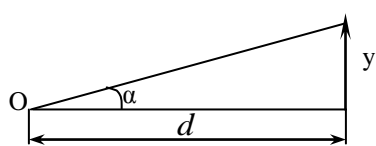


Рис.2

Величина α може бути знайдена з відношення $\text{tg}\alpha = \frac{y}{d}$, де d - відстань між предметом і оком.

Відношення тангенса кута зору, під яким видно зображення, що дає оптична система, до тангенса кута зору, під яким видно предмет неозброєним оком, називається кутовим збільшенням системи.

Поле зору оптичної системи називається область зображення, що спостерігається одночасно. У зоровій трубі ця область обмежена окулярною діафрагмою, діаметр якої визначає діаметр поля зору. Останньою величиною називається найбільша кутова відстань між двома точками, які видно одночасно у полі зору.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ЗОРОВОЇ ТРУБИ

Нехай l_0 - предмет, який знаходиться на відстані d_0 від ока О спостерігача, l - зображення предмета, яке видно в трубу і знаходиться на відстані d від О, α_0 і α – відповідні кути зору (рис. 3). Відповідно означенню, збільшення дорівнює:

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{l}{d} : \frac{l_0}{d_0} = \frac{ld_0}{l_0 d}$$

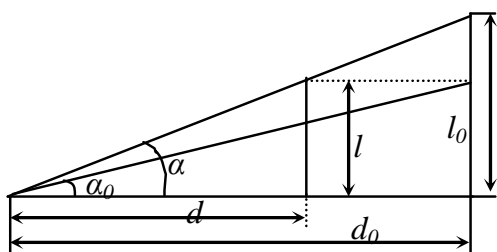


Рис.3

Спроектуємо зображення l на площину предмета за допомогою центральної проєкції з центром в т. О, тобто так, щоб всі точки зображення змістились вздовж променів, які з'єднуються з оком спостерігача. Спроектоване таким чином зображення прийме положення L . Очевидно, що кут зору, під яким видна ця проєкція, є α , а відстань її від ока є d_0 . В цьому випадку збільшення:

$$\Gamma' = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \Gamma = \frac{L}{l_0}$$

Якщо предмет являє собою шкалу, довжина однієї поділки якої є l_0 , то якщо спроектувати її зображення на ту ж шкалу одержимо зображення, довжина поділки якого буде L , причому $L > l_0$. Якщо тепер вибрати такий відрізок шкали, щоб на ньому розмістилося n поділок предмета і N поділок зображення, де n і N – цілі числа і $n > N$, то можна написати: $nl_0 = NL$.

Отже:

$$\Gamma = \frac{L}{l_0} = \frac{n}{N}. \quad (1)$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Встановивши трубу на чітке бачення віддаленої на декілька метрів лінійки з поділками, дивляться одним оком на зображення цієї лінійки через трубу, а другим - безпосередньо на лінійку.

2. Встановлюють око так, щоб зображення в трубі накладалось на видиму неозброєним оком лінійку і визначають кількість n цілих поділок шкали лінійки, які співпадають з N цілими поділками її зображення.

3. Збільшення Γ обчислюється за формулою (1).

4. Для визначення діаметру поля зору труби її фокусують на настінну лінійку з поділками і помічають максимальну довжину лінійки, що видно в трубу L .

5. Потім вимірюють рулеткою відстань від об'єктива труби до лінійки D .

6. Якщо довжина, видимого в трубу відрізка, рівна L , а відстань від труби до лінійки рівна D , то діаметр поля зору оптичної труби, що виражається в градусах, визначають за формулою:

$$\alpha = 57,3^{\circ} \frac{L}{D}; \quad (2)$$

7. Одержані числові дані записують у звітну таблицю.

Таблиця 1. Результати вимірювань

Збільшення труби				Діаметр поля зору			
Число поділок предмета	Число поділок зображення	Збільшення труби		Максимальна довжина лінійки, що видно в трубу	Відстань від об'єктива до лінійки	Кут зору	
		Γ	$\Delta\Gamma$			$\alpha, ^{\circ}$	$\Delta\alpha, ^{\circ}$
n	N			$L, \text{ см}$	$D, \text{ см}$		
Середнє значення				Середнє значення			

8. По трьом вимірам обчислити абсолютну і відносну похибки.

9. Записати кінцевий результат у вигляді:

$$\Gamma = \Gamma_{cp} \pm \Delta\Gamma_{cp} \quad \alpha = \alpha_{cp} \pm \Delta\alpha_{cp} \quad \varepsilon_1 = \frac{\Delta\Gamma_{cp}}{\Gamma_{cp}} \cdot 100\% \quad \varepsilon_2 = \frac{\Delta\alpha_{cp}}{\alpha_{cp}} \cdot 100\%$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

- Побудувати хід променів:
 - у збиральній лінзі;
 - в зоровій трубці.
- Як визначити збільшення зорової труби?
- Що таке діаметр поля зору труби?
- Чому в зорових трубах діаметр об'єктива значно більший за діаметр окуляру?

ЛІТЕРАТУРА

- Савельєв Курс фізики, т.3, раздел «Геометрическая оптика».
- Фриш С.Э. Курс фізики, т. 3, 1961 г.
- Ландсберг Г.С. Оптика 1957 г.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 20 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ СКЛА ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОСКОПА

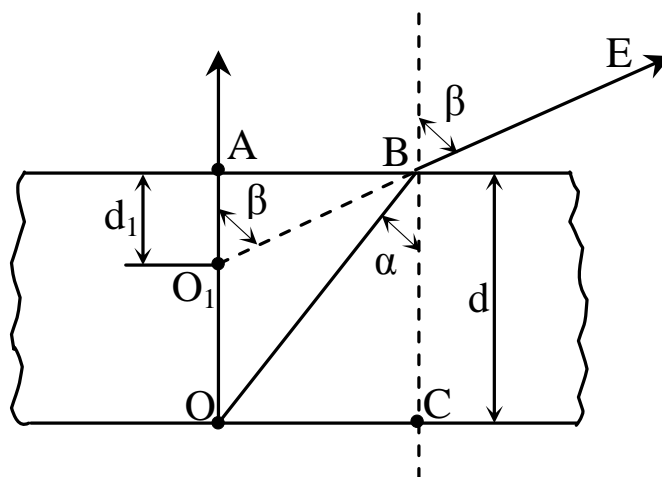
Мета роботи: визначити абсолютний показник заломлення скла.

Прилади і обладнання: мікроскоп з мікрометричним гвинтом, скляна пластинка з рисками на обох поверхнях, мікрометр.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У даній роботі для визначення показника заломлення скла використовується явище наближення до плоскої границі розділу двох середовищ уявного зображення точки, що світиться, промені від якої йдуть із більш густого середовища в менш густе.

Для визначення показника заломлення скла беруть плоску скляну пластинку з паралельними гранями з нанесеними на її обох поверхнях неглибокими рисками. Для того, щоб було легко розпізнати чи нанесена спостережувана в мікроскопі риска на нижній або на верхній поверхні, зручно на одній поверхні риску провести вздовж пластинки, а другу риску – поперек.



Нехай промінь світла, який вийшов з точки O , що лежить на нижній рисці, в напрямку OB , заломившись в точці B , піде в напрямку BE . Око, яке знаходиться на нормалі OA , проведеної з точки O до поверхні пластинки, побачить в точці перетину з нормаллю продовження заломленого променя BE уявне зображення точки O – точку O_1 .

В цій же точці перетнуться після заломлення також продовження всіх тих променів, які виходять із точки O в напрямках, які створюють з нормаллю невеликі кути. Спостерігачу буде здаватись, що всі ці промені виходять не із точки O , а із її уявного зображення O_1 .

Тому, якщо спостерігач встановив мікроскоп на точку A , що лежить на верхній рисці, то, щоб побачити точку O , що лежить на нижній рисці, йому потрібно буде зсунути тубус мікроскопа не на відстань AO , рівну d - товщині пластинки, а на меншу відстань AO_1 , рівну d_1 - товщині пластинки, яка здається спостерігачу (уявній товщині пластинки).

Так як в об'єктив мікроскопа попадає дуже вузький пучок променів, то кути i і τ малі і синуси цих кутів можна замінити їх тангенсами. Із малюнку видно, що

$$\frac{1}{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{OC}{BC} \cdot \frac{AO_1}{AB} = \frac{AO_1}{BC}; \quad (1)$$

Але так, як $AB=OC$, $AO_1=d_1$, $BC=d$, то із формули (1) отримуємо:

$$n = \frac{d}{d_1}. \quad (2)$$

Отже, для визначення показника заломлення n треба дійсну товщину пластинки d розділити на її уявну товщину d_1 . Уявна товщина пластинки d_1 дорівнює різниці відліків положень тубуса при наведенні мікроскопа на верхню і нижню риски (дійсна товщина пластинки d вимірюється мікрометром).

Головка мікрометричного гвинта має показник, що переміщується по шкалі, нанесеній на нерухомому диску. Встановивши мікроскоп так, щоб чітко було видно верхню риску, відмічають по диску мікрометричного гвинта поділку k_1 , що стоїть напроти покажчика (як правило, встановлюють гвинт так, щоб $k_1=0$).

Потім, обертанням мікрометричного гвинта, переміщують весь тубус мікроскопа вниз, добиваючись чіткого зображення нижньої риски. При цьому рахують цілу кількість обертів гвинта (позначимо її через m) і поділку диска k_2 , напроти якої встановився покажчик в кінці досліду. Позначають через S крок гвинта ($S=0,1$ мм), знаходять Z - ціну однієї поділки диска мікрометричного гвинта. Таким чином, переміщення тубуса мікроскопа дає величину уявної товщини пластинки:

$$d_1 = m \cdot S + (k_2 - k_1) \cdot Z \quad (3)$$

де $k_1=0$ як початкова поділка диска.

Підставляючи формулу (3) в формулу (2), знаходимо кінцеву формулу для обчислення показника заломлення скла:

$$n = \frac{d}{m \cdot S + (k_2 - k_1) \cdot Z} \quad (4)$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Виміряти мікрометром декілька разів товщину пластинки поблизу риски. Із отриманих результатів знайти середнє значення d .

2. Визначити ціну поділки мікрометричного гвинта $Z = \frac{S}{N}$, де S - крок гвинта в мм ($0,1$ мм), а N - число поділок на диску.

3. Покласти пластинку на предметний столик так, щоб перетин рисок був у центрі зору поля мікроскопа.

4. Навести мікроскоп на верхню риску і зробити відлік на диску гвинта k_1 , наведення повторити декілька разів і знайти середнє k_1 .

5. Обертаючи мікрометричний гвинт, навести мікроскоп на чітке зображення нижньої риски, рахуючи при цьому повну кількість обертів гвинта, і відмітити k_2 – поділку диска, що стоїть напроти покажчика. Наведення повторити декілька разів і знайти середнє значення k_2 .

6. Обчислити показник заломлення скла за формулою (4), підставивши в неї значення k_1 , k_2 , d для кожного досліду окремо.

7. Обчислити середнє значення показника заломлення скла.

8. Обчислити відносну похибку ε за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta d_{сер}}{d_{сер}} \cdot 100\%$$

9. Результат записати з абсолютною та відносною похибками у вигляді:

$$n = n_{сер} \pm \Delta n_{сер}; \varepsilon = \dots\%$$

Таблиця 1. Результати вимірювань

№	d	Δd	k_1	Δk_1	k_2	Δk_2	m	n	Δn
1									
2									
3									
Сер.									

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називається абсолютним та відносним показником заломлення речовини? Чи буде однаковим кут найменшого відхилення в даній призмі для променів різних довжин хвиль?

2. Як формулюється закон заломлення світла?

3. Чи можна визначити за способом, наведеним в даній роботі, показники заломлення рідин, заповнюючи ними скляну призму з плоскопаралельними гранями?

4. У чому полягає явище повного внутрішнього відбивання?

5. Побудувати зображення предмета в мікроскопі.

ЛІТЕРАТУРА

Б.М. Яворський, А.А. Детлаф. Курс фізики, т. III. хвильові процеси, оптика, атомна і ядерна фізика. Вид. “Вища школа”, М., 1976.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 21

ВИЗНАЧЕННЯ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНІ УВІГНУТОГО СФЕРИЧНОГО ДЗЕРКАЛА

Мета роботи: визначити фокусну відстань увігнутого сферичного дзеркала.

Обладнання: оптична лава, сферичне дзеркало, лінійка, освітлювач, предмет, екран.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Головним фокусом увігнутого сферичного дзеркала називається точка, в якій перетинаються після відбиття від дзеркала промені, що падають на нього паралельно головній оптичній осі. Якщо в головному фокусі дзеркала знаходиться точкове джерело світла, то після відбиття від дзеркала промені йдуть паралельно оптичній осі. Відстань головного фокуса від дзеркала називається *фокусною відстанню*. Цю відстань можна вважати рівною половині радіуса кривизни дзеркала. Безпосередньо виміри фокусної відстані здаються не зовсім точними, так як створення точкового джерела світла або паралельного пучка променів важко здійснюється (майже паралельними можна вважати сонячні промені). Іноді для швидкої, але наближеної, оцінки фокусної відстані користуються променями, які відходять від лампи, що знаходиться на великій відстані від дзеркала.

Для більш точного визначення фокусної відстані користуються формулою:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} \quad (1),$$

звідки фокусна відстань дорівнює: $F_1 = \frac{d \cdot f}{d + f}$ (2),

де: F – головна фокусна відстань; d – відстань від предмета до дзеркала; f – відстань від зображення до дзеркала.

Збільшенням називають величину, яка дорівнює відношенню розмірів зображення до розмірів предмета: $\Gamma = \frac{x_2}{x_1} = \frac{f}{d}$; (3)

де: x_1 – розмір предмета; x_2 – розмір зображення.

Розв'язавши систему рівнянь (2) і (3), можна отримати наступні вирази:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{d - F}{F}; \Rightarrow F_2 = \frac{x_2 \cdot d}{x_2 + x_1} \quad (4)$$

Враховуючи, що предмет має вертикальні розміри y , можна отримати ще одну формулу для головної фокусної відстані:

$$F_3 = \frac{y_2 \cdot d}{y_2 + y_1} \quad (5)$$

Відносні похибки вимірювань головної фокусної відстані відповідно до формул (2), (4), (5) матимуть вигляд: $\mathcal{E}_{F_1} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta f}{f} + \frac{\Delta d + \Delta f}{d + f}$ (6)

$$\varepsilon_{F_2} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta x_2}{x_2} + \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{x_1 + x_2} \quad (7); \quad \varepsilon_{F_3} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta y_2}{y_2} + \frac{\Delta y_1 + \Delta y_2}{y_1 + y_2} \quad (8)$$

Абсолютні похибки вимірювань головної фокусної відстані розраховуються за формулою: $\Delta F = F \cdot \varepsilon_F$. (9)

ОПИС ПРИЛАДІВ

Дзеркало, предмет та екран для отримання дійсного зображення предмета закріплюються кожний в спеціальному тримачі, які можуть пересуватись по оптичній лаві. Відстані d та f вимірюються за допомогою лінійки. *В роботі предметом є трикутник, нанесений на скляну пластинку. Для трикутника розмірами x та y слугують відповідно довжина основи та висота.*

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Розмістити на оптичній лаві освітлювач та екран. Увімкнути освітлювач в мережу. Домогтися переміщенням дзеркала чіткого збільшеного зображення предмета (трикутника) на екрані.
2. За допомогою лінійки виміряти відстані d, f , величини x_1, x_2, y_1, y_2 , занести їх до таблиці 1.
3. Повторити пункти 2-3 ще 2 рази (для зменшеного та рівного зображення трикутника). Результати вимірювання занести в таблицю.
4. За формулами (2), (4) та (5) визначити головні фокусні відстані для трьох методів, результати занести до таблиці 1.
5. За формулами (6)-(9) визначити похибки вимірювань, результати занести до таблиці 1.
6. Визначити середнє арифметичне значення головної фокусної відстані та середнє арифметичне похибок вимірювання для трьох методів.
7. Зробити креслення ходу променів для кожного методу.
8. Записати кінцевий результат у вигляді: $F = F_{сер} \pm \Delta F_{сер}$; $\varepsilon = \dots\%$ та зробити висновок, в якому порівняйте три методи, оцініть переваги та недоліки кожного.

Таблиця

№	Метод 1			Метод 2			Метод 3		
	$d, м$	$f, м$	$F_1, м$	$x_1, м$	$x_2, м$	$F_2, м$	$y_1, м$	$y_2, м$	F_3
1									
2									
3									
сер.									
Δ									
ε									
$F, м$				$\Delta F, м$				$\varepsilon_F, \%$	

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дати характеристику основним елементам сферичних дзеркал.
2. Чи можна отримати збільшене та зменшене зображення предмета за допомогою сферичного дзеркала? Яке саме?

3. Побудувати збільшене та зменшене зображення предмета у сферичному дзеркалі.
4. У чому полягає відміна між світною точкою та її зображенням у оптичних системах?

ЛІТЕРАТУРА

1. Ландсберг Г.С. Оптика. Изд. Наука. 1976 г.
2. Королев Ф.А. Курс физики. Оптика, атомная и ядерная физика. М., “Просвещение”. 1974 г.

МІРИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Перевірити справність вилки освітлювача.
2. Освітлювач вмикати тільки в розетку з поміткою 220 В.

***Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків***

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 22

ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ СВІТЛОВОЇ ХВИЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИФРАКЦІЙНОЇ РЕШІТКИ

Мета роботи: визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної решітки.

Обладнання: прилад для визначення довжини світлової хвилі, дифракційна решітка зі 100 штрихами на 1 мм, освітлювач.

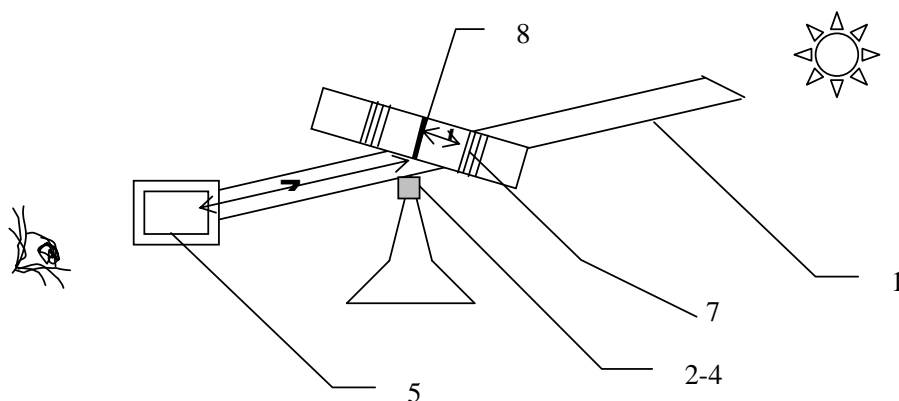
ОПИС ПРИЛАДУ

Прилад призначений для лабораторних робіт у фізичному практикумі. Прилад (див. малюнок) складається з дерев'яної рейки 1 прямокутного перерізу довжиною більш як 500 мм. На верхній стороні рейки нанесена шкала з міліметровими поділками. На бокових гранях рейки зроблені пази, які йдуть по всій її довжині.

Посередині рейки знизу прикріплена металева скоба 2, з якою за допомогою шарніра скріплений кінець металевого стержня 3. На цьому стержні рейка може бути закріплена під різними кутами за допомогою гвинта 4. До передньої частини рейки прикріплена рамка 5 так, щоб вона могла повертатись з великим тертям. У рамку вкладається дифракційна решітка.

З другого кінця на рейку надівається повзунок, лапки якого ковзають в пазах рейки. Повзунок 6 може переміщуватись по всій довжині рейки.

На повзунці закріплений щиток 7, верхня частина якого пофарбована у чорний колір. Нижня частина щитка біла з чорною міліметровою шкалою. Нуль шкали розташований у центрі щитка. Сантиметрові поділки відмічені порядковими цифрами.



Над нульовою поділкою в щитку зроблено невелике прямокутне вікно 8, а під ним вздовж нульової поділки шкали, зроблена прорізь. Прилад закріплюється на підставці від підйомного стола на такій висоті, щоб горизонтально встановлена рейка була на рівні ока спостерігача. В рамку вставляють дифракційну решітку (при цьому штрихи, які нанесені на дифракційну решітку, повинні бути паралельними щілині на щитку).

Приблизивши око до дифракційної решітки, направляють прилад на джерело світла так, щоб через вузьку щілину в щитку була видна нитка

розжарювання лампи. В цьому положенні прилад закріплюють остаточно. Тоді на чорному фоні по обидві сторони від прорізи в щитку будуть видні дифракційні спектри, які симетрично розташовані відносно прорізи так, що фіолетова частина кожного спектра буде повернена до середини шкали (до прорізи).

Якщо спектри розташовуються паралельно шкалі, то це означає, що штрихи на решітці паралельні нитці розжарювання лампи. Повільно повертаючи рамку з решіткою, добиваються, щоб спектри розташовувались паралельно шкалі.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

В лабораторній роботі визначають довжину світлової хвилі фіолетових та червоних променів на границі їх видимості. Для цього відлічують по шкалі в спектрах першого порядку, розташованих по обидві сторони від прорізи, відстань від середини шкали до крайніх фіолетових та крайніх червоних променів. Якщо одержані значення біля лівого спектра відрізняються від відносних значень біля правого, то знаходять середнє значення як для фіолетових, так і для червоних променів.

Потім по шкалі на рейці визначають відстань Z від щитка до дифракційної решітки, яка розташована на нульовій поділці шкали. Поділивши відстань L від середини шкали щитка (прорізи) до променя першого порядку необхідного кольору, який спостерігається на відстані Z від щитка до дифракційної решітки, одержують $tg \alpha$, під яким бачимо даний промінь.

Із умови максимуму дифракційної решітки:

$$d \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda, \quad (1)$$

де $d=0,01$ мм – стала дифракційної решітки;

k – порядок спектра (для спектра першого порядку $k=1$);

α – кут відхилення променя (кут між напрямом на прорізь і напрямом на спектр);

λ - довжина світлової хвилі.

Так як кут α малий, то без суттєвих похибок можливо допустити, що $tg \alpha \approx \sin \alpha$, тоді будемо мати:

$$\sin \alpha \approx tg \alpha = \frac{L}{Z} \quad (2)$$

З іншого боку (з умови максимуму дифракційної решітки):

$$\sin \alpha = \frac{k\lambda}{d} \quad (3)$$

Прирівнявши вирази (2) і (3), отримаємо робочу формулу для знаходження довжини світлової хвилі: $\frac{L}{Z} = \frac{k\lambda}{d}$, звідси: $\lambda = \frac{L \cdot d}{k \cdot z}$ (4)

Примітка. Табличні значення довжини хвилі червоного та фіолетового кольору: $\lambda_{\text{черв}} = 7,6 \cdot 10^{-7}$ м; $\lambda_{\text{фіол}} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ м.

УВАГА! Для отримання більш точних результатів Z треба брати можливо більшим і пересувати повзунок зі щитком на рейці до тих пір, поки початок або кінець спектра не здається на поділіці щитка і виражається в цілих міліметрах.

З решіткою зі 100 штрихами на 1 мм краще користуватися тільки першою парою спектрів (дальні спектри завжди бувають розпливчасті, їх межі визначити важко).

Таблиця 1. Результати вимірювань

Колір	d , мм	k	Z , мм	ΔZ , мм	L , мм	ΔL , мм	λ , мкм	$\Delta\lambda$, мкм
Червоний								
	Сер. зн.							
Фіолетовий								
	Сер. зн.							

Для кожного кольору зробіть по 3 досліди.

Підрахуйте абсолютну та відносну похибки вимірювань ($\varepsilon = \frac{\Delta\lambda_{сер}}{\lambda_{сер}} \cdot 100\%$).

Результат запишіть у вигляді: $\lambda = \lambda_{сер} \pm \Delta\lambda_{сер}$; $\varepsilon = \dots\%$ - для довжини хвилі кожного кольору.

Знайдіть у довіднику значення довжини світлової хвилі для червоного і фіолетового світла і порівняйте з отриманими результатами.

Зробіть висновок.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає явище дифракції світла?
2. Яка будова і принцип дії дифракційної решітки? Поясніть явище дифракції від однієї щілини.
3. Яка різниця між дифракційним і дисперсійним спектрами одного і того ж джерела світла?
4. Чому при зменшенні сталої решітки збільшується відстань між дифракційними максимумами?
5. Чому дорівнює кінцева кількість спектрів, яку можна отримати за допомогою даної дифракційної решітки?

ЛІТЕРАТУРА

1. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: Наука, 1976.
2. Королев Ф.А. Курс фізики. Оптика, атомная и ядерная физика. М.: Просвещение, 1974.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 23 ВИЗНАЧЕННЯ ГОЛОВНОЇ ФОКУСНОЇ ВІДСТАНИ ЗБИРАЛЬНОЇ ЛІНЗИ

Мета роботи: визначити головну фокусну відстань збиральної лінзи.

Обладнання: оптична лава, збиральна лінза, освітлювач, два повзунка зі штативами для закріплення лінзи та екрану, екран, міліметрова лінійка.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

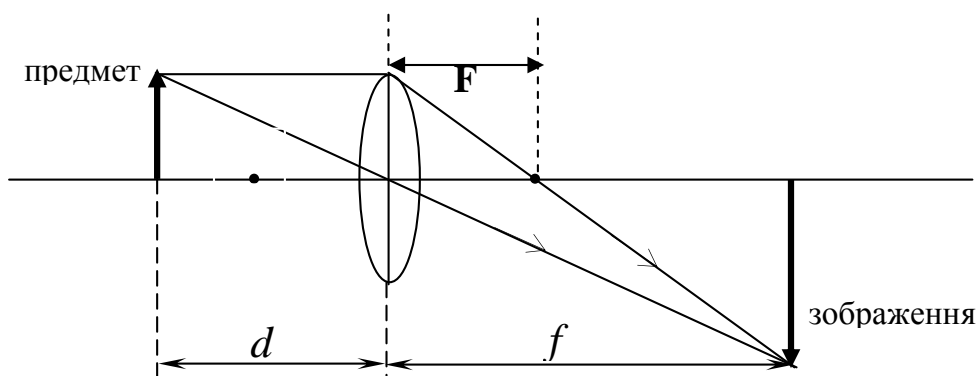
Цей спосіб ґрунтується на застосуванні формули лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad (1)$$

де d - відстань від предмета до лінзи;

f - відстань від зображення до лінзи;

F - відстань від головного фокуса до лінзи (головна фокусна відстань).



Звідси можна знайти головну фокусну відстань лінзи:

$$F = \frac{d \cdot f}{d + f} \quad (2)$$

На оптичну лаву поміщають освітлювач. Освітлювач представляє собою невелику камеру (футляр), всередині якого розміщена електрична лампа. На ній закріплена металева пластинка з прорізаною в ній стрілкою. Стрілка виконує роль предмета в цій лабораторній роботі.

Оптична лава повинна бути достатньо довгою. При горизонтальному положенні лави кінець покажчика і центра лінзи (а також і площина екрану, на якому отримується зображення) повинні бути на одній вертикальній лінії.

Предмет, лінзу і екран треба розмістити так, щоб їх середини лежали на одній горизонтальній прямій.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Помістити досліджувану лінзу між предметом і екраном.
2. Добийтеся переміщенням лінзи чіткого зображення предмета на екрані.
3. За покажчиками на повзунках виміряйте відстань між предметом і лінзою d .

4. Аналогічно виміряйте відстань f між лінзою і зображенням.
5. Пункти 1-4 повторіть 3 рази.
6. Знайдені значення d і f підставте у формулу (2) і знайдіть величину головної фокусної відстані F для кожного досліду.
7. Знайдіть середнє значення $F_{сер}$ та $\Delta F_{сер}$.
8. Визначте відносну ε похибку вимірювання: $\varepsilon = \frac{\Delta F_{сер}}{F_{сер}} \cdot 100\%$.
9. Запишіть кінцевий результат у вигляді:

$$F = F_{сер} \pm \Delta F_{сер}; \varepsilon = \dots\%$$

Таблиця 1. Результати вимірювань

№	$d, \text{мм}$	$\Delta d, \text{мм}$	$f, \text{мм}$	$\Delta f, \text{мм}$	$F, \text{мм}$	$\Delta F, \text{мм}$
1						
2						
3						
Сер.зн.						

Щоб упевнитись у правильності отриманого значення фокусної відстані, розташуйте лінзу таким чином, щоб на екрані отримати чітке зображення вікна. Виміряйте відстань між лінзою і екраном у цьому випадку. Це і буде фокусна відстань: F' .

Якщо ви все правильно зробили, то $F \approx F'$. Зробіть висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулюйте закон заломлення світла.
2. Що таке фокус лінзи? Фокусна відстань?
3. Що таке оптична сила лінзи, в яких одиницях вона вимірюється?
4. Побудуйте зображення у збиральній і розсіювальній лінзах:
 - а) точки, яка не лежить на головній оптичній осі;
 - б) точки, яка лежить на головній оптичній осі.
5. Чому будь-який промінь, що проходить через оптичний центр тонкої лінзи, практично не заломлюється?
6. Два склеєних між собою годинникових скла занурені у воду: яка це буде лінза - збиральна чи розсіювальна? Поясніть.
7. Що станеться з зображенням, якщо половина лінзи буде закрита чорним папером?

ЛІТЕРАТУРА

1. Корольов Ф.А. Курс фізики. Оптика, атомна і ядерна фізика. - М.: Освіта, 1974.

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №24

ГРАДУЮВАННЯ ПРИЗМЕННОГО СПЕКТРОСКОПА

Мета роботи: вивчити спектр випромінювання атому водню, за спектральними лініями спектру атома гелію (криптону), проградуювати спектроскоп, визначити сталу Ридберга.

Прилади і матеріали: спектрометр, воднева та гелієва (криптонова) трубки, високовольтний генератор «Спектр-1», випрямляч ВС-4-12.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

1. Як відомо, розжарені тверді і рідкі тіла, а також гази під великими тисками, незалежно від їх складу випромінюють суцільні спектри.

Збуджені молекули випромінюють смугасті спектри, окремі атоми – лінійчаті. Атоми кожного хімічного елементу випромінюють типовий тільки для нього спектр. Для аналізу спектрів існують спектральні прилади (спектроскопи, спектрометри).

Спектроскоп – це прилад, що призначений для просторового розділення променів різних довжин хвиль, причому, спостереження отриманого спектра здійснюється візуально.

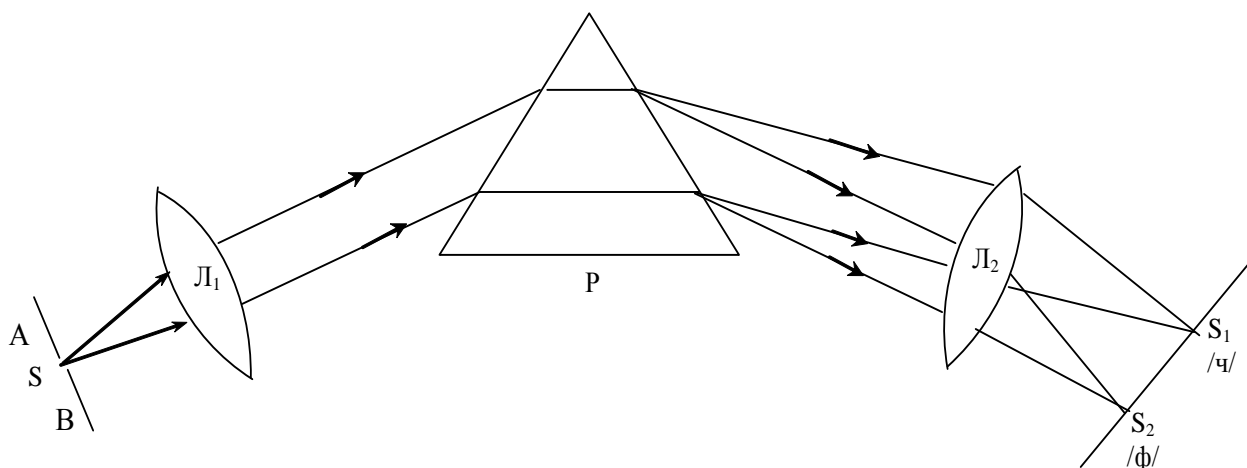


Рис.1

Оптична схема простішого спектроскопа наведена на рис.1. Основною частиною спектроскопа є призма Р, що розкладає в спектр пучок паралельних променів монохроматичного світла.

Ліва частина приладу – коліматорна трубка, складається з вузької щілини і лінзи Л₁; призначення коліматора – давати паралельний пучок світла, що падає на призму. Щілина АВ розташовується з цією метою в головній фокальній площині лінзи Л₁. Так як промені різної довжини хвилі відхиляються призмою на різні кути (дисперсія) то з призми виходять паралельні пучки різних напрямлень. З допомогою другої лінзи Л₂ паралельні пучки збираються в різних точках її фокальної площини. В результаті на екран проектується низка зображень вхідної щілини.

Якщо джерело світла випромінює хвилі будь-яких довжин, то на екрані отримується суцільний спектр. При випромінюванні джерелом світла хвиль

лише певних довжин (наприклад, розрядні газові трубки) отримується лінійчастий спектр.

В наслідок обертання призми навколо вісі, перпендикулярній площині креслення, весь спектр буде зміщуватись у площині СД і щілина S_1-S_2 буде виділяти окремі промені. Такий прилад, що використовується для виділення монохроматичного пучка, називається **монохроматором**.

Якщо зображення щілини спостерігається з допомогою окуляра у вигляді монохроматичної лінії, то монохроматор перетворюється у спектроскоп. У зв'язку з тим, що в спектроскопах поворот призми здійснюється за допомогою барабана з поділками, то кожній поділці барабана відповідає певна довжина хвиль вихідного світла.

Градувальний графік спектроскопа вказує на залежність між довжинами хвиль вихідного світлового пучка і поділками барабана.

2. Однією з важливих закономірностей відомих у будові атомних спектрів є серіальна будова цих спектрів. Серіальні закономірності являють собою яскраве виявлення квантових властивостей збуджених, випромінюючих атомних систем. Спектральні лінії атомного спектра елемента можуть бути об'єднані в певні закономірно побудовані групи, так звані серії. Довжина хвиль усіх ліній, що належать до однієї і тієї ж серії, закономірно пов'язані між собою.

У найбільш простій формі спектральні серіальні закономірності виявляються в спектрі одноелектронного атома водню, для якого вони і були вперше відкриті.

Завдання даної роботи – вивчення однієї із спектральних серій, що лежить у видимій частині спектра атома водню – **серії Бальмера**.

Довжини хвиль спектральних ліній цієї серії задовольняють співвідношенню:

$$k = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

де: k – хвильове число (вимірюється в м^{-1});

R – стала Рідберга;

n – квантове число, що для перших трьох ліній спектра атома водню позначаються H_α - червона, H_β - блакитна, H_γ - фіолетова приймають значення 3, 4, 5 відповідно.

Критерієм відносності серіальної закономірності буде розрахунки сталої Ридберга R , знайденої незалежно у трьох випадках. Вимірювання довжини хвиль ліній спектра атома водню здійснюється за допомогою спектроскопа і градувальний графіка.

ОПИС УСТАНОВКИ

Воднева трубка являє собою скляну трубку, що заповнена воднем під тиском біля 5 – 10 мм.рт.ст. Розряд у трубці відбувається між металевими електродами, що впаяні в кінці трубки. До електродів від генератора підводиться напруга в 2000 – 3000 В. Сила струму в трубці 10 – 15мА. Основне

свічення відбувається в середині трубки. У цьому місці густина струму максимальна і відповідно максимальна і яскравість свічення. Спостереження свічення трубки тому і здійснюється по її центру.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Градування спектроскопа

Гелієву (криптонову) трубку вставляють в генератор “Спектр” і встановлюють перед коліматором спектроскопа. Спостерігають спектр атомів гелію (криптонію).

Встановлюють барабан В у крайнє положення, потім повільно обертаючи його спостерігають за переміщенням у полі зору спектра і коли червона лінія підійде до центра записують показник (N) на шкалі барабана N. Обертаючи барабан до спів падання із наступною лінією (дивись таблицю) здійснюють аналогічний запис. Дані (N) заносять у таблицю.

He (гелій)			Kr (криптон)		
колір спектральної ліній	довжина хвилі /Å/	показник барабана	колір спектральної ліній	довжина хвилі /Å/	показник барабана
1.червона	6680		1.червона /перша/	6480	
2.жовта	5830		2.жовта	5870	
3.яскраво-зелена	5020		3.зелена	5500	
4.синьо-зелена	4910		4.I-а фіолетова	4540	
5.блакитна	4700		5.III-а фіолетова	4380	
6.фіолетова	4460		6.IV-а фіолетова	4330	
			7.V-а фіолетова	4260	

Примітка. $1 \text{ \AA} \text{ (ангстрем)} = 10^{-10} \text{ м.}$

Будують градувальник графік спектроскопа (по вісі абсцис відкладають N, по вісі ординат – λ)

Цей градувальник графік використовується для визначення довжини хвиль у спектрі атома водню.

2. Визначення сталої Ридберга

Водневу трубку вставляють в утримувач високовольтного генератора і спостерігають спектр атома водню. Визначають поділки барабана, що відповідають кожній зі спектральних ліній H_α , H_β , H_γ серії Бальмера.

$$N_\alpha =$$

$$N_\beta =$$

$$N_\gamma =$$

Для кожного значення λ_α , λ_β , λ_γ , знайдених за градувальним графіком, розраховують по формулі (1) сталу Ридберга і знаходять її середнє значення.

Записують кінцевий результат:

$$R = R_{сер} \pm \Delta R_{сер}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta R_{сер}}{R_{сер}} \cdot 100\%.$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що собою уявляє спектроскоп?
2. В чому полягає явище дисперсії світла?
3. Сформулюйте постулати Бора.
4. Що собою являють спектри випромінювання атомів? Що таке спектральна серія?

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерук І.М., Дущенко В.П. Загальна фізики. Оптика. Квантова фізика. – Київ.:Вища школа.- 1991. – С.313 – 325.
2. Фріш С.Є. Техніка спектроскопії. – 1936.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ

1. Перед початком роботи перевірити справність вилки та з'єднувальних провідників, що йдуть від високовольтного генератора!
2. Забороняється торкатися електродів високої напруги генератора!

*Місце для розрахунків,
відповідей на контрольні запитання та висновків*

Книжкове видавництво ПП Вишемирський В. С.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи: серія ХС № 48 від 14.04.2005 р.
видано Управлінням у справах преси та інформації
73000, Україна, м. Херсон, вул. 40 років Жовтня, 138,
тел. (0552) 44-16-37, 8(050) 514-67-88, e-mail: vvs2001@inbox.ru