

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Кафедра загальної фізики



# **МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ**

**НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

**Львів  
2007**

УДК 373.5.016:53(076)

ББК Ч486.51я73-5

П-19

Рецензенти:

канд. фіз-мат. наук, професор *О. Г. Миколайчук*  
(Львівський національний університет імені Івана Франка)

канд. фіз-мат. наук, доцент *О. С. Захар'яш*  
(Національний університет «Львівська політехніка»)

*Рекомендовано до друку Вченою радою фізичного факультету  
Протокол № 6 від 26.06.2007 р.*

**П-19    Методика викладання фізики: Навчальні експерименти/**  
Уклад. Н. В. Пастернак, О. І. Конопельник, О. В. Радковська. –  
Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 106 с.

Навчально-методичний посібник «Методика викладання фізики. Навчальні експерименти» призначений для підготовки до виконання лабораторних робіт з курсу «Методика викладання фізики» студентами фізичного факультету.

Одним з основних принципів викладання фізики є широке і всебічне використання навчального експерименту. Посібник допоможе студентам засвоїти основи техніки демонстраційного експерименту з вузлових тем шкільного курсу фізики, набути вміння використовувати його під час уроку, навчитись пояснювати учням результати експерименту.

УДК 373.5.016:53(076)

ББК Ч486.51я73-5

© Пастернак Н. В., Конопельник О. І., Радковська О. В., 2007

© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2007

## ПЕРЕДМОВА

Методика викладання фізики є прикладною педагогічною наукою, яка має забезпечувати високу ефективність навчального процесу. Одним з основних принципів викладання фізики є широке і всебічне використання навчального експерименту.

Навчальний експеримент — не лише важливе джерело нових знань для учнів, а й метод навчання та засіб унаочнення. Демонстрування дослідів сприяє ефективному засвоєнню навчального матеріалу. Вивчення фізичних явищ на основі експерименту сприяє формуванню наукового світогляду учнів, глибшому засвоєнню фізичних законів. Отже, постановка дослідів має бути максимально чіткою, а пояснення вчителя — продуманим і відображати не лише фізичну суть експерименту, а й його місце в системі фізичної науки.

Мета лабораторних занять із курсу «Методика викладання фізики» — допомогти студенту засвоїти основи техніки демонстраційного експерименту з вузлових тем шкільного курсу фізики, набути вміння використовувати його під час уроку, навчитись пояснювати учням результати експерименту.

Кожен студент, який слухає курс «Методики викладання фізики» (в межах навчального плану — 36 год. лабораторних занять), упродовж семестру має:

- § виконати 14 лабораторних робіт, які стосуються навчального експерименту з фізики за програмою середньої загальноосвітньої школи;
- § написати один план-конспект уроку за вибраною темою (з переліку, запропонованого викладачем) із використанням демонстраційного експерименту;

§ виступити на занятті **в ролі вчителя** з фрагментом уроку, що включає демонстраційний експеримент.

У лабораторному практикумі з курсу «Методика викладання фізики» передбачено використання демонстраційних приладів, якими обладнані шкільні кабінети фізики. Це дає змогу майбутнім учителям застосовувати набуті знання вже під час педагогічної практики в школі.

## **ВСТУП**

**На вступному занятті** викладач проводить інструктаж згідно із затвердженою «Інструкцією з техніки безпеки та охорони праці в лабораторії методики викладання фізики». Після цього студенти розписуються у відповідному контрольному листі про проходження інструктажу. Студенти, які не пройшли інструктаж, до роботи в лабораторії не допускаються. Викладач також ознайомлює студентів з вимогами щодо поведінки в лабораторії, підготовки до лабораторних занять, виконання робіт, звітності та узгоджує зі студентами графік виконання лабораторних робіт.

### ***ВИМОГИ ДО СТУДЕНТІВ***

До кожного заняття студент має відповідно підготуватися, зокрема, попередньо ознайомитись:

- § із викладенням навчального матеріалу з даної теми в шкільному підручнику;
- § з методикою демонстраційного експерименту за рекомендованою літературою та методичними вказівками;
- § з паспортами та інструкціями до приладів, які використовують в лабораторії методики (дивитись папку «ЗІП №\_\_\_» — заводські інструкції та паспорти до лабораторної роботи відповідного номера).

Під час підготовки до лабораторного заняття студент записує в зошит завдання, техніку демонстрації і методику (план) виконання кожного експерименту, замальовує схеми та розташування обладнання на демонстраційному столі, залишаючи широкі поля праворуч для

висновків, зауважень і пропозицій, які будуть зроблені під час заняття. Усі формулювання робить коротко, за потреби — конкретно або у вигляді ідеї. Після заняття зошит із записами студент здає викладачеві як звіт. У кінці семестру кожен студент одержує свій зошит з метою його використання під час підготовки до іспиту, до уроків на педагогічній практиці та в подальшій викладацькій роботі.

Студента допускають до виконання лабораторної роботи за умови, що він має підготовку в зошиті, знайомий з методикою і технікою кожного демонстраційного експерименту, знає відповіді на питання, сформульовані у методичних вказівках.

За наявності на робочому столі прилади відповідає студент, про що він розписується на кожному занятті у паспорті до відповідної лабораторної роботи.

Оцінку за виконання лабораторної роботи викладач виставляє з урахуванням того, як студент підготовлений до роботи, як її виконує, наскільки проявляє самостійність і творчість.

### ***ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ДОСЛІДІВ***

#### **Технологічні вимоги.**

- § Дослід має відповідати вимогам техніки безпеки й охорони праці.
- § Дослід слід **підготувати й випробувати заздалегідь** (до демонстрування), передбачити можливі невдачі та вжити потрібні заходи (запасні лампочки, провідники, запобіжники тощо).
- § На демонстраційному столі не має бути нічого зайвого.
- § На кожен демонстраційний дослід має бути заведена «**Технологічна картка демонстрації**» (опис демонстрації).
- § **Умикати й вимикати електричні прилади потрібно у певному порядку:** на початку (перед умиканням електричного кола) перевіряють чи всі регулятори напруги є в нульовому

положенні, а тумблери — в положенні «вимкнено»; після цього вмикають вилку в розетку, потім — тумблер і лише після цього регулятором подають напругу. Якщо регулятора напруги немає, то використовують реостат, вмикаючи його в коло потенціометрично, або регулюють силу струму в колі реостатом, увімкненим у нього послідовно. У першому випадку положення повзунка реостата на початку досліду має відповідати мінімальній напрузі в колі, а в другому — мінімальній силі струму. Вимкнення виконують у зворотному порядку.

**§ Добирати прилади** для досліду потрібно так, щоб вони були узгоджені між собою. Прилади добирають, виходячи з технічних характеристик, що вказані на приладах або в їхніх паспортах. Добір доцільно починати з об'єкта дослідження.

### **Розглянемо декілька прикладів.**

1) *Перевірка закону Ома для ділянки кола.* Об'єктом дослідження є ділянка кола, за яку можемо взяти магазин опорів, складений з чотирьох спіральок: 1 Ом, 2 Ом, 2 Ом, 5 Ом, кожна з яких розрахована на певну максимальну силу струму (див. на зворотній стороні панелі зі спіралями або паспорт приладу). Отже, знаючи межі сили струму на ділянці кола, ми знаємо й межі вимірювання демонстраційного амперметра та можемо підібрати потрібний шунт з додатків до нього. Далі, знаючи межі вимірювання сили струму й опори спіральок в магазині опорів, можемо спланувати дослід, визначивши напруги, за яких демонструватимемо закон Ома. Відтак, ми знатимемо й межі вимірювання вольтметра та зможемо підібрати додатковий опір до нього. Після цього можемо зробити висновок про тип джерела напруги (ИПД-1, ВС-6 або ін.) та характеристики реостата для регулювання сили струму або напруги (залежно від електричної схеми досліду).

2) *Демонстрування досліду Ерстеда.* Об'єктом дослідження є електричне поле навколо провідника зі струмом. Його виявляють за

допомогою магнітної стрілки, розташованої поблизу провідника. Ефект (дія магнітного поля на магнітну стрілку) буде тим більший, чим більша сила струму в провіднику. Тому добираємо прилади так, щоб сила струму була якнайбільшою. Для цього за паспортами з'ясовуємо максимально допустимі сили струмів на всіх ділянках електричного кола для приладів, які є в наявності для даного досліду (реостатів, перемикачів, випрямлячів), і добираємо їх так, щоб сила струму була якнайбільшою. За найслабшою ланкою визначаємо межі значень сили струму в колі, відтак, межі вимірювання демонстраційного амперметра і шунт до нього. На початку досліду (до замикання електричного кола) виставляють максимальне значення опору реостата, увімкненого в коло послідовно для регулювання струму в колі. За законом Ома перевіряють чи сила струму в колі під час його замикання не перевищить допустимого значення. Якщо ні, то коло замикають і реостатом регулюють силу струму так, щоб її значення було оптимальним. У такий спосіб відбувається підготовка досліду. Після цього його можна демонструвати.

3) *Демонстрування законів фотоефекту.* Об'єктом дослідження є вакуумний фотоелемент СЦВ-4. За паспортом цього приладу дізнаємося про номінальну силу струму за заданих напруг, відтак робимо висновок, за якої сили струму і напруги в колі ефект демонстраційного досліду буде найкращий. Визначаємо межі вимірювань демонстраційного вольтметра і амперметра, добираємо до них додатковий опір і шунт. Якщо в наборі додатків до вольтметра немає потрібного додаткового опору, потрібно цей опір змайструвати самому. Для цього є два шляхи — теоретичний і емпіричний. Першим способом значення додаткового опору розраховують за формулою (за відомим значенням внутрішнього опору гальванометра вольтметра, що зазначений на шкалі приладу) і добирають його згідно з отриманим значенням. Другим способом додатковий опір добирають на досліді, увімкнувши паралельно до даного ще контрольний вольтметр. За досліджувані додаткові опори для постійного струму можна взяти



опори з цього ж набору для змінного струму. На контрольному вольтметрі виставляють потрібні межі вимірювання і, плавно збільшуючи напругу від нуля, спостерігають за показами обох вольтметрів. Додатковий опір вважаємо дібраним, якщо за нього стрілки на обох вольтметрах відхиляються на шкалі однаково (наприклад, на півшкали або на цілу шкалу як на одному, так і на другому приладі). Після цього слід замінити шкалу вольтметра на іншу, відповідну до нових меж вимірювання.

### Методичні вимоги.

- § Дослід має бути **наочним**. Для цього потрібно використовувати якнайпростіше обладнання та раціонально його розташовувати. Прилади не мають заступати один одного, установку або схему слід розташовувати так, щоб її було добре видно навіть з останньої партії. Провідники в електричних схемах не мають перетинатися між собою.
- § Дослід має бути **зрозумілим**. Для цього перед демонструванням треба пояснити учням мету дослідження, з'ясувати ідею дослідження, обговорити план його виконання, а після демонстрування спільно з учнями проаналізувати результат і зробити висновки. На початку дослідження слід пояснити учням та продемонструвати дію приладів і пристроїв, які будуть вперше використані під час демонстрування. Наприклад, якщо ви вперше використовуєте *секундомір з фотореле*, потрібно ввімкнути секундомір, звернути увагу учнів, у яких межах він вимірює час, з якою точністю та продемонструвати, як здійснити пуск та зупинку секундоміра, перекривши рукою промінь першого, а потім другого фотореле. Другий приклад. Якщо ви використовуєте *демонстраційний вольтметр*, то слід під'єднати його до джерела регульованої напруги і, змінюючи напругу порціями від нуля до верхньої межі вимірювання, навчити учнів швидко зчитувати

покази вольтметра. Те ж саме стосується будь-якого іншого приладу або пристрою.

§ Дослід має бути **ефективним**. Це означає, що ефект має бути помітний здалека (навіть з останньої парти). Наприклад, відхилення стрілки на вимірювальному приладі повинно бути принаймі на декілька поділок шкали, зміна у розжаренні електричної лампочки має бути добре помітна за зміни параметрів кола. Для покращення ефекту використовують різні засоби: підсилювачі, освітлювачі, підставки, штативи, екрани. Якщо установку або схему не можна розташувати у вертикальній площині, а лише в горизонтальній — використовують велике дзеркало, нахилене під кутом  $45^\circ$  до площини стола. З'ясувати за яких умов дослід буде ефективним потрібно заздалегідь. Наприклад, для демонстрування *способу вимірювання миттєвої швидкості* використовують прилад з кінематики і динаміки — закріплену у штативі похилу штангу з напрямним стрижнем, по якому може рухатися візок. Щоб дослід був ефективним, слід заздалегідь нахил стрижня підібрати так, щоб рух візка по ньому був не надто швидким і не надто повільним (якщо рух надто швидкий, вимірювання стають неточними, а якщо повільний, то дослід погано відтворюється, оскільки стають суттєвими різні побічні фактори, які впливають на рух).

§ Дослід має бути **переконливим**. Це означає, що результат повинен відповідати сформульованій меті дослідження. Розгляньмо приклад. Перед демонструванням *другого закону Ньютона* нахил стрижня добирають так, щоб рух візка по ньому після легкого поштовху був рівномірним (для того, щоб не враховувати силу тертя). Оскільки рівномірність руху з'ясовують на око, то під час перевірки другого закону Ньютона (на підготовчому етапі) треба провести корегування нахилу так, щоб закон підтвердився на досліді із заданою точністю. Практика свідчить, що для демонстрування другого закону Ньютона не варто ви-

користовувати надто точний секундомір (наприклад, електронний), оскільки на демонстраційному досліді не можна підтвердити цей закон з великою точністю. Краще використати метроном, задавши час руху кратний півсекунді і дібравши відповідний шлях, який потрібно виміряти під час досліді. Знаючи заданий час і відповідний шлях, що знайдено на досліді, обчислюють прискорення, якого набуває візок під дією заданої сили. Це прискорення має збігтися з його теоретичним значенням, обчисленим за другим законом Ньютона (коли відома маса візка і сила, що діє на нього). Дослід буде достатньо переконливим, якщо збіг буде з точністю лише до двох значущих цифр за умови, коли треті значущі цифри відрізнятимуться лише на одну або дві одиниці (наприклад, експериментальне значення прискорення дорівнюватиме  $0,129 \text{ м/с}^2$ , а теоретичне —  $0,127 \text{ м/с}^2$ , тобто, з точністю до двох значущих цифр експериментальне значення збігається з теоретичним і дорівнює  $0,13 \text{ м/с}^2$  за відносної похибки 1,6 %). Це ж саме стосується й перевірки *закону заломлення світла* або будь-якого іншого закону, коли необхідно зіставити між собою обчислені значення фізичних величин. Другий приклад. Перед демонструванням *закону Бойля–Маріотта* необхідно з'ясувати, за яких умов дослід буде найпереконливішим: за умов стискання газу в посудині змінного об'єму (сильфоні) чи за розрідження газу (збільшення його об'єму). Теоретично та за умов доброї герметичності системи (сильфона з мановакууметром) це не має значення, але на практиці відіграє помітну роль: адже під час стискання і розрідження газу у сильфоні герметичність системи, яку використовують для шкільного демонстраційного експерименту, є різною (подумайте — чому?).

§ Дослід має бути **естетичним** і, по можливості, ефектним. Тут важливу роль відіграє вигляд самих приладів, їхнє взаємне розташування, а також вправність і артистичність вчителя.

**СКОРОЧЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ,  
ВИКОРИСТАНІ В МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВКАХ**

ЗП — папка з заводськими інструкціями й паспортами до приладів (зберігається в лабораторії методики викладання фізики).

Л.Р. № — лабораторна робота номер.

Л.1 — література номер 1 (за списком, поданим у цих методичних вказівках).

\* — позначення додаткових питань і дослідів за умов доброго виконання всіх інших.

Далі подано зразок оформлення підготовки до лабораторної роботи і звіту про її виконання.

(Зразок)

Львівський національний університет імені Івана Франка

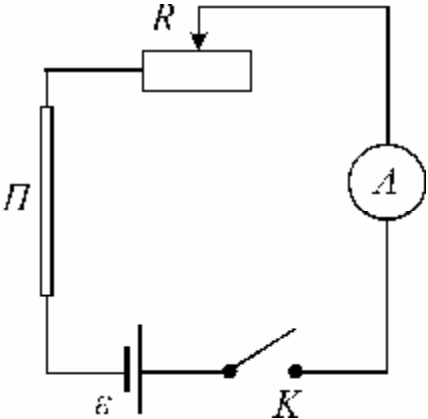
Кафедра загальної фізики

**ЗВІТ**

про виконання лабораторної роботи № 6  
«Навчальні експерименти з електромагнетизму»  
з курсу «Методика викладання фізики»

студента групи ФзФ-52  
Петренко І.В.

Львів – 2007

<p style="text-align: center;"><b>Досліди</b> (записи роблять під час підготовки до заняття)</p>	<p style="text-align: center;"><b>Висновки і доповнення</b> (записи роблять під час заняття)</p>
<p><b>1. Досліди із магнітним полем струму.</b></p> <p>1.1. Виявлення магнітного поля прямолінійного провідника із струмом за допомогою магнітної стрілки</p> <p><u>Техніка демонстрації.</u> Електрична схема:</p>  <p><math>\Pi</math> — провідник ізольований; <math>R</math> — реостат; <math>K</math> — ключ; <math>\varepsilon</math> — джерело постійної напруги (ВС). Під провідником ставимо магнітну стрілку.</p> <p>Добираємо прилади так, щоб сила струму була якнайбільшою (допустимі сили струму для кожного елемента визначаємо за паспортами до приладів).</p> <p><u>Методика демонстрації.</u> Провідник <math>\Pi</math> розміщуємо вздовж магнітного меридіана.</p>	<p>1. Із наявного обладнання добираємо: 1) шунт до амперметра на 10 А; 2) реостат до 4,5 А, 10 Ом; 3) перемикач до 5 А; 4) випростувач ВС-24 до 10 А. Отже, допустима сила струму в колі 4,5 А.</p> <p>2. Для того, щоб швидко на уроці змінити напрям струму (без змін у колі) зручно використати амперметр, коли початкове положення стрілки посередині шкали (шкалу на 10 А замінити на шкалу гальванометра, попередньо порівнявши між собою обидві шкали).</p>

- 1) Замикаємо коло — стрілка відхиляється.
- 2) Ставимо стрілку над провідником — стрілка відхиляється в другий бік.
- 3) Змінюємо напрям проходження струму — відхилення стрілки змінюється на протилежне.
- 4) Зменшуючи силу струму, спостерігають зменшення кута відхилення магнітної стрілки.

## 1.2. Застосування магнітного зонда.

Техніка демонстрації. Магнітний зонд використовують для якісного порівняння різних магнітних полів. Кінці приладу з позначкою «ЗГ» підключають до клем «ОБЦ» і «600 Ом» звукового генератора, а кінці з позначкою «Г» — до гальванометра змінного струму від демонстраційного амперметра. Робочі частоти 1000–2000 Гц.

Методика демонстрації. Зонд підносять до магніту і спостерігають за відхиленням стрілки гальванометра.

- 1) Повертають в заданій площині вісь зонда, з'ясовують напрям, за якого відхилення стрілки гальванометра максимальне — це напрям індукції досліджуваного поля в заданій точці.
- 2) Наближаючи і віддаляючи зонд до полюса магніту, спостерігають за збільшенням і зменшенням індукції магнітного поля.
- 3) Випробовуємо зонд. Обираємо частоту, за якої ефект є найкращим.

Для дослідження магнітного поля Землі обирають частоту .....Гц, за якої чутливість зонда є максимальною. Обертаючи вісь зонда (почергово в горизонтальній і вертикальній площинах) виявляють напрям земного магнітного меридіану, порівнюють його з напрямом магнітної стрілки. Кут між магнітним меридіаном і вертикаллю  $\approx \dots^\circ$ .

## 2. Досліди з електромагнітної індукції.

2.1. Виявлення індукційного струму в котушці, яку пронизує змінне магнітне поле.

Техніка демонстрації. До демонстраційного гальванометра (від амперметра) приєднуємо котушку на 220 В від універсального трансформатора. У котушку вводимо постійний магніт.

Методика демонстрації. 1) Прямий магніт уводимо в котушку південним полюсом. Стрілка гальванометра відхиляється. 2) Цей же магніт вводимо північним полюсом. Стрілка відхиляється в протилежний бік. 3) Уводимо в котушку два однакові прямі магніти, складені впритул один до одного одноіменними полюсами. Стрілка відхилиться на більший кут. 4) У котушку вводимо магніт з різною швидкістю.

2.2. Вихрові струми в суцільних масивних провідниках.

Техніка демонстрації. На суцільне осердя встановлюємо котушку на 220 В і закріплюємо кронштейн маятника з суцільною пластиною або з пластиною з прорізами.

Методика демонстрації. 1) Спостерігаємо коливання маятника з суцільною пластиною між полюсами магніту за відсутності магнітного поля. Зауважуємо час загасання. 2) Під'єднуємо котушку до джерела постійного струму і знову зауважуємо час загасання коливань. 3) Використовуємо пластину маятника з прорізами. Зауважуємо час загасання. Порівнюємо результати дослідів.

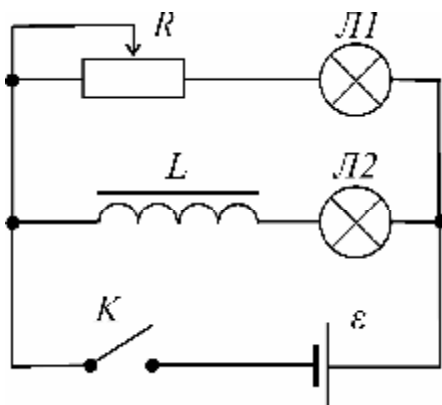
Після введення магніту в котушку необхідно зупинитись, щоб стрілка гальванометра повернулась у нульове положення. Після цього магніт виводять.

Конусні наконечники встановлюють гострими кінцями назовні. Перед увімкненням джерела струму необхідно одержати інформацію, яку напругу постійного струму можна подавати на котушку (опір котушки за постійного струму значно менший, ніж за змінного).



### 3. Явище самоіндукції за замикання електричного кола постійного струму.

Техніка демонстрації. Електрична схема:



$L1, L2$  — лампочки на 3,5 В;  $R$  — реостат не менше 50 Ом;  $L$  — котушка 220 В на суцільному осерді від універсального трансформатора;  $K$  — вимикач,  $\varepsilon$  — джерело постійної напруги.

Методика демонстрації. Попередньо за допомогою реостату досягаємо однакового свічення обох лампочок. Під час замикання кола лампа  $L2$  розжарюється з помітним запізненням порівняно з лампою  $L1$ .

Прилади розташовувати на демонстраційних підставках «в три поверхи».  $L1, L2$  — однакові по потужності.

Запізнення добре помітне (більше 1 с).

У контексті можна використовувати скорочення:

Ел. сх. — електрична схема;

ТД — техніка демонстрації;

МД — методика демонстрації.

## **Лабораторна робота № 1**

### **НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З КІНЕМАТИКИ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Які поняття кінематики вводять на першому, а які на другому ступені навчання фізики? Поясніть методику введення цих понять.
2. За допомогою якого обладнання можна продемонструвати дослід з кінематики прямолінійного та обертального рухів? Охарактеризуйте його.
3. Які типи лічильників часу використовують для проведення дослідів з механіки? У яких випадках використовують метроном? стробоскоп?
4. Як вводять поняття миттєвої швидкості в шкільному підручнику? Як можна продемонструвати спосіб вимірювання миттєвої швидкості тіла: а) спираючись на означення цієї величини? б)\* спираючись на пояснення до означення: миттєва швидкість — це така швидкість, з якою би рухалось тіло, якщо б, починаючи з заданої миті, рух тіла був рівномірним?
5. Як продемонструвати закон шляхів для рівноприскореного руху?
6. Як проградувати маятниковий акселерометр за допомогою дослідів? \*без виконання дослідів (графічно)?
7. Як проградувати маятниковий тахометр? Поясніть характер шкали тахометра.

8. Які коливання маятника називають малими? \*Як визначити максимальну амплітуду для конкретного маятника, за якої коливання можна вважати малими? Вказівка: задайте спочатку точність, з якою коливання можна вважати малими (за кількістю значущих цифр величини, яку потрібно визначити, щоб з'ясувати чи коливання є малими).

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Продемонструвати досліди на приладі з кінематики і динаміки з рухомим візком (ЗП; Л.5, с.105–106).

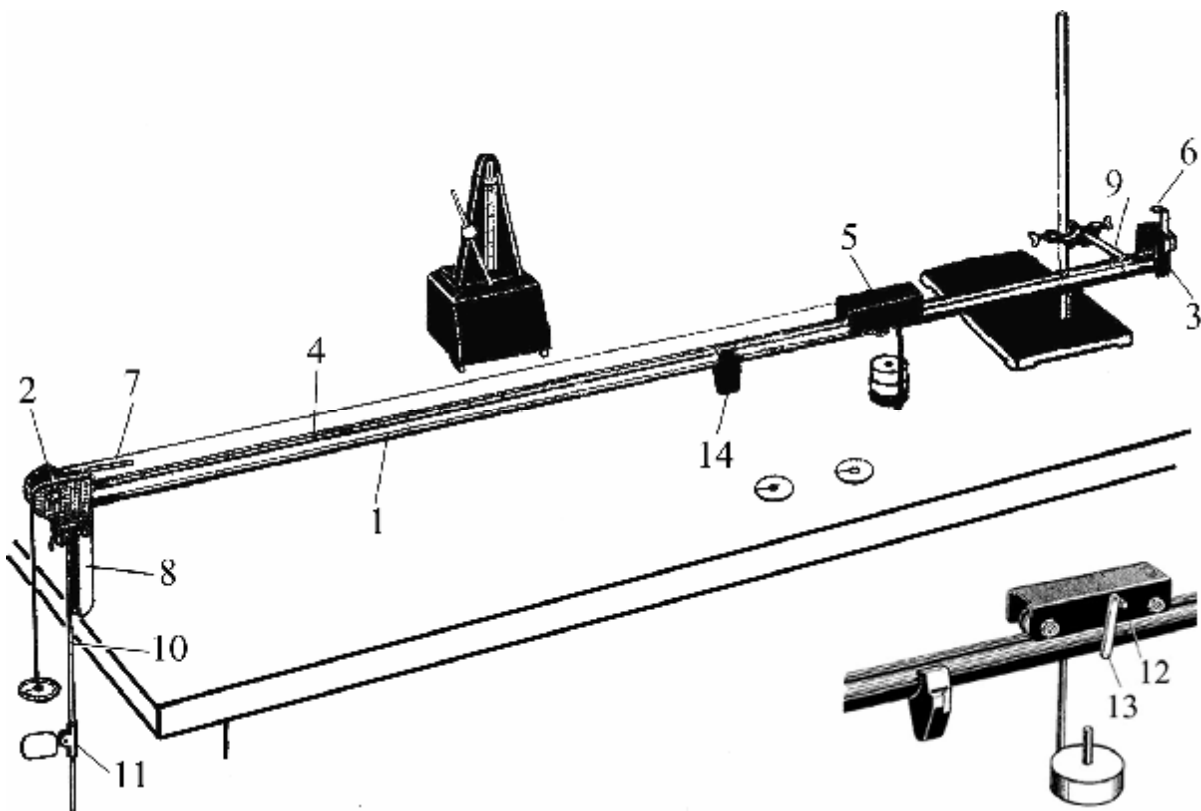


Рис. 1-1. Прилад з кінематики і динаміки з рухомим візком.

Прилад складається (рис. 1-1) зі штанги 1, на одному кінці якої закріплено блок з обіймою 2, на другому — кронштейн 3. Між блоком і кронштейном закріплено рейку 4, по якій рухається двоколісний візок 5 масою 240 г. Візок можна навантажувати додатково спеціальними тягарцями масою по 120 г. На кронштейні вгорі

закріплено гачок 6, який утримує візок у початковому положенні. На блоці закріплено штопор 7, який затримує візок у кінці шляху. Через блок перекинута нитка з шалькою масою 3 г, на яку можна класти тягарці (також по 3 г). Стійка 8 призначена для встановлення приладу в робочому положенні, ручка 9 — для закріплення приладу в муфті штативу. В обоймі блоку є отвір для закріплення стрижня 10 зі столиком 11 для зупинки шальки з тягарцями. У корпус візочка вмонтовано ударник, що складається з бойка 12 з пружиною і важеля 13. Для налаштування механізму ударника необхідно втопити виступаючий кінець бойка в корпус візка і зафіксувати важелем. Під час руху візка кінець важеля зачіпає за фіксатор 14 і повертається, бойок звільняється і вдаряється об корпус візочка з добре чутним звуком.

### **1.1. Визначення миттєвої швидкості прямолінійного руху візка.**

*Перший спосіб* (ґрунтується на означенні миттєвої швидкості). Ідея досліду: необхідно зменшувати відрізок шляху, що містить задану точку, доти, доки значення середньої швидкості на відрізку (визначене з заданою точністю) перестане змінюватися із зменшенням довжини відрізка.

Висоту приладу встановлюють так, щоб візок рухався прискорено. На штанзі приладу крейдою позначають точку, в якій визначатимуть миттєву швидкість, і далі — точки на відстані від неї 20, 40, 60 см і т.д. (можливі й інші значення). Відтак, утворюється декілька проміжків. Гачком фіксують візок у початковому положенні. На столі біля штанги кладуть демонстраційну лінійку. Пускають візок, натиснувши на гачок. Використовуючи електронний секундомір, вимірюють час проходження візком найбільшого проміжку. Повторюють дослід для наступного (меншого) проміжку і т.д. Для кожного проміжку обчислюють середню швидкість. Отримані значення порівнюють між собою. Якщо у двох послідовних проміжках значення швидкості збігаються з точністю до двох значущих цифр, то це значення і є миттєвою швидкістю в заданій точці, визначене з точністю до двох значущих цифр. Під час підготовки досліду важливо підібрати нахил

приладу (або значення проміжків) так, щоб значення миттєвої швидкості із заданою точністю досягалось на двох останніх проміжках.

*\*Другий спосіб* (за інструкцією до приладу).

Нахил приладу підбирають так, щоб після легкого поштовху візок рухався рівномірно. До візка прикріплюють нитку зі столиком для важків і перекидають її через блок (маса — столика 3 г, важків — 3 г і 6 г). До приладу підвішують стрижень з рухомим столиком. Метроном встановлюють на проміжок часу 0,5 с. Одночасно з одним із ударів метронома пускають візок. На шляху, який проходить візок через 2–4 удари метронома, встановлюють фіксатор так, щоб удар метронома точно співпадав зі звуком «кляц» ударника ( $t_1$ ). Далі візок підводять до фіксатора, а пересувний столик (що закріплений на стрижні) піднімають до рівня, на якому перебуває підвішений на нитці столик для важків. Положення фіксатора відмічають крейдою.

Якщо тепер пересунути фіксатор далі (на 30–40 см) так, щоб «кляц» ударника збігався з ударом метронома ( $t_2$ ) і знову пустити візок, то він під дією сили натягу нитки пройде частину шляху рівноприскорено. Але, коли важок потрапляє на столик, сила натягу зникає і візок починає рухатись рівномірно з набутою на зазначеній ділянці шляху швидкістю. Вимірявши відстань від першого положення фіксатора (точка позначена крейдою) до другого (власне фіксатор) і визначивши час руху на цій ділянці ( $t = t_2 - t_1$ ), обчислюють миттєву швидкість візка у позначеній точці.

## **1.2. Перевірка «закону шляхів» для рівноприскореного прямолінійного руху візка.**

Ідея досліду: потрібно показати, що відношення шляхів, які пройшло тіло за умов рівноприскореного руху, починаючи зі стану спокою, дорівнює відношенню квадратів відповідних проміжків часу (це означає, що шлях, який пройшло тіло, рухаючись з постійним прискоренням за початкової нульової швидкості, є прямо пропорційний до квадрату часу цього руху).

На штанзі приладу крейдою позначають дві точки: першу близько початку штанги, другу — близько кінця. Вимірюють і записують значення довжин утворених проміжків  $S_1$  і  $S_2$  (від початкового положення візка до кожної з точок). Пускають візок і вимірюють секундоміром час проходження візком проміжків  $S_1$  і  $S_2$ . Записують отримані значення для  $t_1$  і  $t_2$ . Змінюють значення проміжків  $S_1$  і  $S_2$  і знову вимірюють час  $t_1$  і  $t_2$  (так повторюють два-три рази). Заповнюють таблицю, роблять висновки.

Під час підготовки досліду підбирають значення  $S_1$  і  $S_2$  (або нахил приладу, тобто, прискорення) так, щоб відношення  $t_1^2/t_2^2$  виражалось цілим числом (наприклад, 2 або 3).

\*Повторіть дослід з метрономом замість секундоміра. Зробіть висновки, у якому випадку дослід ефективніший?

У всіх дослідах візок встановлюють в одному і тому ж початковому положенні (поясніть — для чого?).

## 2. Продемонструвати досліди з обертового руху.

Для демонстрування цих дослідів використовують обертовий диск з приладдям (рис. 1-2).

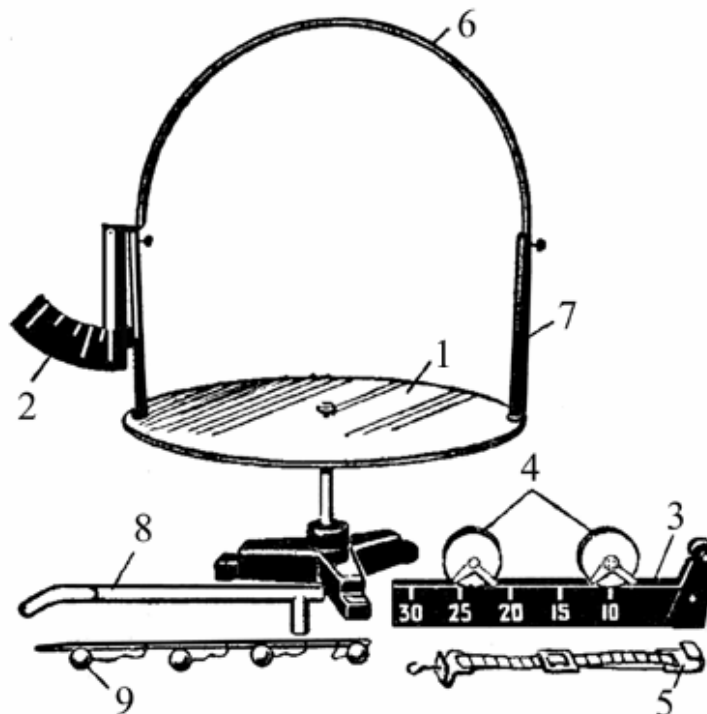


Рис. 1-2. Диск обертовий з приладдям.

До комплекту входять металевий диск 1, тахометр 2, жолоб 3, два сталевих котки 4, вимірювальна стрічка 5, дуга 6, дві стійки 7, трубка з жолобом 8, стрижень з кульками 9. Всі деталі складають у спеціальний ящик.

### **2.1. Вимірювання кутової швидкості маятниковим тахометром з використанням метронома (Л.3, с.107–108).**

Для цього обертовий диск (рис. 1-2) встановлюють горизонтально і на краю диска 1 закріплюють стійку 7, а на ній тахометр 2. Пускають метроном, настроєний на 120 ударів за хвилину, і приводять диск у рух. Підтримують такий рух диску, за якого маятник тахометра чітко вказує на вибрану поділку. Одночасно рахують удари метронома і кількість обертів, які робить диск (працюють два студенти). Обчислюють кутову швидкість.

\* Будують графічно шкалу тахометра, використовуючи малюнок із зображенням сил, що діють на маятник тахометра та другий закон Ньютона для обертового руху. Зіставляють між собою експериментальне і теоретичне значення кута відхилення маятника тахометра за заданої кутової швидкості.

## **3. Досліди з механічних коливань.**

### **3.1. Уведення поняття періоду, частоти, зміщення, амплітуди, фази, швидкості та прискорення гармонічних коливань.**

Приводять у рух математичний маятник. В один з моментів, коли маятник проходить крайнє положення, вмикають секундомір і вимірюють час десяти повних коливань. За отриманими даними обчислюють час одного повного коливання (період) і частоту.

Приводять у рух маятник. Коли кулька опиняється в крайньому лівому або правому положенні, її затримують рукою. Значення найбільшого відхилення кульки від положення рівноваги називають амплітудою, а всіх проміжних відхилень — зміщенням.

Уважно спостерігають за коливанням кульки і з'ясовують, що кулька має максимальну швидкість у момент проходження положення

рівноваги й рівну нулеві в крайніх точках. Прискорення, навпаки, досягає найбільшого значення в крайніх точках, коли напрям руху кульки змінюється на протилежний, і дорівнює нулю при проходженні кулькою положення рівноваги.

Необхідно звернути увагу учнів, що під час коливань маятника кулька в різні моменти часу займає різні положення відносно положення рівноваги. Кожне положення характеризується певним зміщенням та напрямом руху. Одне і те ж положення, крім крайніх, маятник проходить двічі на протязі одного періоду: один раз, рухаючись праворуч, а другий раз — ліворуч. Через кожний період маятник повертається в попереднє положення, а через півперіоду положення відрізняються одне від одного лише напрямом руху. Тому зміщення кульки і напрям її руху відносно положення рівноваги для будь-якого моменту часу характеризують фізичною величиною, яку називають фазою коливань.

### **3.2. Закони коливання нитяного (математичного) маятника (Л.3, с.169–170).**

Щоб показати незалежність періоду коливань від їхньої амплітуди, приводять у рух нитяний маятник і за допомогою секундоміра визначають період коливань маятника; далі збільшують амплітуду коливань і знову визначають період коливань. Роблять висновки.

\*Під час досліду зважайте на точність, з якою ви визначаєте чи коливання є малими. (Колівання можна вважати малими, якщо синус кута максимального відхилення співпадає з кутом, вираженим в радіанах.)

Щоб показати залежність періоду коливань від довжини маятника визначають період коливань для максимальної довжини маятника  $l$ , для довжин  $l/2$ ,  $l/4$ . Роблять висновки.



## **Лабораторна робота № 2**

### **НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ДИНАМІКИ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Які поняття динаміки вводять на першому ступені навчання фізики? Поясніть методику введення цих понять.
2. Як вводять основні поняття динаміки на другому ступені навчання фізики (у старшій школі)?
3. Поясніть логіку і послідовність вивчення основних законів динаміки в середній школі. Які досліди описано в підручниках?
4. Як продемонструвати учням властивість інертності тіл?
5. За допомогою якого обладнання можна продемонструвати досліди з динаміки прямолінійного та обертального рухів? Охарактеризуйте його і поясніть досліди.
6. Як продемонструвати учням другий закон Ньютона, третій закон Ньютона? Поясніть різні варіанти.
7. Як вводять поняття відцентрової сили інерції, сили Коріоліса?

#### ***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ***

**1. Продемонструвати дослідну перевірку другого закону Ньютона на приладі з кінематики і динаміки з рухомим візком (ЗП, с.5–6; Л.5, с.106).**

*Перший спосіб.* Ідея досліду: дослід складається з двох частин — у першій демонструють обернено пропорційну залежність прискорення від маси тіла, а у другій — прямо пропорційну залежність прискорення від сили, що діє на тіло.

Установку складають, як у завданні 1 Л.Р. №1. Нахил рейки підбирають так, щоб візок від легкого поштовху рухався рівномірно. Візок фіксують у початковому положенні гачком і рух візка починається з нульовою початковою швидкістю. Перша частина досліду: силу, що діє на візок, не змінюють (на візок діє сила натягу нитки, яка з великою точністю дорівнює силі тяжіння, що діє на столик масою 3 г), за допомогою секундоміра вимірюють час проходження візком вибраного шляху за трьох значень його маси (240 г — візок без важків; 360 г — з важком 120 г; 480 г — з двома важками по 120 г). Отримані дані записують у таблицю, визначають прискорення візка у кожному випадку.

Друга частина досліду: масу візка залишають сталою, а силу, що діє на візок, змінюють (на столик додатково кладуть важки 3 г і 6 г). Секундоміром вимірюють час проходження візком вибраного шляху. Отримані дані записують у таблицю. Для трьох значень сили визначають прискорення. Узагальнюють результати двох частин досліду і роблять висновки.

*Другий спосіб.* Ідея досліду: визначають експериментально прискорення тіла заданої маси, вимірюючи шлях і час його руху під дією заданої сили; зіставляють його з теоретичним значенням, одержаним за другим законом Ньютона (докладніше дивись пояснення у вступі).

## **2. Продемонструвати третій закон Ньютона за допомогою двох демонстраційних динамометрів.**

### **2.1. Третій закон Ньютона для випадку безпосередньої взаємодії двох динамометрів (Л.6, с.74–75).**

На штативі за допомогою муфт закріплюють два демонстраційні динамометри. Диски динамометрів повертають так, щоб нульова поділка збіглася зі стрілкою. Внутрішні гачки зчіплюють. Муфту верхнього динамометра ослаблюють і, піднявши його угору на 1–2 см, муфту затискають. Стрілки динамометрів відхиляться на однакову кількість поділок, але в протилежних напрямках (один за годинниковою стрілкою, другий — проти). Роблять висновки.

## **2.2. Третій закон Ньютона для випадку взаємодії через середовище (воду).**

Два динамометри закріплюють у штативі один під одним. На нижньому вгорі закріплюють столик і ставлять на нього склянку з водою. До верхнього підвішують на нитці тягарець. Опускають верхній динамометр доти, доки тягарець не зануриться у воду. Спостерігають за показами динамометрів. Роблять висновки. Обговорюють механізм взаємодії через воду.

## **3. Продемонструвати досліди за допомогою обертового диска з приладдям.**

**3.1. Уведення поняття «відцентрова сила інерції»** (ЗП, с.3–5; Л.3, с.106–107; Л.6, с.16–17).

Будова обертового диску описана в завданні 2 Л.Р. №1.

Диск встановлюють горизонтально (див. рис. 1-2) і закріплюють на ньому жолоб 3 з котком 4, який ниткою прикріплений до жолоба. У початковому положенні нитка намотана на ролик жолоба і коток розміщений близько до центру диска. Повільно обертають диск. Під час обертання диска коток котиться вздовж жолоба доти, поки нитка не натягнеться (в процесі руху котка нитка розмотується). Цей прямолінійний рух відносно диска відбувається під дією відцентрової сили інерції. Коли нитка повністю натягнута, коток не рухається вздовж жолоба, а обертається по колу разом із диском. Сила натягу нитки є тією напрямленою до центра силою, яка викривляє траєкторію руху котка, примушуючи його рухатись по колу відносно стола. Наводять інші приклади дії подібних сил.

Звертають увагу учнів, як рухається коток у різних системах відліку: відносно стола — по колу, а відносно диска він нерухомий. Роблять висновок, що в неінерціальній системі відліку, якою є обертовий диск, силу, яка діє на коток з боку натягнутої нитки, зрівноважує якась інша сила. Цю силу називають відцентровою силою інерції.

Вона за модулем дорівнює силі, під дією якої коток рівномірно рухається по колу відносно стола, а напрямлена ця сила до центра.

**3.2. Явище Коріоліса (прояви коріолісової сили інерції)** (ЗП, с.8–10; Л.4, с.82–83).

Диск встановлюють горизонтально (див. рис. 1-2). В одному з отворів закріплюють стійку 7, до якої прикріплюють трубку з жолобом 8 так, щоб її отвір співпадав з центром диску. Металеву кульку «обвалюють» у крейді і за нерухомого диску опускають у трубку. Кулька, викотившись з трубки, буде рухатись горизонтально вздовж радіуса диску і залишить на ньому слід — пряму лінію. Далі повільно обертають диск і повторюють дослід. Траєкторія руху кульки викривляється в бік, протилежний до руху диска. На диску залишається ще один слід — крива лінія. Отримані дані пояснюють, наводять приклади дії сили Коріоліса в природі.

**3.3. Маятник Фуко** (ЗП, с.10–11; Л.4, с.84–85).

На краях горизонтально встановленого диску (див. рис. 1-2) закріплюють дві стійки і з'єднують їх дугою 6, до якої прикріплена кулька на довгій нитці (маятник). Маятник закріплюють так, щоб кулька опинилась точно над центром диску. Маятник приводять у рух, повільно обертають диск і спостерігають, як змінюється площина коливання маятника відносно диска, зауважуючи, що її орієнтація відносно стола залишається незмінною.

## **Лабораторна робота № 3**

### **НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

### **З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Які поняття молекулярної фізики вводять на першому ступені навчання фізики? на другому ступені навчання фізики (у старшій школі)? Поясніть методику введення цих понять.
2. Які є одиниці вимірювання тиску? Який зв'язок між ними?
3. Які межі вимірювання тиску у манометра приладу «вакуумна тарілка»? Як навчити учнів знімати покази манометра?
4. Якою є сила атмосферного тиску, що стискає «магдебурзькі тарелі» (півкулі), якщо площа зовнішньої поверхні кожної з них дорівнює  $200 \text{ см}^2$ ? Чи залежить ця сила від форми поверхні? Поясніть ваші міркування.
5. Як пояснюють у середній школі явище кипіння? Як пояснити зменшення температури кипіння води зі збільшенням висоти над рівнем моря?
6. Які прилади використовують для перевірки законів ідеальних газів? Що таке ідеальний газ з точки зору молекулярно-кінетичної теорії і з точки зору термодинаміки?
7. Яка дія кранів на мановакууметрі? Як перевірити цю дію?
8. Як навчити учнів знімати покази мановакууметра?
9. У яких одиницях доцільно вимірювати добуток  $pV$  під час демонстрування закону Бойля–Маріотта, щоб дослід був наочний? Як спланувати дослід?

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

### **1. Продемонструвати досліди з основ молекулярно-кінетичної теорії.**

**1.1. Дифузія газу крізь пористу перегородку** (Л.7, с.22–24; Л.4, с.254–255; Л.1, с.104–105).

У цьому досліді використовують закритий з усіх боків порожнистий циліндр з пористими стінками. Молекули повітря можуть проникати крізь стінки циліндра всередину і назовні. Для вимірювання тиску в циліндрі його порожнину з'єднують з манометром. У стані динамічної рівноваги тиск усередині циліндра дорівнює зовнішньому тискові, тобто, атмосферному.

Для демонстрування дифузії крізь стінки циліндра беруть скляну посудину, перевертають її догори дном і знизу вносять циліндр у посудину. Після цього напускають у посудину газ (наприклад, з газової мережі, відкривши кран на декілька секунд). Спостерігають за показами манометра. Пояснюють збільшення тиску в циліндрі на початку досліді, наступне зменшення до значень, менших від атмосферного тиску і остаточне вирівнювання тисків усередині і зовні циліндра.

**1.2. Зчеплення свинцевих циліндрів** (Л.7, с.27; Л.3, с.124; Л.1, с.106–107).

Для демонстрування цього досліді використовують свинцеві циліндри *1* (рис. 3-1), кожен з яких має сталеву частину з гачком і свинцеву. Для зачистки свинцевих поверхонь використовують струг, який складається з напрямної трубки *2* і торцевого ножа *3*. Щоб зачистити циліндри, їх по черзі вставляють у напрямну трубу і декілька разів повертають торцевий ніж.

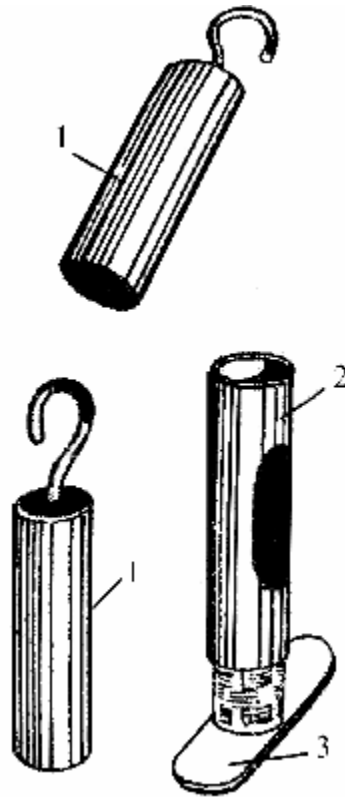


Рис. 3-1. Свинцеві циліндри з пристроєм для їх зачистки.

Для досліду зачищені циліндри стискають торцями, притираючи один до одного, і коли вони міцно з'єднаються, їх підвішують за один з гачків до штатива. До нижнього гачка підвішують шальку (її маса 240 г), на яку кладуть гири. На стіл під шалькою кладуть войлок для амортизації удару. Гири накладають доти, поки циліндри не роз'єднаються. Записують вагу вантажу, що зумовив розрив циліндрів. Пояснюють явище. Ваш дослід буде переконливим, якщо розрив відбудеться за маси вантажу в декілька кілограмів.

## **2. Продемонструвати досліди з використанням форвакуумного насоса.**

### **2.1. Роздування гумової кулі під ковпаком «вакуумної тарілки» (Л.7, с.16–17; Л.1, с.128–129).**

Трохи надуту гумову кулю зав'язують ниткою і кладуть під ковпак «вакуумної тарілки» (рис. 3-2). Тарілку з'єднують з насосом і

викачують з-під ковпака повітря. При цьому куля починає роздуватися. Спостережуване явище пояснюють.

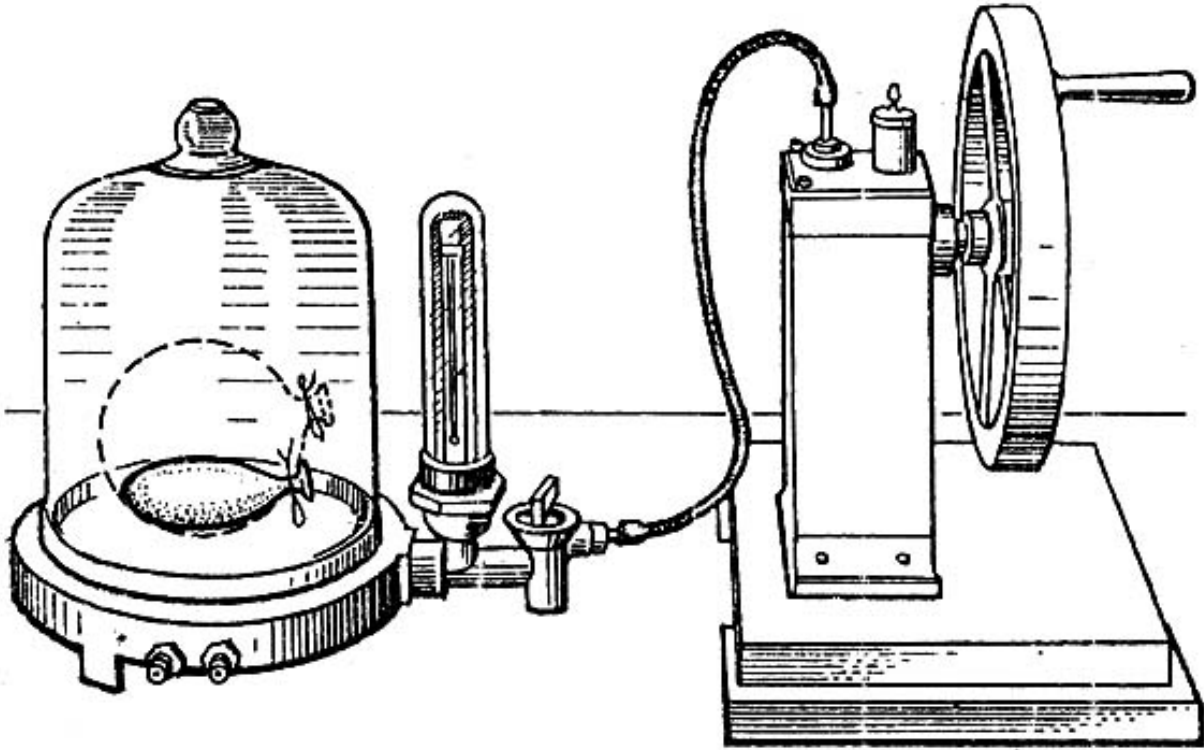


Рис. 3-2. Роздування гумової кулі під ковпаком «вакуумної тарілки».

**2.2. Дія атмосферного тиску на «магдебурзькі тарелі»** (Л.3, с.28–30).

«Магдебурзькі тарелі» це металеві опуклі півкулі з ручками. Змастивши краї тарелів вазеліном, їх щільно притискають одну до другої і з проміжку між тарелями насосом викачують повітря. Від'єднують насос і, тримаючи тарелі за ручки, намагаються їх роз'єднати. Пояснюють спостережуване явище.

**2.3. Кипіння води під ковпаком «вакуумної тарілки» за умов зниженням тиску.**

Під ковпак «вакуумної тарілки» ставлять склянку з водою кімнатної температури. Склянку заповнюють водою лише на третину.



Тарілку з'єднують з насосом і викачують з-під ковпака повітря. Спостерігають за водою у склянці. Через деякий час вода закипає. Записують покази манометра. Обчислюють у паскалях тиск, за якого закипіла вода. Результат зіставляють з табличним значенням тиску насиченої пари для заданої (кімнатної) температури. Роблять висновки.

Дослід можна зробити й для іншої температури кипіння. Якщо у шкільному кабінеті фізики є насос Комовського, за допомогою якого можна викачати повітря до тиску лише 0,5 атмосфери, то воду попередньо треба нагріти і продемонструвати кипіння води за зниженого тиску (0,5 атмосфери) за температури, яка є нижчою від  $100^{\circ}\text{C}$ . З'ясуйте, якою повинна бути ця температура.

### 3. Дослідна перевірка закону Бойля–Маріотта (Л.7, с.34).

Для виконання цього досліду використовують прилад для демонстрування газових законів та манометр (або мановакууметр) (рис. 3-3).

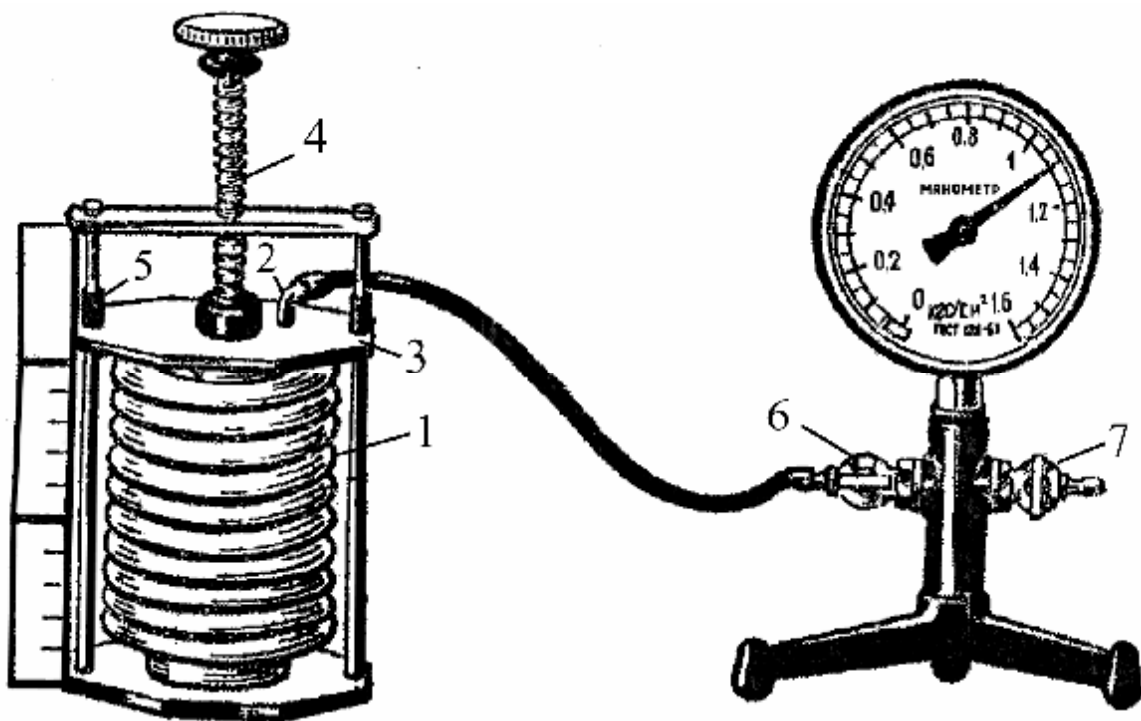


Рис. 3-3. Прилад для демонстрування газових законів і манометр.

Основною частиною цього приладу є закритий гофрований циліндр 1 (сильфон), який з'єднано з зовнішнім повітрям через патрубок 2, впаяний у металеву кришку 3. Сильфон за допомогою гвинта 4 можна розтягувати і стискати. Надмірному розтягуванню перешкоджають трубки-обмежувачі 5. Об'єм повітря в сильфоні вимірюють в умовних одиницях за прикріпленою демонстраційною шкалою з десятима поділками. Вказівником за таких вимірювань є край кришки сильфона 3.

Сильфон з'єднують з манометром. Відкривають обидва крани (кран з'єднання з сильфоном 6 і кран з'єднання з атмосферою 7). Встановлюють початковий об'єм повітря в сильфоні, наприклад, 7 умовних одиниць. Закривають кран 7. Далі змінюють об'єм повітря в приладі і спостерігають за показами манометра. Результати записують у таблицю, проводять обчислення, роблять висновки. Зверніть увагу на точність вимірювання тиску (значення округлюють до найближчої позначки шкали). З якою точністю вдається перевірити закон?

\*З'ясуйте, за яких умов (стискання газу у сильфоні чи його розрідженні) дослід буде переконливішим? Поясніть відмінність у результатах.

## Лабораторна робота №4

### НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ЕЛЕКТРОСТАТИКИ

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. З якими основними поняттями електростатики ознайомлюють учнів на першому етапі вивчення фізики? на другому етапі? в якому класі? Як вводять ці поняття?
2. Яка будова електрометра? Для чого він призначений? Як він діє? Для чого на електрометр насаджують сферичні кондуктори різного розміру?
3. За яким принципом працює електрофорна машина? високовольтний перетворювач? Які напруги можна одержати за допомогою цих пристроїв? В чому їхні переваги і недоліки?
4. Яку напругу треба подавати на вхід високовольтного перетворювача? Яких правил слід дотримуватися для безпечної роботи з високовольтним перетворювачем?
5. Чому напруга 220 В у міській мережі небезпечніша, ніж напруга 25 кВ на виході високовольтного перетворювача?
6. Які умови успішного проведення демонстраційних дослідів з електростатики? Як дотриматися цих умов?
7. Як наелектризувати тіло «через вплив»? Як визначити знак заряду на тілі? Поясніть явища.
8. Чому колесо Франкліна обертається на вістрі, приєднаному до від'ємного полюса високовольтного перетворювача? Чи буде обертатися колесо, якщо його приєднати до додатного полюса? Поясніть.

9. Як продемонструвати залежність електроємності плоского конденсатора від відстані між пластинами і від площі перекриття пластин?

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

#### 1. Продемонструвати досліди для формування понять «електричний заряд» і «електричне поле».

У цих дослідах використовують електрометр (рис. 4-1), який складається з круглого металевого корпусу 1, підставки 2, ізолюючої втулки 3, металевого стрижня 4, стрілки 5, шкали 6, клеми для заземлення 7. До металевого стрижня кріплять кондуктори (великі або малі металеві порожнисті кулі).

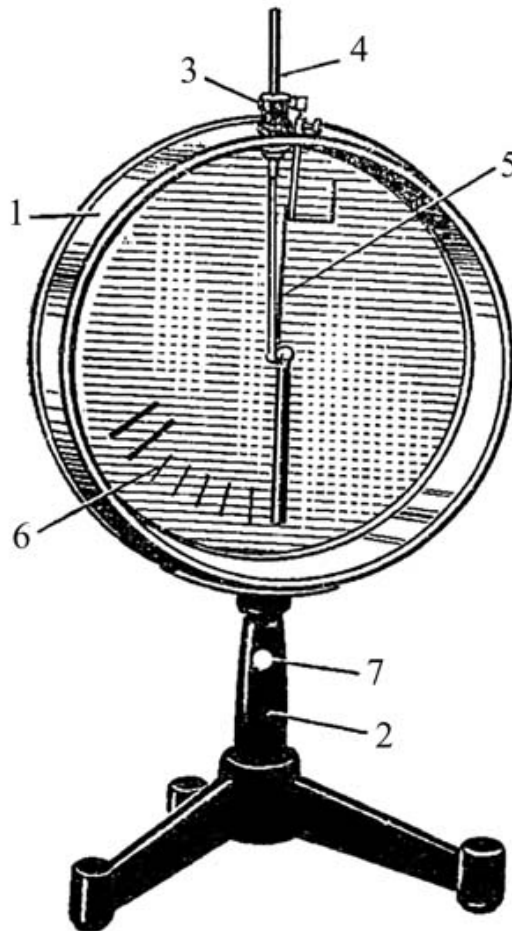


Рис. 4-1. Будова електрометра.

**1.1. Електризація різних тіл (ебоніт, скло, метал, синтетичні плівки) тертям (об хутро, шовк, папір, гуму, тіло руки тощо) і виявлення її за допомогою дрібних клаптиків паперу. Існування двох видів електричного заряду.**

По всій довжині ебонітової палички проводять хутром два-три рази і підносять її до прозорої посудини в якій є дрібні клаптики паперу. Спостерігають, як клаптики «прилипають» до палички. Те ж саме повторюють з різними матеріалами. Дають пояснення і роблять висновки.

За допомогою скляної і ебонітової паличок електризують дві легкі станіолеві гільзи, підвішені на шовкових нитках. Демонструють притягання і відштовхування заряджених гільз. Роблять висновки. Далі проводять досліди на виявлення невідомого знаку заряду наелектризованого тіла, взявши за еталони заряди на скляній і ебонітовій паличках: заряджають електрометр спочатку від однієї палички (наприклад, скляної) і, наближуючи до кондуктора наелектризоване тіло, з'ясовують знак заряду на тілі, потім повторюють те ж саме, зарядивши електрометр від іншої палички. Дослід повторюють з тілом, на якому заряд протилежного знаку. Роблять висновки, пояснюють явище.

## **1.2. Подільність електричного заряду.**

На демонстраційній підставці поруч розміщують два електрометри. Перший заряджають за допомогою ебонітової палички на максимально можливу величину. Провідником на ізолюючій ручці з'єднують заряджений електрометр з незарядженим. Стрілки обох електрометрів відхиляться на однаковий кут. Другий електрометр розряджають і знову провідником на ізолюючій ручці з'єднують електрометри. Стрілки обох електрометрів знову відхиляться на однаковий кут (але менший, ніж у першому випадку). Дослід продовжують до повного зникнення заряду. Роблять висновок про подільність електричних зарядів. Уводять поняття елементарного заряду.

**1.3. Електростатична індукція (електризація «через вплив»)** (Л.3, с.133–137; Л.4, с.314–319; Л.1, с.191–196).

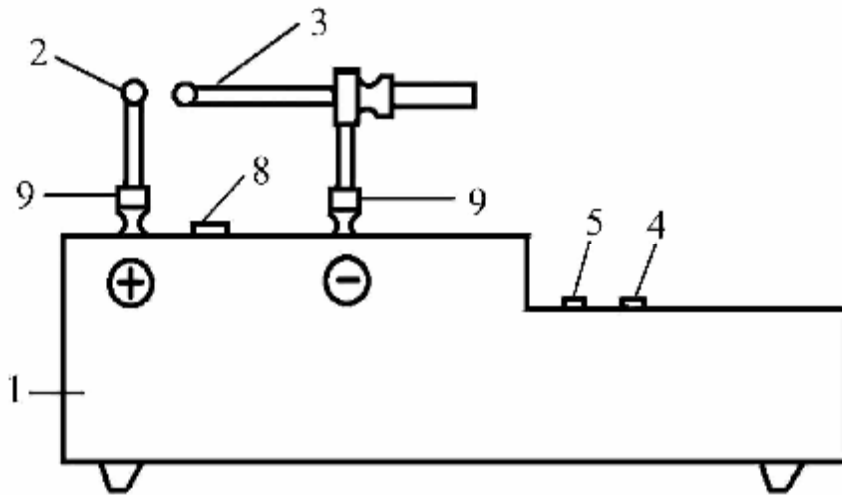
Тертям об хутро заряджають ебонітову паличку, підносять її до кондуктора електрометра, але не торкаються його. Стрілка електрометра відхилиться. Забирають паличку, підносять до кондуктора хутро. Стрілка знову відхилиться. Далі підносять до електрометра добре наелектризовані хутро і паличку одночасно. Стрілка електрометра не відхилиться. Роблять висновок про величину і знак зарядів на паличці та хутрі.

## **2. Досліди з використанням шкільного високовольтного перетворювача.**

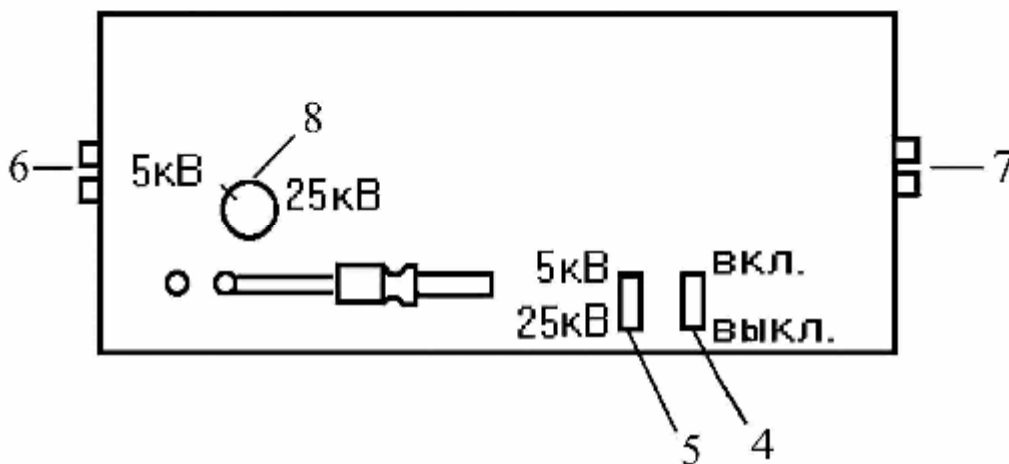
Перетворювач високовольтний шкільний «Розряд-1» використовують для демонстрування дослідів з електростатики та електродинаміки за програмою фізики середньої школи.

На рис. 4-2 схематично зображено перетворювач «Розряд-1». Він складається з корпусу 1, нерухомого борна 2 і рухомого борна 3. Борни кріпляться до корпусу клемми 9. На лицевій панелі розміщені: клавішний вимикач 4 (увімкнення, вимкнення) напруги живлення, дисковий 8 і клавішний 5 перемикачі меж 5 кВ, 25 кВ. На бокових поверхнях розташовані клеми для вмикання живлення 6 і для виходу «5 кВ» 7.

Підготовка приладу до роботи. Приєднати перетворювач (клеми 6) до джерела постійної напруги (випростувач  $\sim 220$  В/ $-12$  В) відповідно до вказаної на його клеммах полярності. Якщо вихідна напруга випростувача перевищує 13–17 В, спрацьовує захист і прилад «Розряд-1» вимикається. Для отримання вихідної напруги клавішний і дисковий перемикачі встановлюють у відповідне положення (5 кВ або 25 кВ). Для цього дисковий перемикач виймають з гнізда і встановлюють так, щоб стрілка диску збіглася з відповідним маркуванням.



Вигляд збоку



Вигляд зверху

Рис. 4-2. Схематичне зображення високовольтного перетворювача «Розряд-1».

*Правила безпечної роботи з приладом:* а) не торкатись високовольтних елементів схеми; б) після кожного дослідів знімати залишкову напругу на борнах (торкнутись одним борном до іншого); в) не торкатись одним борном до іншого під час роботи приладу.

### **2.1. Іскровий розряд у повітрі (ЗП; Л.5, с.47–48).**

Борни високовольтного перетворювача «Розряд-1» розсунути на максимально можливу відстань. Встановити вихідну напругу 5 кВ. Рухомий борн наближати до нерухомого. У момент проскакування іскри зупинити рухомий борн. Вимкнути прилад. Виміряти відстань між борнами. Встановити напругу виходу 25 кВ і повторити дослід. Порівняти величини отриманих відстаней, зробити висновок.

### **2.2. Демонстрування силових ліній електростатичного поля за допомогою одного та двох султанів (Л.1, с.199) \*та за допомогою приладу для демонстрування спектрів електричного поля (ЗП).**

Султани, закріплені на ізолюючих штативах, заряджають від приладу «Розряд-1». Для цього стовпчики султанів з'єднують провідником з клемми 9 приладу (див. рис. 4-2). Спочатку демонструють дослід з одним зарядженим султаном і звертають увагу на радіальне розташування паперових смужок. Далі заряджають два султани одноіменними зарядами, а потім різнойменними. Звертають увагу на характер викривлення смужок за умов відштовхування та притягання.

\*Силові лінії електростатичного поля демонструють за допомогою приладу для демонстрування спектрів електричного поля (рис. 4.3). Цей прилад складається з прозорої ванночки у пластмасовому корпусі, двох затискачів, які з'єднані з контактними пластинами і розташовані на корпусі, а також електродів різної форми. До роботи прилад готують так. Електроди одним кінцем опирають на контактні пластини, а іншим — опускають у ванночку. У ванночку тонким шаром наливають вазелінову олію і насипають частинки манної крупи. Затискачі приладу з'єднують провідниками з борнами «Розряду-1». Надавши електродам у ванночці заряду, спостерігають спектр електричного поля. Дослід повторюють, змінивши електроди. Отриману у ванночці картину можна спроектувати на екран за допомогою приладу ФОС-67 (див. Л.Р. №13, п.1.2).



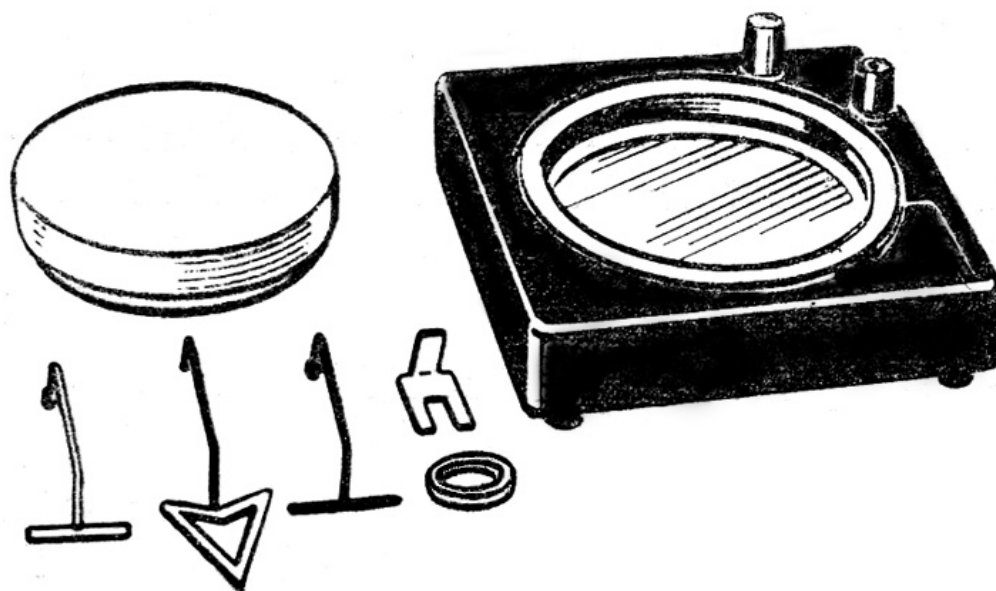


Рис. 4-3. Прилад для демонстрування спектрів електричного поля.

**2.3.\* Демонстрування еквіпотенціальної поверхні** (Л.1, с.201–202; Л.4, с.319–320).

Порожнистий конусоподібний кондуктор (провідник) закріплюють на ізолюючому штативі й за допомогою приладу «Розряд-1» заряджають його. Кульку на ізолюючій ручці довгим гнучким провідником з'єднують із металевою трубкою електрометра. Корпус електрометра заземлюють. Кулькою торкаються зарядженого кондуктора й переміщують її по всій поверхні (зовнішній та внутрішній). Спостерігають за показами електрометра, які не змінюються, тобто поверхня зарядженого кондуктора всюди має однаковий потенціал.

**2.4. Обертання колеса Франкліна та «електричний вітер»** (Л.1, с.192–193; Л.5, с.169).

На рис. 4-4 зображено колесо Франкліна — це металева пластинка з двома загостреними кінцями й невеликим отвором у центрі. Для демонстрування досліду колесо встановлюють отвором на вістря, яке закріплене в ізолюючому штативі. Вістря з'єднують провідником із від'ємним полюсом «Розряду-1». Умикають прилад на

25 кВ і спостерігають за обертанням колеса. Далі вимикають прилад і за допомогою провідника приєднують кульку на ізолюючій ручці до додатного полюса «Розряду-1». Знову вмикають прилад і обережно підносять кульку до колеса. Спостерігають за обертанням колеса, роблять висновки, пояснюють явище.



Рис. 4-4. Колесо Франкліна.

\*Який дослід потрібно провести для підтвердження того, що обертання колеса Франкліна обумовлене стіканням з вістря саме від'ємного, а не додатного заряду? Адже колесо також обертається, якщо його з'єднати з додатним полюсом високовольтного перетворювача. Виконайте цей дослід.

Для демонстрування «електричного вітру» вістря закріплюють у штативі горизонтально, навпроти його розташовують полум'я свічки. Вістря приєднують до від'ємного полюса високовольтного перетворювача і спостерігають за відхиленням полум'я — «електричним вітром». Пояснюють явище. (Що станеться, якщо вістря приєднати до додатного полюса?)

### **2.5. Коливання підвішеної на шовковій нитці провідної кульки в електричному полі (Л.3, с.138).**

Пластини плоского конденсатора приєднують до різнойменних полюсів «Розряду-1», відстань між ними встановлюють 7–9 см. Кульку, що прикріплена до штатива на довгій нитці, опускають між пластини конденсатора так, щоб вона була посередині пластин. Умикають прилад на напругу 25 кВ. Спостерігають за коливаннями кульки. Змінюють довжину нитки і знову спостерігають за коливаннями кульки. Роблять висновки, пояснюють явище.

### **3. Демонстрування залежності електроємності плоского конденсатора від відстані між пластинами та площі перекриття пластин (Л.1, с.204–205; Л.4, с.324–325).**

Пластини плоского конденсатора закріплюють на ізолюючих штативах так, щоби вони були паралельні одна до одної, і розсувають їх на відстань 2–3 см. До пластин приєднують електрометр: одну пластину з'єднують зі стрижнем електрометра, другу — з корпусом. За допомогою кульки на ізолюючій ручці заряджають пластину, з'єднану зі стрижнем електрометра. Далі, не змінюючи відстані між пластинами, зсувають одну з них у бік. Спостерігають за збільшенням показів електрометра. Повертають пластину в початкове положення і спостерігають зменшення показів електрометра. Роблять висновки.

Зберігаючи паралельність пластин, змінюють відстань між ними, наближаючи або віддаляючи одну з пластин. Спостерігають за показами електрометра. Роблять висновки.

## Лабораторна робота №5

### НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ПОСТІЙНИМ СТРУМОМ

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Як вводять поняття постійного електричного струму в середній школі? Які є джерела постійного струму?
2. Яке джерело постійного струму використовують в цій лабораторній роботі? Які його характеристики?
3. Якими способами можна продемонструвати закон Ома для ділянки кола? (Як можна «відкрити» з учнями закон Ома, а як — проілюструвати?)
4. Як вводять поняття електричного опору?
5. Які особливості будови демонстраційних вольтметра і амперметра?
6. Як спланувати дослід з перевірки закону Ома для ділянки кола? (Як визначити межі значень сили струму і напруги та підготувати вимірювальні прилади?)
7. Яка електрична схема для демонстрування закону Ома з використанням джерела з регульованою напругою? з нерегульованою напругою?
8. Як продемонструвати учням залежність опору металу від температури? Які метали доцільно використовувати для цього досліді?
9. Як спланувати дослід для демонстрування односторонньої провідності діода?

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**1. Продемонструвати закон Ома для ділянки електричного кола, що не містить ЕРС (Л.1, с.216–217; Л.5, с.177–178).**

Джерело живлення демонстраційне ИПД-1 (рис. 5-1) перетворює змінну електричну напругу 220 В (частота 50 Гц) у постійну плавно регульовану напругу від 0 В до 12,6 В (сила струму до 2 А) та постійну нерегульовану напругу 12,6 В (сила струму до 0,5 А). На передній панелі приладу розміщені дві пари затискачів для підключення плавно регульованої від 0 В до 12,6 В напруги (ліворуч) та нерегульованої напруги 12,6 В (праворуч) до кіл постійного електричного струму, а також ручка плавного регулювання напруги, вольтметр, що показує подану в коло регульовану напругу, індикатор вмикання (біла лампочка), індикатор перевантаження (червона лампочка).

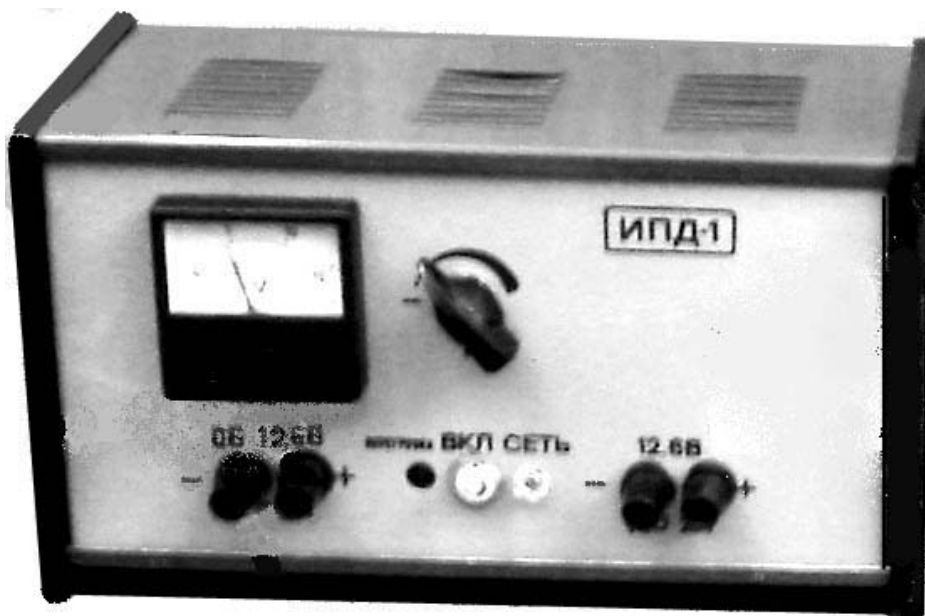


Рис. 5-1. Джерело живлення демонстраційне ИПД-1.

Амперметр і вольтметр демонстраційні (рис. 5-2) однакові за своєю будовою. Вони складаються з вимірювального механізму магнітоелектричної системи  $M$ , змінних шкал  $Шк$ , які кріпляться до пластмасових планок  $Пл$ , фонової шкали  $Фш$ , напівпровідникового випростувача (в середині приладу), змінних додаткових опорів  $C$  у вольтметрі або змінних шунтів  $Ш$  в амперметрі, які закріплюють до затискачів  $З$ .

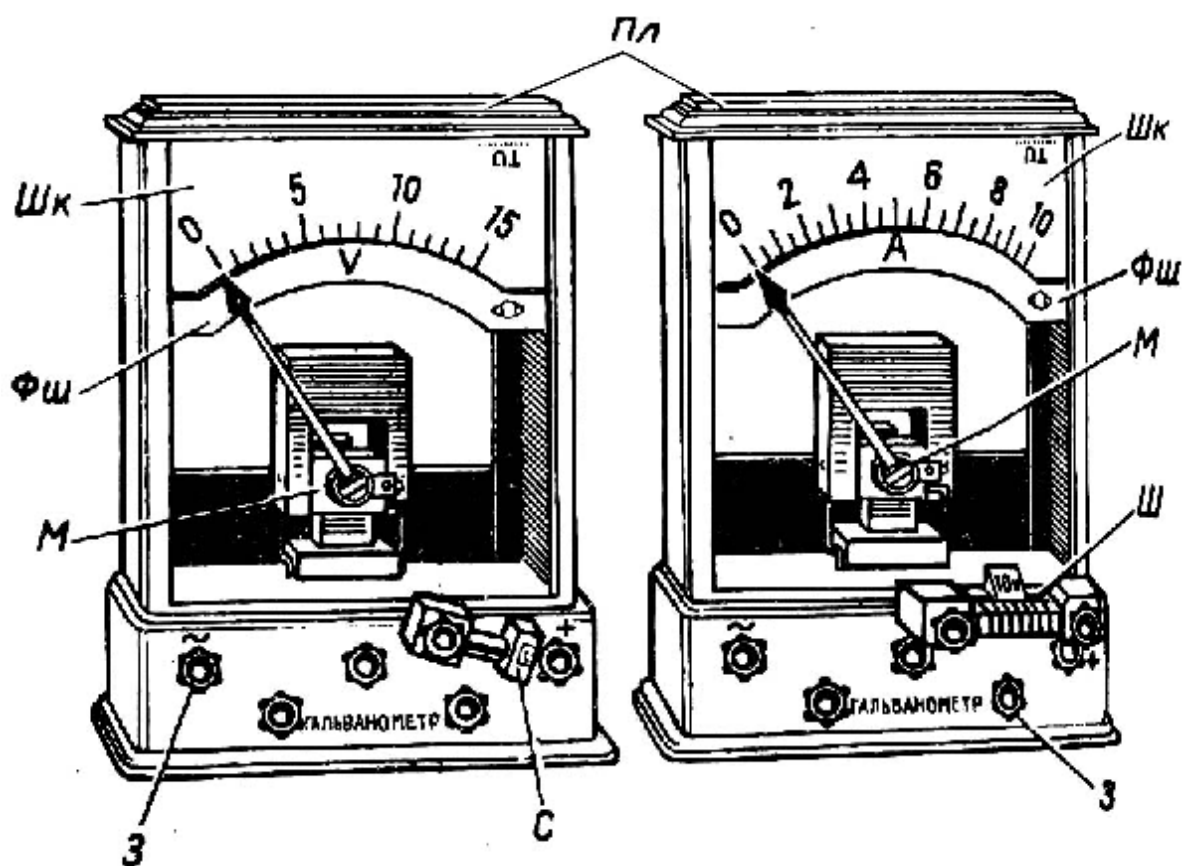


Рис. 5-2. Будова демонстраційного вольтметра та амперметра.

На передній панелі приладів розміщено п'ять затискачів. Три верхніх одного кольору, два нижніх — іншого. У крайнього лівого верхнього затискача є позначка «~», у крайнього правого — позначка «+». Відповідно до позначок відбувається вмикання приладів у коло змінного чи постійного струму, причому середній затискач використовують в обох випадках. Між нижніми затискачами є напис: «Гальванометр».

На зворотному боці приладу розташований коректор, обертанням якого встановлюють стрілку амперметра чи вольтметра у вихідне нульове положення. Там же є висувна шухлядка, в якій зберігаються додаткові опори або шунти.

Демонстраційний амперметр як амперметр постійного струму має дві межі вимірювань: 3 А, 10 А. Відповідно прилад має дві робочі шкали та два шунти. Як амперметр змінного струму прилад має також дві межі вимірювань (3 А, 10 А), відповідні шкали і шунти. Як гальванометр, прилад є чутливим до струму. Максимальний вимірювальний струм 0,25 мкА. Ціна поділки гальванометра вказана на його шкалі (шкала з позначкою «Г»).

Демонстраційний вольтметр як вольтметр постійного струму має дві межі вимірювань: 5 В, 15 В. Відповідно прилад має дві робочі шкали, вони позначені знаком «-». Для вимірювання у цих межах напруг до приладу додано два додаткові опори, на них нанесені відповідні позначки: «- 5 В», «- 15 В». Додатковий опір приєднують до клеми із значком «+».

Демонстраційний вольтметр як вольтметр змінного струму має дві межі вимірювань: 15 В, 250 В. Відповідно прилад має дві робочі шкали, вони позначені знаком «~». Для вимірювання у цих межах напруг до приладу додано два додаткові опори, на них нанесені відповідні позначки: «~ 15 В», «~ 250 В». Додатковий опір приєднують до клеми із значком «~».

Значення кожного додаткового опору, як для змінного, так і для постійного струму, підібрано індивідуально до приладу. Тому на корпусі опору нанесено номер приладу.

Демонстраційний вольтметр як гальванометр постійного струму є чутливим до напруги. Максимальна вимірювана напруга 10 мВ. Ціна поділки гальванометра вказана на його шкалі (шкала з позначкою «Г»).

Для виконання демонстраційного експерименту складають установку, зображену на рис. 5-3.

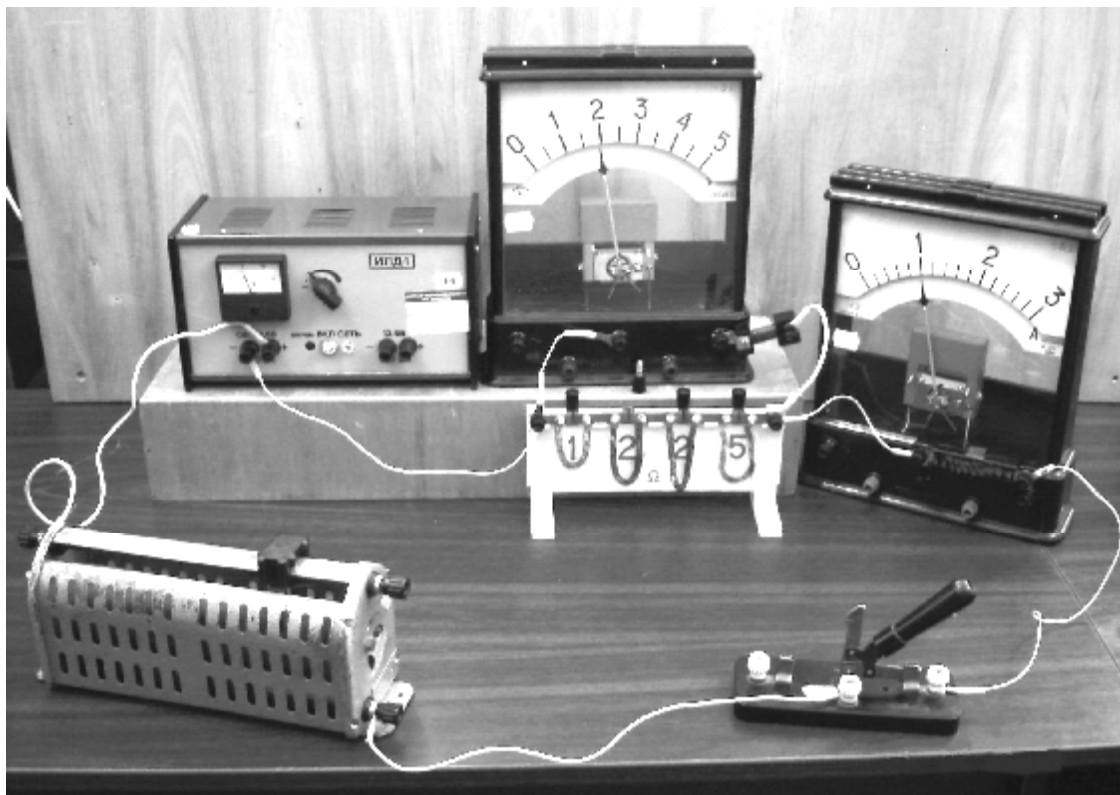


Рис. 5-3. Установка для перевірки закону Ома для ділянки кола.

У першій частині експерименту демонструють прямопропорційну залежність між струмом і напругою за постійного опору ділянки. Для цього в коло вводять постійний опір, наприклад, 2 Ом і за допомогою регулятора напруги на джерелі живлення ИПД-1 встановлюють на затискачах магазину опорів напругу 3 В. При цьому амперметр покаже 1,5 А. Далі зменшують напругу до 2 В, 1 В, і щоразу покази амперметра і вольтметра записують у таблицю 1. На підставі отриманих результатів роблять висновок.

У другій частині експерименту демонструють оберненопропорційну залежність між силою струму та опором ділянки. Для цього встановлюють постійну напругу в колі, наприклад, 2 В, а на магазині опорів — опір 4 Ом. При цьому амперметр покаже 0,5 А. Далі зменшують опір магазину і щоразу встановлюють напругу 2 В. Покази амперметра записують у таблицю 2. Роблять висновок.



Таблиця 1.

Опір ділянки 2 Ом	
Напруга, В	Сила струму, А
3	1,5
2	1
1	0,5

Таблиця 2.

Напруга 2 В	
Опір, Ом	Сила струму, А
4	0,5
2	1
1	2

На основі даних двох дослідів роблять загальний висновок.

## **2. Продемонструвати залежність опору металевго провідника від температури (Л.1, с.219–220, с.272–274).**

Установку складають з послідовно з'єднаних джерела постійної напруги ИПД-1, лампочки на 12 В і сталевго дротини діаметром 0,3–0,5 мм та довжиною 0,5 м. Дротину закручують у тонку спіраль. У коло подають напругу 5–7 В, при цьому в лампочки світиться спіраль. Далі запалюють газовий пальник (або сухий спирт, або отримують будь-яке інше полум'я) і підносять його до дротини так, щоб якомога більше витків дротини потрапили в полум'я. Спостерігають за спіраллю, через 0,5–1 хв. вона повністю згасне. Роблять висновки.

## **3. Продемонструвати односторонню провідність напівпровідникового діода (Л.1, с.283–286).**

Складають послідовне коло з таких приладів: джерело живлення ИПД-1, амперметр демонстраційний, реостат з максимальним опором 3000 Ом, діоди демонстраційні на панелі. Оскільки в наборах шкільних приладів немає реостату з заданим опором, то як реостат використовують додатковий опір до демонстраційного вольтметра «~ 250 В». Діод умикають у пропускну напрямі, тобто «+» діода

приєднують до позитивного полюса джерела живлення, «-» — до негативного полюса джерела. У коло подають напругу 3–5 В. Амперметр зареєструє струм 80–100 мкА. Змінюють полярність умикання діода і в коло подають напругу 10–12 В, амперметр показує нульовий струм. Дають пояснення на підставі властивостей *p-n*-переходу.

#### **4\*. Продемонструвати закон Ома для повного кола.**

Сплануйте експеримент самостійно, взявши за джерело електричну батарейку та використані вами в попередніх дослідах прилади.

## Лабораторна робота №6

### НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Як вводять поняття магнітного поля в курсі фізики середньої школи?
2. За допомогою чого можна виявити магнітне поле? Що є джерелом магнітного поля?
3. Поясніть дослід Ерстеда. З яких елементів складають електричне коло і за яким принципом добирають приладдя для цього досліду? У якому напрямі слід розмістити провідник із струмом? Чому? Де розміщують магнітну стрілку? Чому?
4. Який принцип дії магнітного зонда? Як і до чого його слід під'єднати? У якому напрямі слід розташувати вісь магнітного зонда у заданій точці простору, щоб відхилення стрілки гальванометра було максимальним?
5. Який закон описує дію магнітного поля на провідник зі струмом? Сформулюйте його. Який дослід на виявлення сили Ампера описано в підручнику для середньої школи?
6. Як пояснюють явище електромагнітної індукції в середній школі? Які досліди, що демонструють це явище, описані в підручнику? Який закон описує це явище? Сформулюйте його.
7. Поясніть правило Ленца. Як його можна продемонструвати?
8. Що таке струми Фуко? Як їх можна продемонструвати за допомогою універсального трансформатора з набором додатків?

9. Як пояснюють явище самоіндукції в середній школі? Які найпростіші електричні кола можна скласти для демонстрування цього явища? За яким принципом добирають приладдя для цих дослідів?

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

#### **1. Продемонструвати досліди з магнітним полем струму.**

##### **1.1. Виявлення магнітного поля прямолінійного провідника із струмом за допомогою магнітної стрілки (Л.4, с.360).**

Мідний ізольований провідник довжиною 60–80 см, що натягнутий між двома штативами, розміщують у площині магнітного меридіана і вмикають у послідовне електричне коло, яке складається з релостата (10 Ом), демонстраційного амперметра, джерела живлення (ВСА-10А) і вимикача. Під провідником на відстані 2–3 см розміщують демонстраційну магнітну стрілку. При пропусканні через провідник струму в декілька ампер магнітна стрілка повертається. Звертаємо увагу на величину кута повороту і напрям повороту. Далі, взявши стрілку за підставку, розміщуємо її над провідником на відстані 2–3 см. У цьому випадку стрілка відхилиться в напрямку, протилежному до того, який ми спостерігали в попередньому варіанті досліду, а величина кута відхилення не зміниться.

Далі демонструємо зміну напрямку відхилення стрілки за зміни напрямку електричного струму в провіднику. Під час зміни напрямку струму стрілка амперметра повинна відхилитися в протилежний бік. Тому під час підготовки досліду замість шкали постійного струму (з нулем на початку шкали) беруть шкалу гальванометра (з нулем посередині шкали) і за допомогою коректора виставляють стрілку амперметра на нуль посередині шкали. Щоб покази амперметра, зняті за шкалою гальванометра, були правильні, необхідно попередньо зіставити між собою обидві шкали і визначити в такий спосіб ціну поділки амперметра в амперах на шкалі від гальванометра.

**1.2. Застосування магнітного зонда (індикатора магнітної індукції) для дослідження магнітного поля постійного магніту та магнітного поля Землі (Л.5, с.211; Л.1, с.308–311).**

Магнітний зонд використовують для якісного порівняння модуля вектора магнітної індукції різних магнітних полів. Схема приладу зображена на рис. 6-1, а загальний вигляд на рис. 6-2.

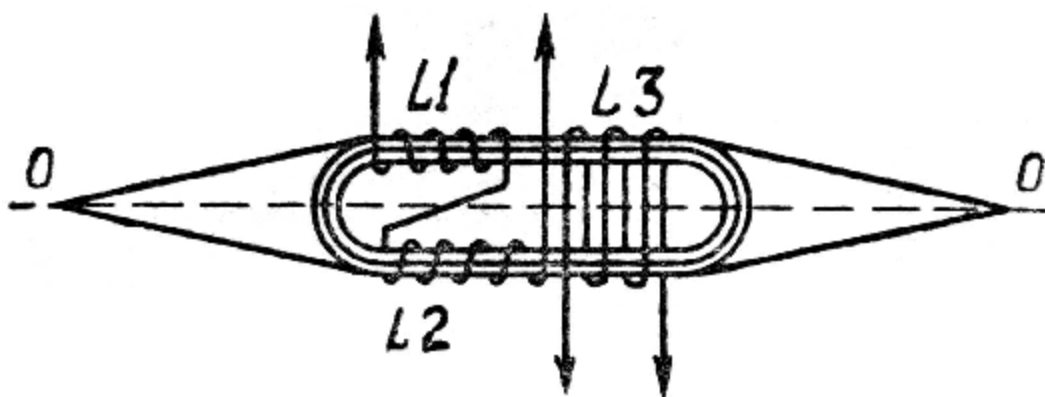


Рис. 6-1. Схема будови магнітного зонда.

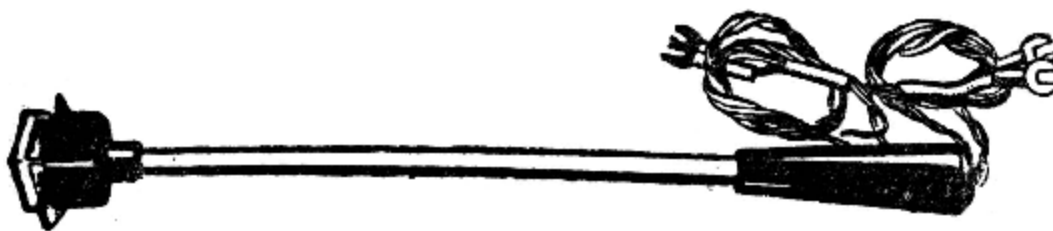


Рис. 6-2. Загальний вигляд магнітного зонда.

На сердечник з пермалоевої стрічки намотано дві однакові обмотки  $L1$  і  $L2$  таким чином, що при пропусканні по них змінного струму від звукового генератора магнітні потоки завжди напрямлені назустріч і компенсують один одного. Поверх цих обмоток намотана обмотка  $L3$ . Якщо складова вектора магнітної індукції зовнішнього магнітного поля вздовж осі  $OO$  не дорівнює нулю, то магнітні потоки, створені котушками  $L1$  і  $L2$ , не компенсують один одного, що

зумовлено нелінійністю кривої намагнічення. Це спричиняє зміну магнітного поля і виникнення ЕРС в котушці  $L_3$ . Чим більший вектор індукції зовнішнього магнітного поля, тим більша ЕРС. ЕРС в котушці  $L_3$  максимальна, коли напрям осі  $OO$  збігається з напрямом вектора магнітної індукції зовнішнього поля.

Готуючи магнітний зонд до роботи, необхідно приєднати кінці обмоток  $L_1$  і  $L_2$  з позначенням «ЗГ» до вихідних затискачів «Общ» і «600 Ом» звукового генератора, а кінці обмотки  $L_3$  з позначенням «Г» — до затискачів змінного струму гальванометра від демонстраційного амперметра. На звуковому генераторі встановлюють частоту від 1000 до 2000 Гц. Готовий до вимірювань магнітний зонд тихо звучить.

Для демонстрування досліду зонд розміщують поблизу полюса постійного прямого магніту. Потрібну частоту добирають експериментально такою, щоб прилад і не «зашкалював», і щоб ефект був помітним. Найбільше відхилення стрілки гальванометра спостерігають, коли зонд розташований вздовж ліній індукції. Якщо зонд розташований перпендикулярно до ліній, то стрілка стоїть на нулю. При віддаленні від магніту індукція магнітного поля меншає, відповідно меншають і покази гальванометра.

Для дослідження магнітного поля Землі встановлюють потрібну частоту коливань на звуковому генераторі, зонд розміщують у просторі так, щоб відхилення стрілки гальванометра було максимальним. У цьому разі розташування зонду збігається з магнітним меридіаном Землі (сплануйте дослід самостійно).

## **2. Продемонструвати досліди з електромагнітної індукції.**

**2.1. Виявлення індукційного струму в котушці, яку пронизує змінне магнітне поле (Л.4, с.384–385; Л.1, с.317–318).**

До гальванометра приєднують котушку на 220 В від універсального трансформатора (рис. 6-3) і збуджують у ній індукційний струм рухом прямого магніту.

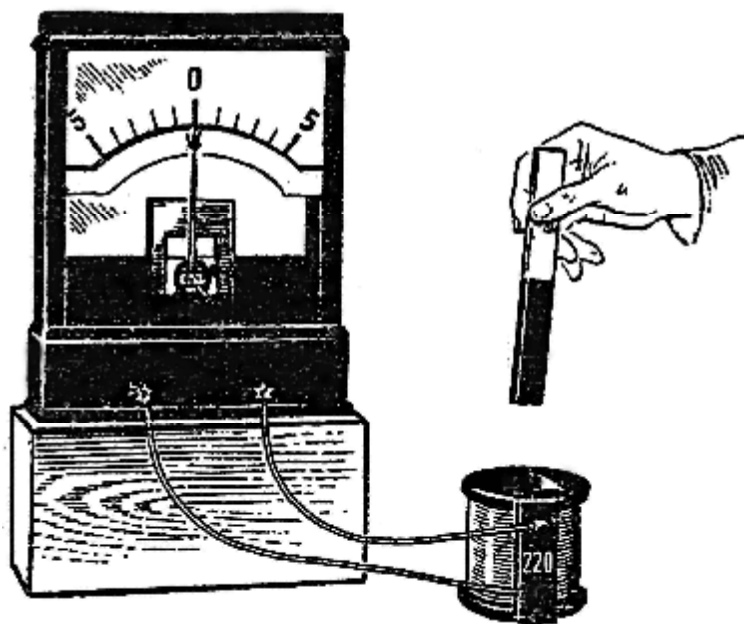


Рис. 6-3. Індукція струму в котушці.

Показують, що за повільного руху магніту відхилення стрілки незначне, а за швидкого — стрілка відхиляється більше. Складають разом одноіменними полюсами два магніти і отримують за попередньої швидкості їхнього руху більший індукційний струм. Визначають напрям магнітного поля індукційного струму в котушці (за відхиленням стрілки гальванометра та за ходом намотування витків соленоїда) й порівнюють його з напрямом поля магніту при введенні в котушку та при вийманні. Пояснюють за правилом Ленца.

**2.2. Вихрові струми в суцільних масивних провідниках** (Л.3, с.163–164; Л.1, с.317–318).

Вихрові струми демонструють за допомогою маятника Вальтенгофена (рис. 6.4), що входить до набору «Універсальний трансформатор». Для цього на суцільне осердя 2 встановлюють котушку індуктивності (120/220 В) 1 і закріплюють конусні наконечники 3, залишивши між ними щілину 4–5 мм. Далі під одну з контргайок 4 кріплять кронштейн 6 маятника, на стрижні 7 якого закріплюють гайкою алюмінієву пластинку без прорізів 5 і забезпечують її вільні коливання в щілині між конусними наконечниками.

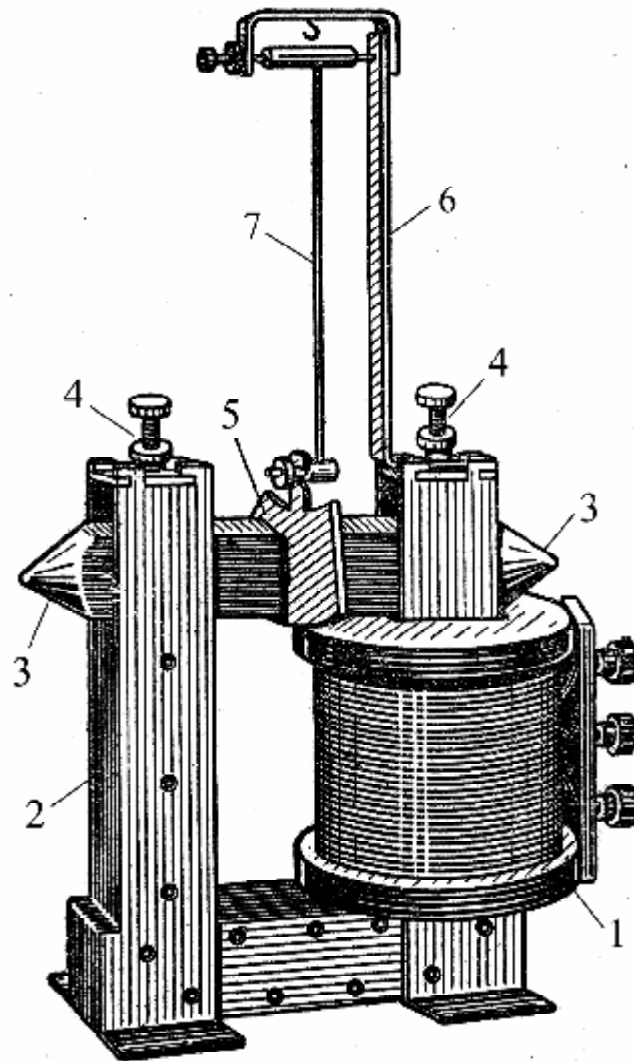


Рис. 6-4. Маятник Вальтенгофена.

Приводять маятник у коливання, не підключаючи обмотку котушки до джерела струму. Спостерігають, що маятник коливається досить довго з малим загасанням. Далі знову приводять маятник у коливання, вмикають струм і спостерігають швидке загасання коливань. Якщо замінити суцільну пластинку на пластинку з прорізами, то коливання маятника загасають після вмикання струму набагато повільніше, ніж за суцільної пластини. Дослід засвідчує, що маятник зупиняють вихрові струми, які індукуються в пластинці без прорізів (у пластинці з прорізами індукуються дуже слабкі вихрові струми).



**3. Продемонструвати явище самоіндукції при замиканні електричного кола постійного струму (Л.5, с.221–224; Л.4, с.388–389; Л.3, с.165–166; Л.1, с.322–323).**

Для демонстрування досліду складають електричну схему, яка зображена на рис. 6-5. Ця схема має дві паралельні гілки з однаковими лампами  $L1$ ,  $L2$  на 3,5 В і 0,28 А. Послідовно з лампою  $L1$  ввімкнено реостат  $R$  з опором не менше 50 Ом, а з лампою  $L2$  — котушку індуктивності  $L$  (127/220 В) від універсального трансформатора з замкнутим осердям. Для живлення схеми використовують джерело постійного струму ЛІП-90 з напругою 4 В.

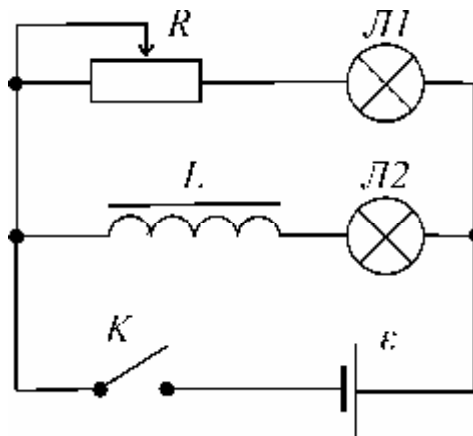


Рис. 6-5. Схема для демонстрування явища самоіндукції.

За допомогою реостату домагаються, щоб обидві лампи горіли однаково. При вмиканні струму лампи засвічуються не одночасно: лампа  $L1$  засвічується в момент вмикання, а лампа  $L2$  — із запізненням приблизно на 1 с. Цим дослідом доводять, що під час замикання кола навколо осердя індукується вихрове електричне поле, яке протидіє зростанню струму в котушці. Дослід повторюють декілька разів.

## **Лабораторна робота №7**

### **НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ ЗІ ЗМІННИМ СТРУМОМ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Як вводять поняття змінного струму в середній школі? Які вводять поняття, що характеризують змінний струм, на другому ступені навчання фізики? Поясніть методику введення цих понять.
2. Яка будова генератора змінного струму? Як пояснити будову генератора змінного струму на його демонстраційній моделі?
3. Коли для демонстрування змінного струму, який отримують за допомогою демонстраційного генератора, можна використовувати гальванометр постійного (а не змінного) струму? Чому гальванометр від демонстраційного вольтметра (а не амперметра) вмикають у коло послідовно (як амперметр)? З яких міркувань добирають реостат для цього досліду?
4. Як пояснити дію найпростішого напівпровідникового випростувача для двопівперіодного випрямлення змінного струму? З яких міркувань добирають трансформатор для демонстрування двопівперіодного випрямлення?
5. Як вводять поняття індуктивного опору в колі змінного струму? Як можна продемонструвати залежність цього опору від індуктивності котушки?
6. Як вводять поняття ємнісного опору в колі змінного струму? Як можна продемонструвати залежність цього опору від ємності конденсатора?

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**1. Продемонструвати досліди для введення поняття змінного електричного струму.**

**1.1. Одержання змінного електричного струму за допомогою демонстраційного генератора і виявлення його демонстраційним гальванометром (Л.4, с.451–451; Л.3, с.198; Л.2, с.43–44).**

Демонстраційний генератор складається зі статора і ротора. Статор — це три рамки, на кожную з яких намотано 150–200 витків дроту. Кожна рамка пофарбована в інший колір: червоний, жовтий, зелений. Кінці рамки приєднані до затискачів відповідного кольору. Ротор — це закріплений на вал постійний магніт, полюси якого зафарбовані у червоний та синій кольори. Вал ротора можна обертати за допомогою ручки або мотора через пасову передачу.

Для демонстрування досліду складають послідовне електричне коло, до якого входять демонстраційний генератор, гальванометр постійного струму від демонстраційного вольтметра (будову див. ЛР №5), реостат з опором 100 Ом. Повільно обертаючи магніт ротора, спостерігають за відхиленням стрілки гальванометра то в один, то в інший бік. Це свідчить про те, що сила струму змінюється і за напрямом і за модулем. Далі збільшують швидкість обертання ротора і показують, що стрілка гальванометра не встигає відхилитися і залишається на нульовій позначці.

Використавши гальванометр змінного струму, спостерігають відхилення стрілки лише в один бік — що більша швидкість обертання ротора, то більше відхиляється стрілка.

**1.2. Одержання осцилограм одно- і двопівперіодного випрямлення змінного струму за допомогою напівпровідникових діодів (Л.3, с.200–201; Л.9, с.7–10, 28; Л.1, с.286–288).**

Для демонстрування дії найпростішого однопівперіодного випрямляча складають електричну схему (рис. 7-1), в якій використано

трансформатор універсальний  $Tr$ , діод  $D$  на панелі, реостат  $R$  опором 100 Ом, осцилограф шкільний.

Напруга  $U$  подається від джерела змінного струму ВУП-2М. З резистора напругу подають на вертикальний вхід осцилографа  $Y$ . При вмиканні схеми на екрані осцилографа отримують осцилограму випрямленого струму.

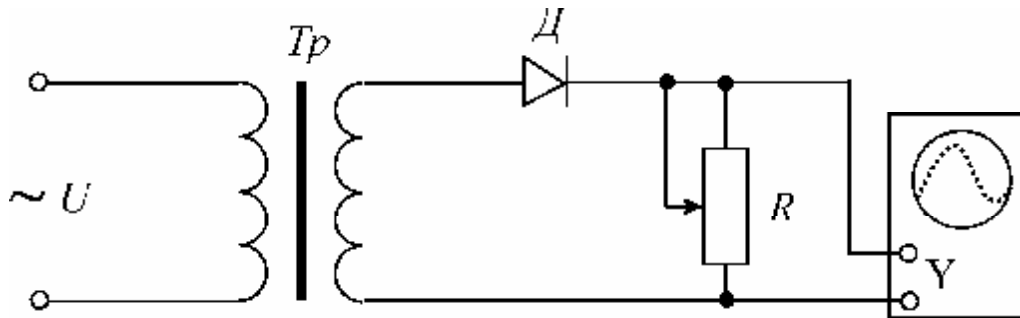


Рис. 7-1. Схема однопівперіодного випрямлення.

Для демонстрування двопівперіодного випрямлення (рис. 7-2) потрібно змінити попередню схему, а саме до нижньої клемі вторинної обмотки універсального трансформатора  $Tr$  приєднати ще один діод  $D2$  у такому самому напрямі, як і перший  $D1$ . Другий вивід діода приєднують до резистора  $R$ , як і аналогічний вивід першого діода. При вмиканні схеми на екрані осцилографа отримують осцилограму двопівперіодного випрямлення.

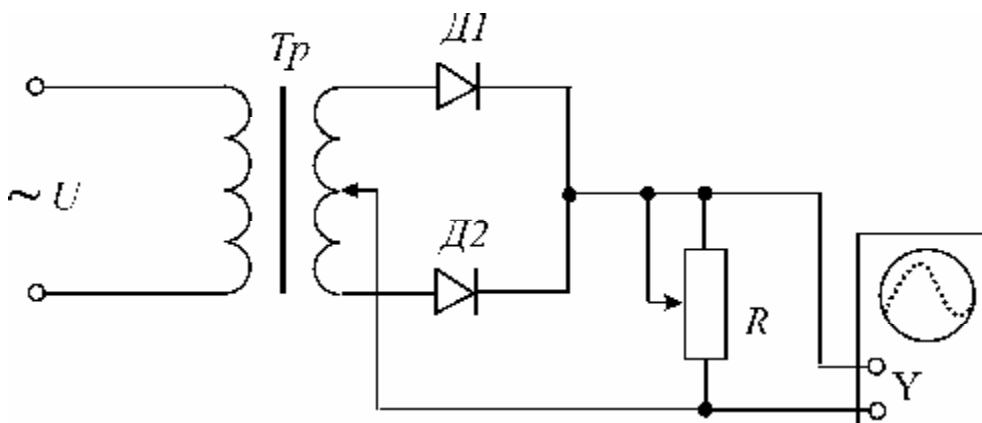


Рис. 7-2. Схема двопівперіодного випрямлення.

**2. Досліди з індуктивним та ємнісним опорами у колі зі змінним струмом (Л.3, с.211–214; Л.4, с.453–458; Л.2, с.46–48 і с.55–57).**

**2.1. Уведення поняття індуктивного опору і демонстрування його залежності від індуктивності котушки.**

Установку складають за схемою, зображеною на рис. 7-3. До середніх затискачів шестиполюсного вимикача  $K$  послідовно приєднують лампочку  $L$  на 3,5 В, 0,28 А, котушку індуктивності  $L$  (127/220 В) від розбірного трансформатора з осердям. У цьому досліді джерелом живлення є випрямляч В-24, який дає і змінну, і постійну напругу. Праві затискачі ключа приєднують до клем змінного струму, а ліві — до клем постійного струму випрямляча В-24.

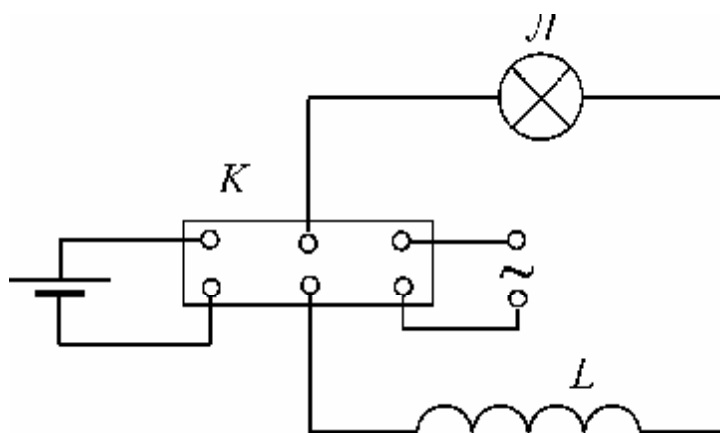


Рис. 7-3. Схема демонстрування індуктивного опору в колі змінного струму.

Подавши в коло спочатку постійний, а потім змінний струм, порівнюють яскравість свічення лампочки. Роблять висновок про те, що в колі змінного струму виникає додатковий опір, який називають індуктивним опором. Змінюючи індуктивність котушки за допомогою осердя та змінюючи кількість витків, спостерігають за зміною яскравості свічення лампочки. Роблять висновки про залежність індуктивного опору від індуктивності котушки.

## **2.2. Уведення поняття ємнісного опору і демонстрування його залежності від ємності конденсатора.**

Установку складають так, як у завданні 2.1, замінивши котушку батареєю конденсаторів (ємність можна змінювати від 5 до 60 мкФ). Показують, що конденсатор за будь-якої ємності не пропускає постійного струму. За вмикання змінного струму лампочка засвічується. Роблять висновок про те, що в колі змінного струму конденсатор має скінченний опір. Зменшення ємності конденсатора викликає послаблення яскравості свічення лампочки. Роблять висновок про залежність ємнісного опору від ємності конденсатора.

## **Лабораторна робота №8 НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Які поняття геометричної оптики вводять на першому ступені навчання фізики? Поясніть методику введення цих понять.
2. Які закони геометричної оптики вивчають на другому ступені навчання фізики? Сформулюйте і поясніть їх.
3. Як пояснити учням будову приладу з геометричної оптики? Як разом з учнями визначити ціну поділки градусної шкали приладу?
4. Яку напругу подають на освітлювачі приладу? Як переконатися, що джерело дає потрібну напругу?
5. Яким способом вчитель може регулювати ширину світлового пучка та керувати ним так, щоб він поширювався по поверхні екрану? (Зверніть увагу на орієнтацію нитки розжарення у лампі). Якою поверхнею (матовою чи блискучою) прикріплюють прозорі предмети до екрану? Чому?
6. Як продемонструвати учням закон відбивання і закон заломлення світла? Яка ідея кожного з цих дослідів? Як розташовують на екрані прозорий півциліндр для демонстрування закону заломлення? Чому?

7. Як врахувати під час демонстрування законів геометричної оптики, що ціна поділки є досить великою ( $5^\circ$ )? (Зверніть увагу, що під час перевірки закону заломлення кут заломлення може виявитись не кратним  $5^\circ$ ).
8. Як продемонструвати учням явище повного внутрішнього відбивання світла?
9. Які досліди можна продемонструвати з прозорою призмою? Які висновки можна зробити з цих дослідів?

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**1. Використовуючи прилад з геометричної оптики, продемонструвати досліди з відбивання і заломлення світла (Л.2, с.158–159, 161–167, 170–171; Л.3, с.228–233).**

Прилад для вивчення законів геометричної оптики (рис. 8-1) складається з дошки — екрану 1, яка має координатну сітку з періодом 70 мм і кругову градусну сітку з періодом  $5^\circ$ ; освітлювачів 2 з напругою живлення 12 В, кожен з яких створює розбіжний пучок світла. Ширину пучка регулюють шторкою освітлювача. Дві ширми 3 використовують для обмеження пучка, а багатошлінна діафрагма 4 розбиває широкий пучок світла на ряд вузьких. Шторка 5 призначена для накривання оптичних елементів. У коробочці 6.1 зберігаються оптичні елементи, а саме: плоске дзеркало 6.3, півциліндр 6.4, лінза двоопукла 6.5, призма трапецевидна 6.6, призма прямокутна 6.7, лінза двоввігнута 6.8, лінза двоопукла мала 6.9. Оптичні елементи кріпляться до екрану за допомогою круглих магнітних тримачів з гачками 6.2. Прилад готовий до роботи, якщо освітлювач під'єднаний до випростувача В4-12 і поставлений на дошку.



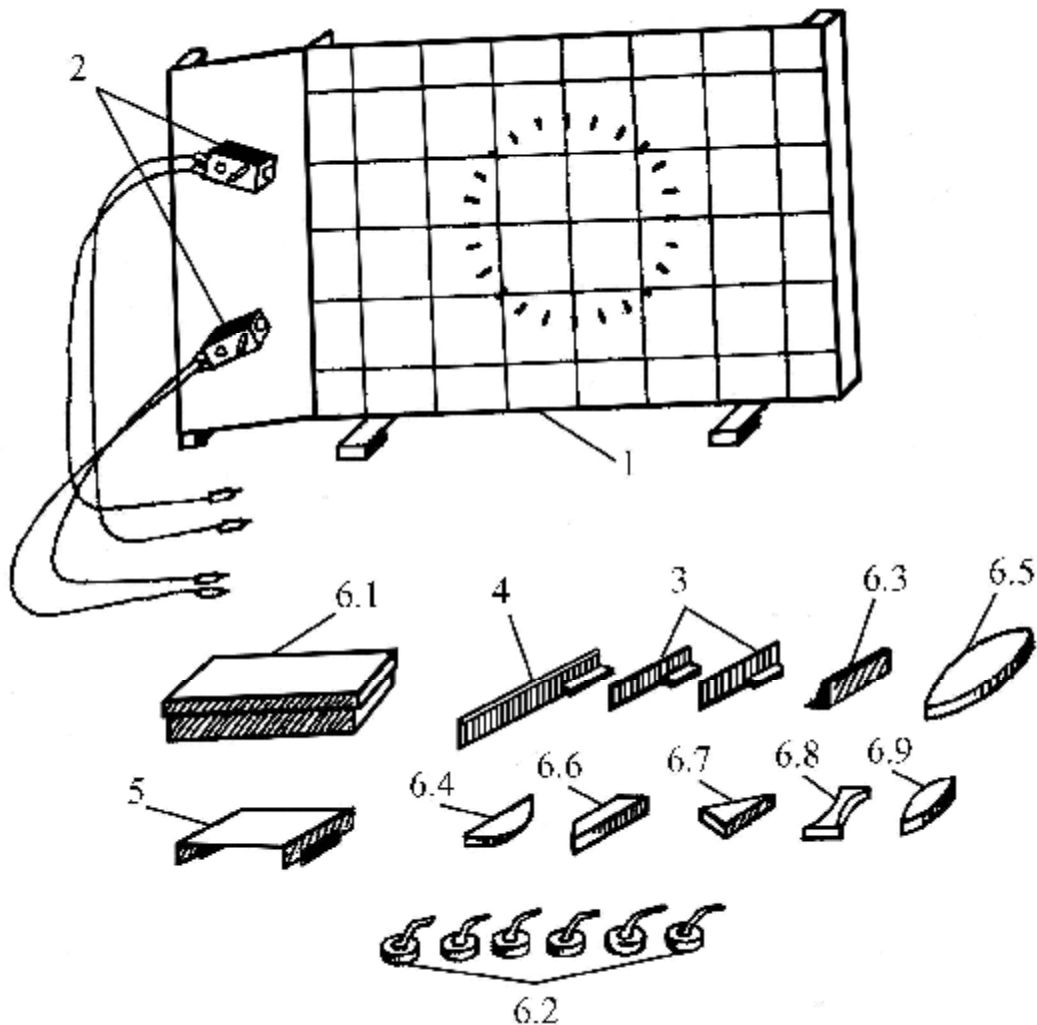


Рис. 8-1. Загальний вигляд приладу для вивчення законів геометричної оптики.

### 1.1. Закон відбивання світла.

Для демонстрування досліду плоске дзеркало закріплюють у центрі екрану, вузький пучок світла від освітлювача спрямовують на дзеркало під деяким кутом до оптичної осі, по градусній шкалі відмічають кут відбивання. Кут падіння змінюють від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , роблять висновки.

### 1.2. Відбивання світлових променів від сферичних дзеркал.

У центрі екрану закріплюють увігнуте дзеркало, широкий пучок світла спрямовують на дзеркало під деяким кутом до оптичної осі.

На шляху поширення пучка встановлюють багатошлілинну діафрагму. Відмічають, як поширюються відбиті промені. Змінюють кут падіння світлового пучка, роблять висновки.

Аналогічні дії проводять з опуклим дзеркалом. Роблять висновки про фокус опуклого та увігнутого дзеркал.

### **1.3. Закон заломлення світла.**

У центрі екрану закріплюють півциліндр так, щоб оптична вісь проходила через центр циліндра. Вузький пучок світла спрямовують на плоску грань півциліндра під кутом більшим ніж  $25^\circ$ , визначають кут поширення заломленого променя. Обчислюють відношення синуса кута падіння до синуса кута заломлення. Дослід виконують двічі. Кути падіння добирають так, щоб вони були кратними  $5^\circ$  і кути заломлення при цьому також були кратними  $5^\circ$ . Лише за таких умов дослід буде переконливим. Результати дослідів порівнюють, роблять висновки.

### **1.4. Повне відбивання світла.**

Півциліндр закріплюють як у завданні 1.3, вузький пучок світла спрямовують на опуклу грань. Змінюючи кут падіння пучка від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , визначають за якого кута падіння зникає заломлений промінь і залишається тільки відбитий. Отриманий результат порівнюють з табличним значенням. Звертають увагу на зміну інтенсивності відбитого і заломленого променя під час зміни кута падіння.

### **1.5. Проходження променів крізь призму.**

У центрі екрану закріплюють призму так, щоб оптична вісь проходила через центр призми. В освітлювач вставляють світлофільтр і два кольорові промені спрямовують на катет призми під деяким кутом. Спостерігають заломлення світла, заломлені промені відхиляються до основи призми (рис. 8-2, а).

Два кольорові промені спрямовують перпендикулярно до одного з катетів призми. Увійшовши в призму без заломлення, промені пада-

ють на гіпотенузу під кутом  $45^\circ$ . Тут відбувається повне відбивання, тому що кут падіння більший від граничного. Відбиті промені виходять з призми перпендикулярно до другого катета і тому не змінюють свого напрямку. Отже призма повертає світлові промені на  $90^\circ$  (рис. 8-2, б).

Кольорові промені спрямовують перпендикулярно до великої грані призми. Промені проходять цю грань без зміни напрямку, а далі двічі відбиваються від інших граней і виходять з призми помінявшись місцями: верхній промінь стає нижнім (рис. 8-2, в).

Промені спрямовують паралельно до основи призми. Після заломлення на одній грані, повного відбивання від основи і заломлення на другій грані промені виходять з призми паралельно до її основи, але міняються місцями: нижній промінь стає верхнім і навпаки (рис. 8-2, г).

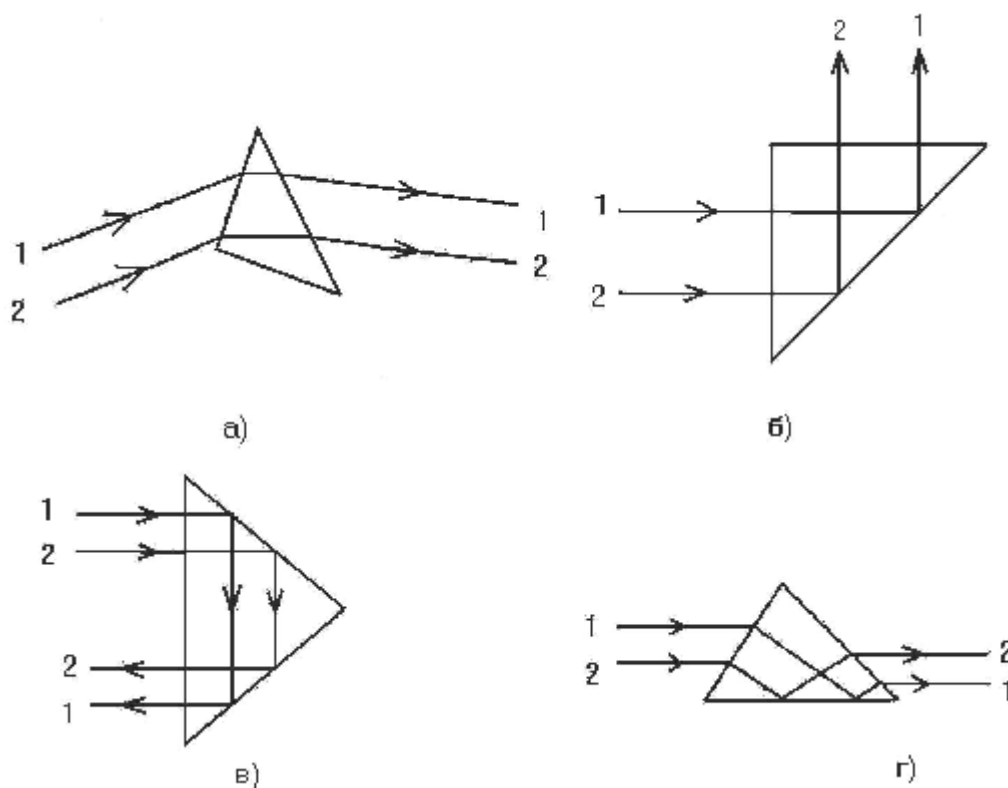


Рис. 8-2. Проходження світлових променів крізь призму.

**2. На приладі з геометричної оптики продемонструвати досліди з лінзами (Л.2, с.172–174, 182–183).**

**2.1. Заломлення світла збиральною (двоопуклою) і розсіювальною (двоввігнутою) лінзами.**

У центрі екрану закріплюють велику збиральну лінзу так, щоб оптична вісь проходила через центр лінзи. Широкий пучок світла спрямовують на лінзу. Змінюючи відстань від освітлювача до лінзи, на екрані спостерігають заломлені пучки світла різної форми: збіжний, паралельний, розбіжний. Зауважують, що коли лінза дає розбіжний пучок, то кут розхилу пучка, що вийшов з лінзи, менший за кут розхилу падаючого пучка. Роблять висновок про збиральну дію лінзи.

Аналогічні досліди проводять з розсіювальною лінзою. Показують, що не залежно від відстані між освітлювачем і лінзою, заломлений пучок завжди є розбіжним.

**2.2. Визначення головної фокусної відстані лінзи.**

У центрі екрану закріплюють велику збиральну лінзу так, щоб оптична вісь проходила через центр лінзи. Від освітлювача на лінзу вздовж оптичної осі спрямовують широкий пучок світла. Між освітлювачем і досліджуваною лінзою встановлюють іншу збиральну лінзу, яка робить пучок світла паралельним, та багатошліпину діафрагму, яка розбиває пучок на окремі промені. Заломлені у досліджуваній лінзі промені зберуться в її фокусі. По координатній сітці визначають фокусну відстань досліджуваної лінзи.

На місці досліджуваної збиральної лінзи закріплюють розсіювальну. Спостерігають, що заломлені промені утворюють розбіжний пучок і лінза не має дійсного фокуса. Але можна уявити, що прямі, які продовжують заломлені промені, перетнуться в точці на головній оптичній осі з тієї ж сторони, з якої падає світло на лінзу. Роблять висновок, що лінза має уявний фокус.

### **2.3. Принцип побудови зображень за допомогою збиральної лінзи.**

Відомо, що для побудови зображень за допомогою лінзи використовують три «зручних промені»: промінь, який проходить через оптичний центр, промінь, який є паралельним до головної оптичної осі і промінь, який проходить через фокус лінзи. У цьому завданні потрібно продемонструвати хід цих променів у збиральній лінзі.

Промінь спрямовують на оптичний центр лінзи під різними кутами до головної оптичної осі. Спостерігають, що за будь-яких кутів промінь не змінює свого напрямку поширення.

За допомогою багатошліпінної діафрагми на лінзу спрямовують кілька променів, паралельних до головної оптичної осі. Спостерігають, що всі ці промені проходять через фокус лінзи. Місце розташування фокуса на екрані позначають крейдою.

Переставивши освітлювач на іншу частину екрану, промінь спрямовують через позначений крейдою фокус. Спостерігають, що заломлений у лінзі промінь поширюється паралельно до головної оптичної осі. Роблять висновки про можливість побудови зображень, які утворюються за допомогою збиральної лінзи.

## Лабораторна робота №9 НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ДИСПЕРСІЇ І ПОЛЯРИЗАЦІЇ СВІТЛА

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. З яких частин (назвіть головні, розташовані на оптичній лаві) складається проєкційний апарат ФОС-67, що використовується для демонстраційних дослідів з оптики? Яке призначення кожної частини? Де розташовують об'єкт, який необхідно спроекувати на екран?
2. Як дізнатися, яку напругу слід подати на проєкційну лампу? Як подають напругу, якщо проєкційна лампа розрахована на 127 В? Яка послідовність дій під час вмикання проєкційного апарата, коли на проєкційну лампу подають напругу від автотрансформатора? З чим пов'язана вказана вами послідовність?
3. У якому місці проєкційного апарата розташовують діафрагму, що формує світловий пучок, або об'єкт, який проєктують на екран? Поясніть. Як досягають чіткого зображення на екрані?
4. Як пояснюють учням явище дисперсії на першому і на другому ступені навчання фізики?
5. Де і як розташовують призму у проєкційному апараті для демонстрування явища дисперсії? Якої форми повинен бути переріз світлового пучка, що спрямовують на призму? Як цього досягають? Як досягають чіткого зображення дисперсійного спектра на екрані? Що у цьому випадку проєктують на екран?

6. Як переконатись за допомогою демонстраційного експерименту, що біле світло є сумішшю світла всіх спектральних кольорів? Який пристрій для цього використовують?
7. Як пояснюють учням явище поляризації світла?
8. З яких елементів складається набір з поляризації світла? Які досліди можна продемонструвати за допомогою цього набору?

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**1. Продемонструвати досліди з дисперсії світла, використовуючи універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою.**

Апарат проєкційний з оптичною лавою ФОС-67 використовують для демонстрування дослідів в діапроєкції. Будова його зображена на рис. 9-1.

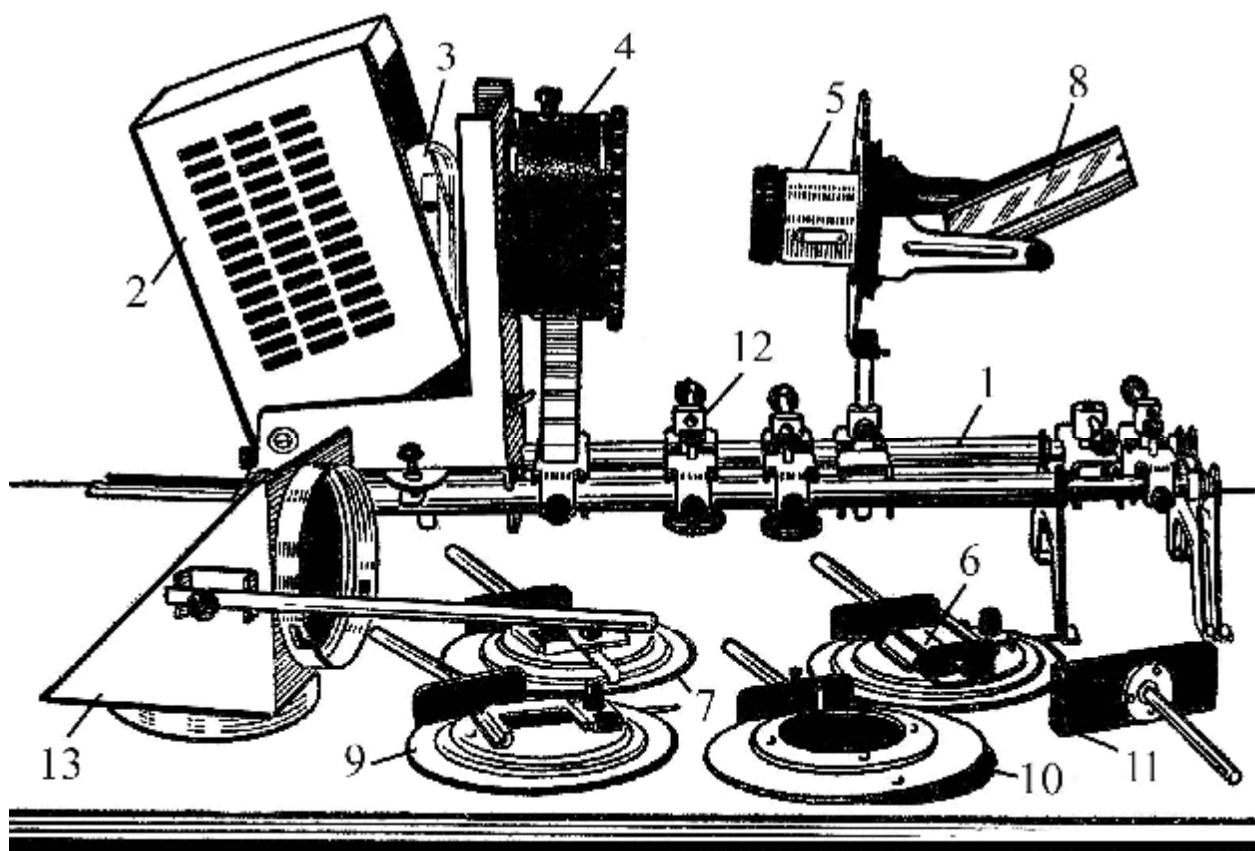


Рис. 9-1. Будова і складові частини проєкційного апарата.

Лава 1, виготовлена з двох металевих трубок, укріплена на бортиках-стійках. Для збільшення довжини лави в трубки вставляють стрижні, закріплені з однієї сторони на бортику-стійці. На лаві закріплений корпус освітлювача 2 з проекційною лампою 3, конденсор 4, рейтери 12. Проекційну лампу потужністю 300 Вт і напругою 220 В (або 300 Вт, 127 В) вмикають вимикачем на корпусі освітлювача. Конденсор складається з двох плоско-опуклих лінз, одна з яких легко знімається. На рейтерах можна встановлювати: об'єktiv 5, ширму 7, теплофільтр 9, розсувну щілину 6, щілину з чотирма отворами 10, столик 11. До апарата належить також камера горизонтальної проекції 13 і поворотне дзеркало 8.

Увага! Час неперервної роботи апарата 15 хв., після чого його слід вимкнути на 5 хв.

**1.1. Одержання на екрані суцільного спектру (ЗП; Л.2, с.185–187; Л.3, с.239–240; Л.4, с.568).**

Для отримання суцільного спектру на лаві ФОС-67 встановлюють розсувну щілину шириною 4–5 мм і об'єktiv. Змінюючи відстань між щілиною та об'єktivом отримують на екрані чітке збільшене зображення щілини. Далі між об'єktivом та екраном на столику розташовують призму. Її ребро повинно бути паралельне до щілини. На екрані отримують суцільний спектр.

**1.2. Складання спектральних кольорів плоскими дзеркальцями (Л.2, с.187–188; Л.3, с.236, 240).**

Використовують установку, як у попередньому завданні. За призмою, на шляху поширення розкладеного у спектр променя, ставлять прилад для складання спектральних кольорів. Цей прилад має десять вузьких дзеркал, розташованих щільно одне до одного, які легко можна обернути навколо вертикальної осі на будь-який



кут. Прилад розміщують так, щоб увесь спектр потрапляв на дзеркала. Внаслідок відбивання від дзеркал на екрані утворюються окремі кольорові смуги. Повертають дзеркала так, щоб усі кольорові пучки зібрались в одну вузьку смугу. Ця смуга буде білою. Роблять висновки.

## **2. Продемонструвати досліди за допомогою універсального проекційного апарата з оптичною лавою і набору з поляризації світла.**

### **2.1. Поляризація світла поляроїдами (ЗП; Л.2, с.206–207; Л.3, с.249–253; Л.4, с.589–590).**

На лаві апарата ФОС-67 перед конденсором встановлюють теплофільтр, а далі — об'єktiv. Між теплофільтром і об'єktivом розміщують поляроїд. Пересуваючи об'єktiv, на екрані отримують яскравий круг. Обертають поляроїд навколо оптичної осі — ніяких змін на екрані не відбувається. Далі між теплофільтром і об'єktivом встановлюють другий поляроїд так, щоб стрілки-вказівники були паралельні. На екрані отримують чітке зображення круга. Повертають перший поляроїд відносно другого на кут від 0 до 90°, спостерігають за поступовим зменшенням освітленості круга, аж до повного загасання. Повертаючи цей же поляроїд на 180°, спостерігають поступове просвітлення круга і т.д. Дослід повторюють декілька разів. Роблять висновки.

### **2.2. Поляризація світла при відбиванні від чорного дзеркала (ЗП; Л.2, с.207–210; Л.3, с.253–254; Л.4, с.591–593).**

Установку складають за схемою, зображеною на рис. 9-2. Позначення приладів на схемі: *a* — джерело світла, *б* — конденсор, *в* — діафрагма, *г* — чорне дзеркало, *д* — поляроїд, *е* — об'єktiv, *ж* — екран.

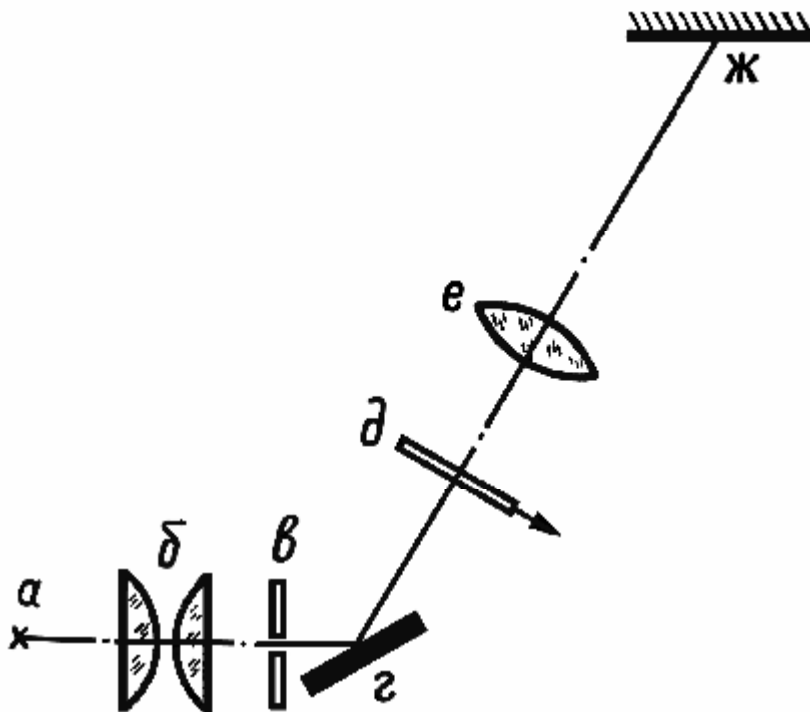


Рис. 9-2. Схема установки для демонстрування поляризації світла при відбиванні.

Чорне дзеркало закріплюють на ширмі-диску, встановленому в рейтер лави і повертають до головної оптичної осі під кутом  $60^\circ$ . На шляху відбитого пучка ставлять об'єктив. Його закріплюють на висувній частині лави, розташованій по ходу відбитого пучка. Поляріод, розміщений між чорним дзеркалом і об'єктивом, повільно обертають навколо горизонтальної осі. На екрані спостерігають за поступовим затемненням і просвітленням зображення щілини. Отже, пучок світла, відбитий від дзеркала, є поляризованим. Далі повертають дзеркало так, щоб кут падіння був  $45^\circ$ ,  $75^\circ$  і т.д. І щоразу, переставляючи переносний екран, повторюють описаний вище дослід. Роблять висновки про те, що ступінь поляризації світла залежить від кута падіння. Найбільша поляризація відбувається за кута  $60^\circ$ , за інших кутів світло поляризується частково.

**2.3. Дослідження деформації на основі інтерференції в поляризованому світлі з використанням моделей балки, рейки і препарату з целофану (ЗП; Л.2, с.211–212; Л.3, с.254–255; Л.4, с.597–598).**

Установку складають, як у завданні 2.1 з двома поляроїдами. Між поляроїдами встановлюють модель балки (або рейки) з оргскла, поміщену у гвинтовий прес. Отримують чітке зображення балки при не схрещених поляроїдах. Поляроїди схрещують, на екрані отримують затемнення. За допомогою гвинта стискають модель і спостерігають на екрані просвітлення в місцях найбільшого напруження. Поступово ослаблюють гвинт і звертають увагу на те, що картина зникає — екран стає темним. На місце балки встановлюють препарат з целофану і, повертаючи поляроїди, отримують різні зображення на екрані. Пояснюють. Роблять висновки про можливості застосування явища поляризації.

## **Лабораторна робота №10 НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ТА ДИФРАКЦІЇ СВІТЛА**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Дивись перші три питання до лабораторної роботи № 9.
2. Як пояснюють учням середньої школи явище інтерференції світла? явище дифракції світла?
3. З яких приладів складається набір з інтерференції і дифракції світла?
4. За яких умов можна одержати на екрані чітку інтерференційну картину від біпризми Френеля? Пояснить схему демонстрації. Як здійснюють регулювання установки?
5. Якими способами можна продемонструвати кільця Ньютона? Пояснить схеми демонстрацій.
6. Як домогтися правильної форми кілець Ньютона?
7. За яких умов можна одержати на екрані чітку дифракційну картину від нитки? від щілини? Яку картину ми повинні побачити на екрані?
8. За яких умов можна одержати на екрані чітку дифракційну картину від дифракційної ґратки? Як виглядає ця картина? Чим відрізняється дифракційний спектр від дисперсійного?
9. \*Скільки спектрів можна одержати на екрані від дифракційної ґратки? Від чого це залежить? Як продемонструвати цю залежність?

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**1. Продемонструвати досліди з інтерференції, використовуючи універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою і набір приладів з інтерференції та дифракції світла, (ЗП; Л.2, с.188–189; Л.3, с.242–248; Л.4, с.545–546, 550–553; Л.5, с.277–282).**

**1.1. Одержання на екрані інтерференційних смуг від біпризми Френеля.**

На лаві проєкційного апарата ФОС-67 (опис приладу див. у Л.Р. №9, завдання 1) навпроти джерела світла  $S$  встановлюють конденсор  $K$ , на відстані 2 см від конденсора розташовують розсувну щілину  $Щ$ , а за нею на відстані 15–20 см — біпризму Френеля  $B$  (рис. 10-1). Ширину щілини добирають такою, щоб вона повністю освітлювала біпризму і одночасно була якнайвужчою. Ребро біпризми повинно бути строго паралельним до ребра щілини і бути з нею в одній вертикальній площині, що проходить уздовж головної оптичної осі конденсора. Екран  $E$  розташовують на відстані 50–80 см від біпризми.

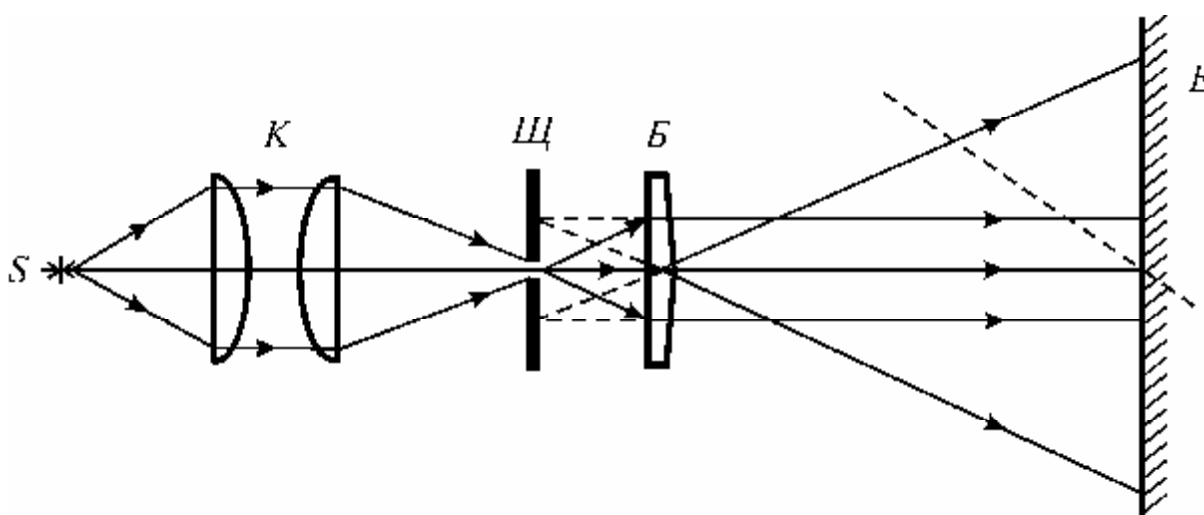


Рис. 10-1. Схема демонстрації інтерференційних смуг від біпризми Френеля.

Регулюють установку, обертаючи ширми-диски і переміщуючи рейтери. Коли на екрані з'явиться вертикальна світла смуга, ширину щілини зменшують до 0,05–0,1 мм. Яскравість смуги зменшиться, але можна розпізнати кольорові вертикальні смужки (інтерференційна картина). Далі слід розвернути екран під кутом до оптичної осі (близько  $180^\circ$ ). Інтерференційна картина стане досить широкою. Дослід слід проводити при повному затемненні.

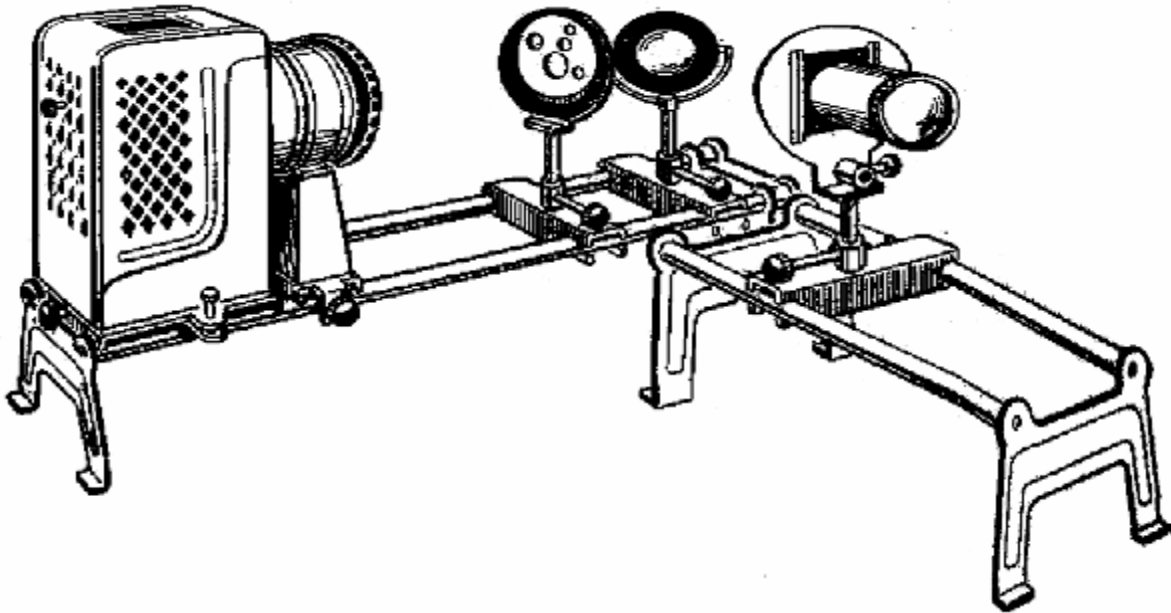
### **1.2. Одержання інтерференційної картини від приладу «Кільця Ньютона» (у прохідному та відбитому світлі).**

Прилад «Кільця Ньютона» складається з плоско-опуклої лінзи і пластинки, які поміщені в оправу так, що пластинка торкається опуклої частини лінзи. На оправі є три гвинти, за допомогою яких змінюють повітряний проміжок між поверхнями лінзи і пластинки так, щоб усередині приладу утворились кольорові кільця правильної форми.

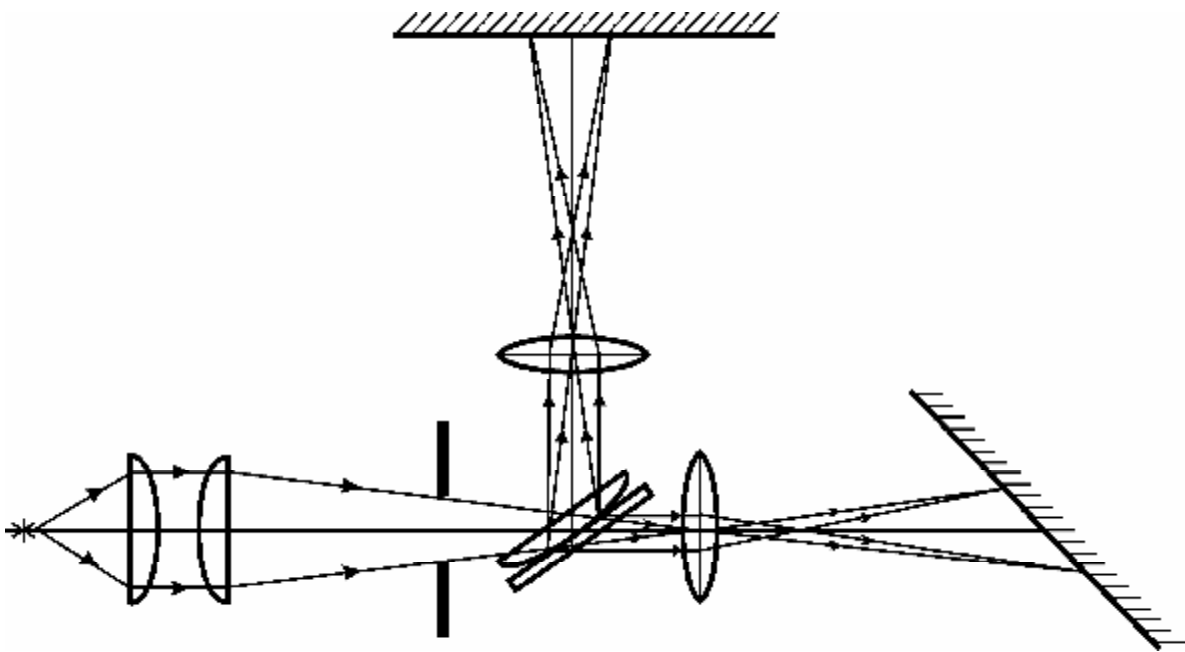
Для отримання інтерференційної картини у прохідному світлі на лаві апарата ФОС-67 закріплюють прилад «Кільця Ньютона» і об'єктив. Змінюючи відстань між об'єктивом та екраном домагаються чіткого зображення кілець.

Для отримання інтерференційної картини у відбитому світлі на лаві апарата ФОС-67 прилад «Кільця Ньютона» закріплюють під кутом  $45^\circ$  до оптичної осі. Висувні стрижні розташовують під кутом  $90^\circ$  до лави, на них закріплюють об'єктив (рис. 10-2, а). Переміщуючи об'єктив уздовж пучка променів, отримують на екрані чітке зображення інтерференційних кілець.

Порівнюють інтерференційні картини у відбитому та прохідному світлі (рис. 10-2, б), роблять висновки.



а



б

Рис. 10-2. Демонстрування кілець Ньютонa:  
а) установка для демонстрування у відбитому світлі;  
б) схема демонстрації у відбитому і прохідному світлі.

**2. Продемонструвати досліди з дифракції, використовуючи універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою і набір приладів з інтерференції та дифракції світла (ЗП; Л.2, с.198–204; Л.3, с.248–249; Л.4, с.560–563; Л.5, с.282–283).**

### **2.1. Дифракція світла від нитки.**

На лаві апарата ФОС-67 закріплюють розсувну щілину. Змінюючи відстань між конденсором і щілиною, отримують на екрані чітке зображення щілини. Далі перед щілиною встановлюють нитку на рамці, строго дотримуючись паралельності нитки і щілини. Повільно звужуючи щілину, на екрані отримують дифракційний спектр. Для збільшення ширини дифракційної картини екран повертають під деяким кутом до оптичної осі.

### **2.2. Дифракція світла від вузької щілини.**

Установку складають так, як у завданні 2.1, нитку замінюють розсувною щілиною. Ширина кожної щілини 0,2 мм. Щілини розташовують строго паралельно одна одній. Відстань між щілинами приблизно 15 см. На екрані спостерігають дифракційну картину.

### **3. Одержання спектра за допомогою дифракційної ґратки.**

На лаві апарата ФОС-67 ставлять розсувну щілину так, щоб вона була повністю освітлена. Ширина щілини 5–7 мм. Перед щілиною ставлять об'єктив і отримують її чітке зображення на екрані. Між об'єктивом та екраном розташовують дифракційну ґратку так, щоб її штрихи були паралельні до щілини. На екрані отримують дифракційну картину, яка складається з білої смуги в центрі та кількох спектрів, симетрично розташованих справа і зліва від неї. Аналізують отриманий спектр, роблять висновки.



## Лабораторна робота №11

### НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ З КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Як пояснюють учням середньої школи явище фотоефекту?
2. Які закони фотоефекту встановлено експериментально? Як їх пояснюють учням на основі квантових уявлень про світло?
3. Як продемонструвати учням явище зовнішнього фотоефекту? Яку схему для цього необхідно скласти?
4. За якими принципами добирають прилади і з'ясовують режими їхньої роботи (яка напруга потрібна в колі, яке джерело, які межі вимірювання вольтметра? Який струм буде в колі, які межі вимірювання амперметра? Яким способом регулюватиметься напруга?)
5. Які особливості застосування демонстраційних вольтметра і амперметра? Чи потрібний шунт до демонстраційного амперметра? Який додатковий опір потрібний до вольтметра? Чи є такий опір в додатках до нього? Як розширити межі вимірювання вольтметра, якщо у додатках до нього немає відповідного додаткового опору?
6. Як продемонструвати учням закони зовнішнього фотоефекту?
7. Як продемонструвати і пояснити учням дію фоторезистора? дію напівпровідникового фотоелемента?
8. Як підібрати прилади і з'ясувати режими їхньої роботи для дослідів із внутрішнього фотоефекту?

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

**1. Продемонструвати досліди, що стосуються явища зовнішнього фотоефекту.**

**1.1. Залежність фотоструму від напруги при сталій освітленості фотоелемента СЦВ-4 (Л.2, с.238–239).**

Для проведення цієї демонстрації складають електричне коло за схемою, зображеною на рис. 11-1.

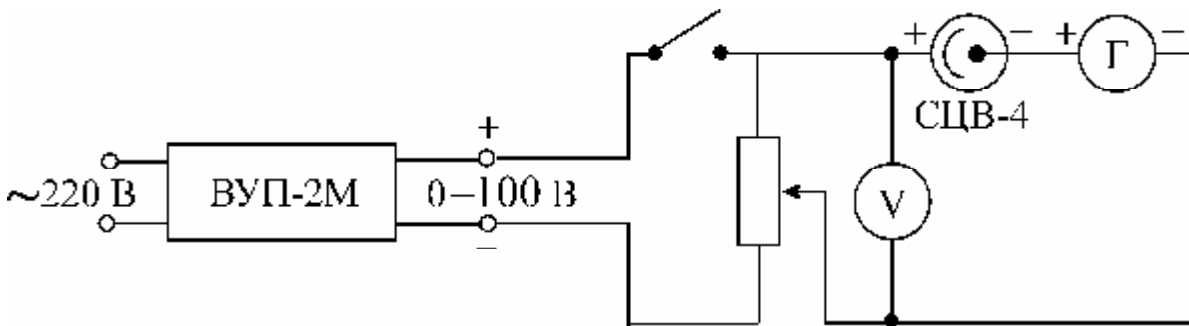


Рис. 11-1. Схема вмикання фотоелемента та вимірювальних приладів в електричне коло.

У цьому колі джерелом живлення є випростувач ВУП-2М, який живиться змінною напругою 220 В, а на виході дає постійну регульовану напругу 0–100 В. Ця напруга контролюється демонстраційним вольтметром, до якого приєднано додатковий опір (для розширення меж вимірювання). Струм у колі вимірюють гальванометром від демонстраційного амперметра. Фотоелемент СЦВ-4, закріплений на підставці, освітлюють точковим джерелом світла — освітлювачем ОТП. Для вимірювань відстаней використовують демонстраційну лінійку.

На фотоелемент спрямовують постійний світловий потік і поступово збільшують напругу в колі. Струм у колі спочатку зростає пропорційно до прикладеної напруги, а далі, починаючи приблизно з

напруги 30 В, досягає деякого постійного значення — струму насичення. Подальше збільшення напруги не приводить до зростання струму. Величину струму насичення записують.

### **1.2. Залежність фотоструму від освітленості фотоелемента при сталій напрузі (закон Столетова) (Л.2, с.239–240).**

Складають електричне коло за схемою (рис. 11-1). У коло подають таку напругу, за якої виникає струм насичення. Далі світловий потік, що падає на фотоелемент, зменшують у чотири рази (відстань між фотоелементом і освітлювачем збільшують у два рази). Спостерігають, що струм у цьому разі зменшується в чотири рази. Повторюють спостереження за іншого значення світлового потоку. Роблять висновок про те, що сила струму прямо пропорційна падаючому світловому потоку.

## **2. Продемонструвати досліди, що стосуються явища внутрішнього фотоефекту.**

### **2.1. Дія фоторезистора (залежність електропровідності напівпровідника від освітленості) (Л.1, с.275–277; Л.4, с.355–357; Л.5, с.201, 204).**

Складають послідовне електричне коло з таких елементів: випростувач ВСШ-6 (джерело живлення), гальванометр від демонстраційного амперметра, фоторезистор ФСК-1 (закріплений на панелі). Вмикають випростувач і подають у коло напругу 6 В. Звертають увагу на мале значення початкового струму. Цей струм називають темновим. Він залежить від електричного опору фоторезистора й від прикладеної до нього напруги. Далі вмикають освітлювач, який розташований на віддалі 100 см від фоторезистора. Наближаючи освітлювач до ФСК-1, спостерігають за зростанням струму в колі. Для побудови графічної залежності фотоструму від освітленості записують покази гальванометра, змінюючи віддаль між освітлювачем і фоторезистором через кожні 10 см. Увага! Покази гальванометра не мають виходити за межі вимірювань.

## **2.2. Дія напівпровідникового фотоелемента (Л.1, с.291–294).**

Із двох елементів — напівпровідникового фотоелемента й гальванометра від демонстраційного амперметра — складають послідовне коло. За умов денного освітлення виявляють гальванометром появу слабкого струму в колі. Далі фотоелемент освітлюють лампою, яка розташована на віддалі 1 м від фотоелемента. Спостерігають, як із наближенням лампи до фотоелемента струм у колі зростає і, зрештою, стрілка гальванометра відхиляється на всю шкалу. Роблять висновок про те, що в напівпровідниковому фотоелементі енергія світла перетворюється в електричну.

**Лабораторна робота №12**  
**ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА**  
**В ДЕМОНСТРАЦІЙНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ**  
**З МЕХАНІЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОЛИВАНЬ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Як пояснюють учням будову й принцип дії електронного осцилографа?
2. Як продемонструвати учням дію електронного осцилографа?
3. Завдяки якому явищу можливо продемонструвати характер механічних коливань пружинного маятника за допомогою осцилографа? \*Як пояснити зсув фаз між коливанням маятника і коливанням світної плями на екрані осцилографа?
4. Як за допомогою електронного осцилографа продемонструвати звукові коливання (гармонічні, складні коливання від людського голосу)?
5. Як продемонструвати зв'язок між суб'єктивними та об'єктивними характеристиками звукових коливань?
6. Як пояснити учням процеси, які відбуваються в коливальному контурі? Які аналогії при цьому можна використати?
7. Яку роль відіграє діод у схемі для демонстрування загасаючих коливань у коливальному контурі?
8. Від чого залежить швидкість загасання коливань у коливальному контурі? Як продемонструвати цю залежність?
9. \*Які фізичні величини характеризують швидкість загасання коливань?

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

**1. За допомогою електронного осцилографа продемонструвати досліди з механічних коливань.**

**1.1. Вільні коливання магніта на пружині** (Л.2, с.17–19; Л.4, с.151–154; Л.5, с.231).

Для демонстрування цього досліду складають установку (рис. 12-1).

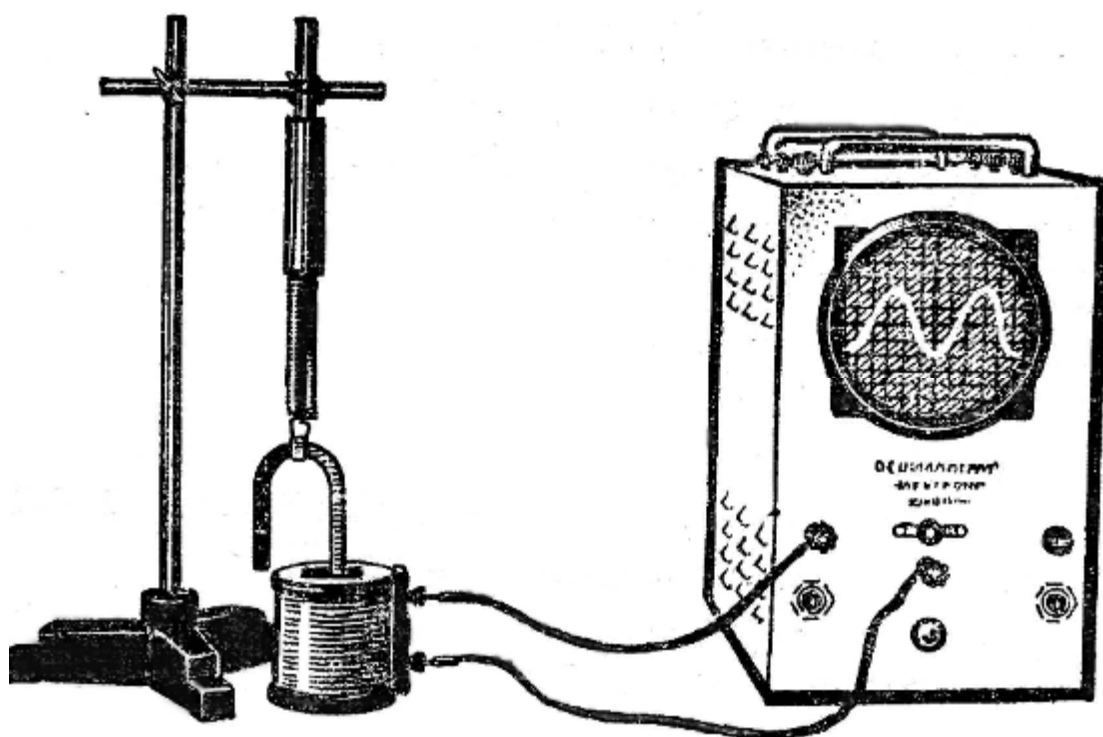


Рис. 12-1. Установка для спостереження коливань магніта на пружині.

Пружину закріплюють у штативі, до нижнього її кінця прикріплюють підковоподібний або прямий магніт. Під магніт ставлять котушку від універсального трансформатора на 220 В. Затискачі котушки з'єднують із входом  $Y$  електронного осцилографа.

Осцилограф умикають у мережу, вимикають генератор горизонтальної розгортки, світну пляму фокусують у центрі екрану. Пружину

з магнітом приводять у коливальний рух і спостерігають за коливанням світної плями на екрані. Вкорочуючи довжину пружини, збільшують частоту коливань магніта так, щоб траєкторія світної плями виглядала як суцільна смуга. Далі одночасно з коливаннями пружини вмикають горизонтальну розгортку променя осцилографа, а частоту розгортки добирають рівною частоті коливань пружинного маятника. У такому випадку за час одного повного коливання магніта світна пляма на екрані опише одну синусоїду.

### **1.2. Звукові коливання камертона на резонаторі та складний характер коливань від людського голосу (Л.2, с.100–102).**

Для отримання графіка коливань будь-якого джерела звуку використовують осцилограф. До входу Y осцилографа приєднують мікрофон, перед мікрофоном ставлять камертон на резонаторі. Гумовим молоточком ударяють по камертону і, коли він звучить, плавно змінюють частоту горизонтальної розгортки так, щоб отримати на екрані стійке зображення кількох періодів синусоїди.

Для демонстрування коливань від людського голосу мікрофон підносять до уст і «проспівують» спочатку голосні, потім приголосні і шиплячі звуки. На осцилографі спостерігають осцилограми голосу.

### **1.3. Залежність висоти тону звуку від частоти коливань і сили звуку від амплітуди коливань (Л.2, с.107–107; с.109–110; Л.3, с.176–177; Л.4, с.225–226).**

До вихідних затискачів звукового генератора приєднують паралельно з'єднані гучномовець і електронний осцилограф. Задають частоту генератора у діапазоні 300–500 Гц і настроюють осцилограф так, щоб на екрані отримати стійке зображення кількох синусоїд. Далі змінюють частоту генератора від 20 до 2000 Гц. Простежують за підвищенням тону звуку із підвищенням частоти. За високих частот на екрані осцилографа кількість синусоїд є великою і окремо їх побачити неможливо. Роблять висновок: що більша частота коливань, то вищий тон звуку.

Після цього спостерігають за збільшенням і зменшенням амплітуди коливань та гучності за умов збільшення і зменшення напруги на виході звукового генератора. Роблять висновок: що більша амплітуда коливань, то більша сила звуку.

#### **1.4. \*Демонстрування принципу модулювання електромагнітних коливань.**

До вихідних затискачів звукового генератора приєднують електронний осцилограф і паралельно (або послідовно) мікрофон. Замість мікрофона може бути використаний гучномовець (динамік). На генераторі добирають частоту коливань на порядок більшу від очікуваної частоти звукових коливань та одержують на екрані осцилографа нерухому картину, яка є імітацією електромагнітних коливань. Ці коливання модулюють за допомогою звукових коливань у мікрофоні (від камертона та людського голосу). Зверніть увагу, що коливання від генератора і мікрофона, які спостерігають на екрані осцилографа, мають бути сумірні за амплітудою.

**2. Продемонструвати осцилограми вільних загасаючих коливань у коливальному контурі, використовуючи імпульси однопівперіодного випрямлення змінного струму (Л.2, с.40–42; Л.3, с.12–13; Л.5, с.238).**

Для отримання осцилограми загасаючих коливань необхідно створити періодичні короткочасні електричні імпульси, які заряджатимуть конденсатор у коливальному контурі. Для цього використовують імпульси, отримані за однопівперіодного випрямлення змінного струму. Пауза між імпульсами триває 0,01 с і є достатньою для виникнення і повного загасання коливань у коливальному контурі. Електрична схема (рис. 12-2) складається з напівпровідникового діода, коливального контура та осцилографа. Коливальний контур — це послідовно з'єднані котушка універсального трансформатора (220 В), реостат 100 Ом та паралельно приєднана до них



батарея конденсаторів. Електричну схему живлять від джерела змінного струму 4–15 В, 50 Гц.

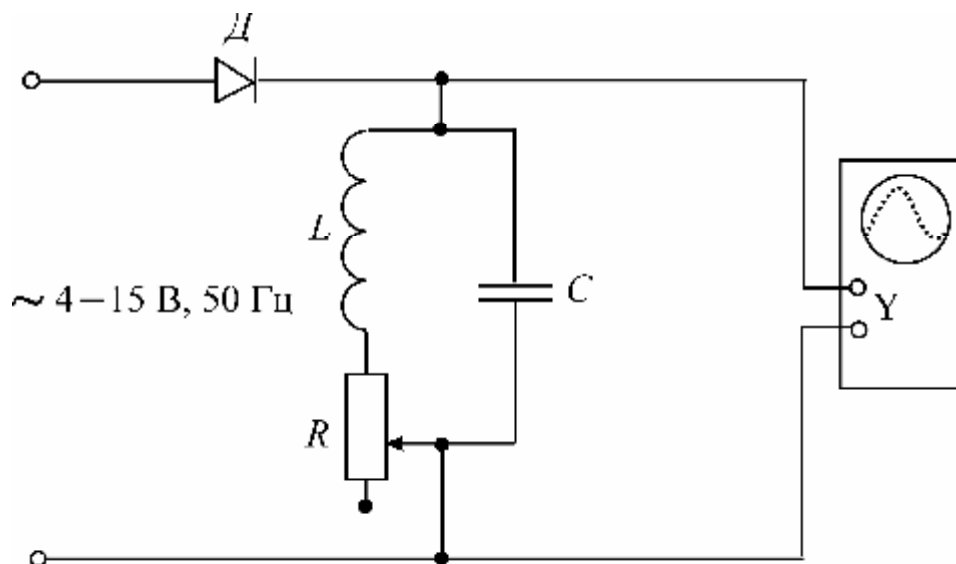


Рис.12-2. Схема для отримання осцилограми загасаючих коливань

Дослід проводять у такій послідовності. Спочатку від'єднують конденсатор і демонструють однопівперіодне випрямлення, настроївши осцилограф так, щоб на екрані помістилось два періоди випрямленого струму. Далі вмикають конденсатор і спостерігають дві осцилограми загасаючих коливань. Плавню зменшують частоту розгортки, щоб одна осцилограма зайняла весь екран. Показують зміну частоти загасаючих коливань за зміни ємності конденсатора й індуктивності котушки. Зменшують опір реостата і показують, що від цього збільшується початкова амплітуда коливань і швидкість загасання.

**Лабораторна робота №13**  
**ВИКОРИСТАННЯ ПРОЕКЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ**  
**В ДЕМОНСТРАЦІЙНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ФІЗИКИ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. Дивись перші три питання до лабораторної роботи №9.
2. У яких випадках використовують вертикальну проекцію? горизонтальну проекцію?
3. Як використовують освітлювач тіньової проекції (ОТП)? Яка будова цього пристрою? Які правила безпечного його використання?
4. Як використовують ванну з дзеркальним дном для проектування хвиль?
5. Як можна змінити довжину хвиль на поверхні води у ванні? На яку глибину занурюють насадки, що закріплені на вібраторі?
6. Як пояснюють учням явище інтерференції хвиль? Явище дифракції хвиль? Як продемонструвати ці явища за допомогою ванни з дзеркальним дном?
7. Як за допомогою електронного стробоскопа «зупинити» на екрані картину поширення хвиль?
8. Як формулюють принцип Гюйгенса? Принцип Гюйгенса–Френеля? Як їх демонструють за допомогою ванни з дзеркальним дном?
9. \*Як пояснити «заломлення» хвиль на поверхні води під час їхнього проходження над плоскою призмою, що лежить на дні ванни?

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

**1. Продемонструвати досліди, використовуючи універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою.**

**1.1. Одержання на екрані вертикальної проєкції демонстраційного лампового діода (або тріода) (ЗП; Л.1, с.253).**

Проекційний апарат ФОС-67 використовують для проектування на екран збільшеного зображення прозорих об'єктів, які легко розташувати у вертикальному положенні. У цій роботі таким об'єктом є ламповий діод (рис. 13-1). Будова лампового діода: скляний балон 1, катод 2, анод 3, стійки 4, до яких приварено катод, гвинтові затискачі-виводи катода 5, ізолюючий цоколь 6, гвинтовий затискач-вивід анода 7.

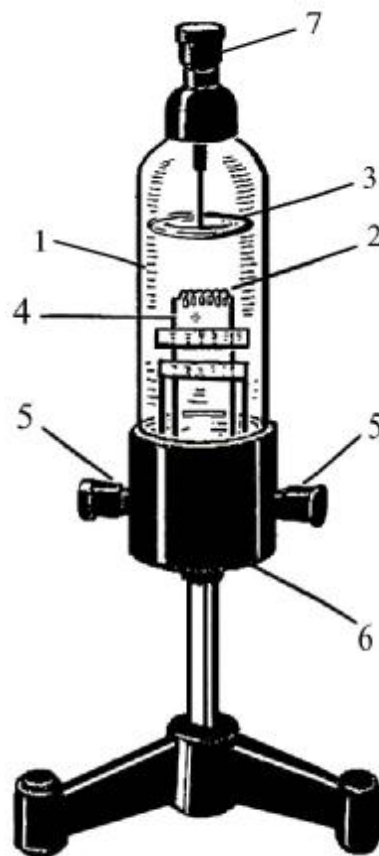


Рис. 13-1. Демонстраційний діод на підставці.

Демонстраційний діод на стрижні встановлюють у рейтері проєкційного апарата перед конденсором і за допомогою об'єктива отримують на екрані чітке зображення. Пояснюють будову діода.

## 1.2. Одержання на екрані горизонтальної проекції обтікання тіл водою за її ламінарного і турбулентного руху (ЗП; Л.3, с.82).

Для демонстрування прозорих тіл, які неможливо розташувати вертикально (насіпні, наливні тіла), використовують горизонтальну проекцію. Установку для демонстрування показано на рис. 13-2. У проекційному апараті ФОС-67 знімають передню лінзу конденсора й на її місце закріплюють камеру горизонтальної проекції (див. рис. 9-1). Лінзу в камеру ставлять горизонтально й безпосередньо на ній розташовують тіла, які потрібно демонструвати (в цій роботі — прилад «Обтікання тіл», його зображено на рис. 13-3). До вертикального стрижня камери прикріплюють об'єктив із дзеркалом. Для отримання чіткого зображення на вертикальному екрані (на стіні) чи стелі об'єктив переміщують уверх–униз. У прилад «Обтікання тіл» наливають воду й, обертаючи ручку, приводять її у рух. Дають пояснення отриманої на екрані картинки.

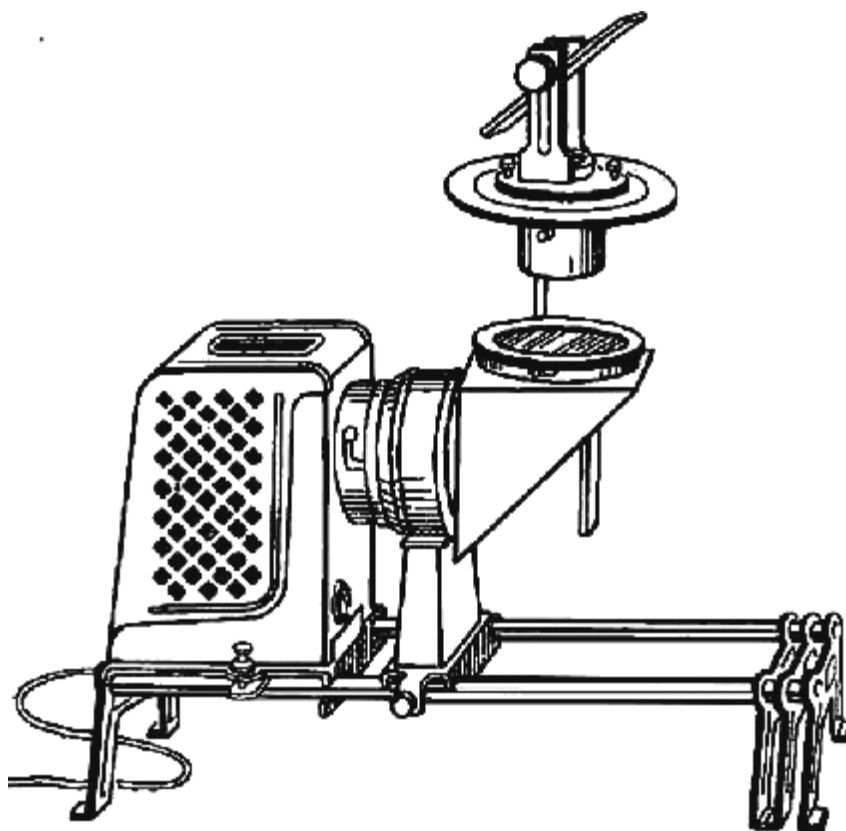


Рис.13-2. Установка для демонстрування горизонтальної проекції

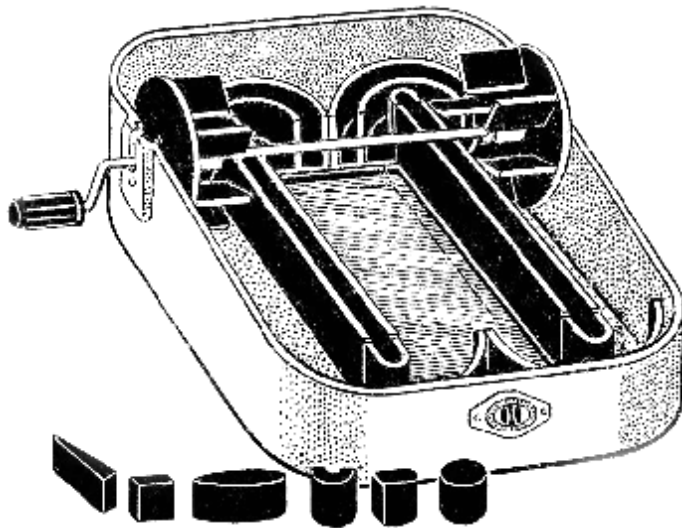


Рис. 13-3. Прилад «Обтікання тіл».

### **1.3. \*Одержання на екрані горизонтальної проекції спектрів електричних полів.**

У цьому досліді використовують прилад для демонстрування спектрів електричних полів — ванну, заповнену рідким діелектриком (олією) з крупинками корку або іншими завислими частинками твердого діелектрика. У ванні розташовують електроди різної форми (точкові, плоскі та ін.), які приєднують до полюсів високовольтного перетворювача. Під дією електричного поля частинки електризуються і розташовуються вздовж силових ліній.

### **2. \*Одержання на екрані проекції росту кристалів.**

Для проектування на екран готують скляну пластинку, яку закріплюють перед конденсором у штормці на оптичній лаві проекційного апарата. На пластинку наносять шар насиченого розчину кухонної солі (або іншої речовини). Рідина швидко випаровується і починається процес кристалізації. Для проектування процесу на екран замість об'єктива використовують мікроскоп, який закріплюють у штативі. Переміщенням мікроскопа досягають чіткого зображення на екрані.

**3. Продемонструвати досліди за допомогою ванни з дзеркальним дном для проектування хвиль та освітлювача тіньової проєкції (ЗП; Л.2, с.82–97; Л.3, с.80–82; Л.5, с.250–252, 255–256).**

Ванна для проектування хвиль (рис. 13-4) це металева прямокутна ванна *1* з похилими краями, встановлена на трьох опорах, дві з яких є рівневими гвинтами *a*. За допомогою цих гвинтів ванну встановлюють горизонтально. На дно ванни кладуть чорну тканину, а на неї — плоске скляне дзеркало *в*. На вужчому краї ванни закріплюють вібратор *2*. На кінці вібратора є гвинт для закріплення насадок. Комплект насадок: з одним зубом *3*, з двома зубами *4* і *5*, з шістьма зубами *6*, плоска лінійка *7*. Крім цього в комплект входять: увігнуте дзеркало *8*, лінза *9*, призма *10*, два плоских екрани з вирізами *11*, *12*. Підставка *г* призначена для зберігання дзеркала в неробочому стані.

Для отримання зображень хвиль на екрані чи стелі біля ванни розташовують освітлювач тіньової проєкції, закріплений у штативі.

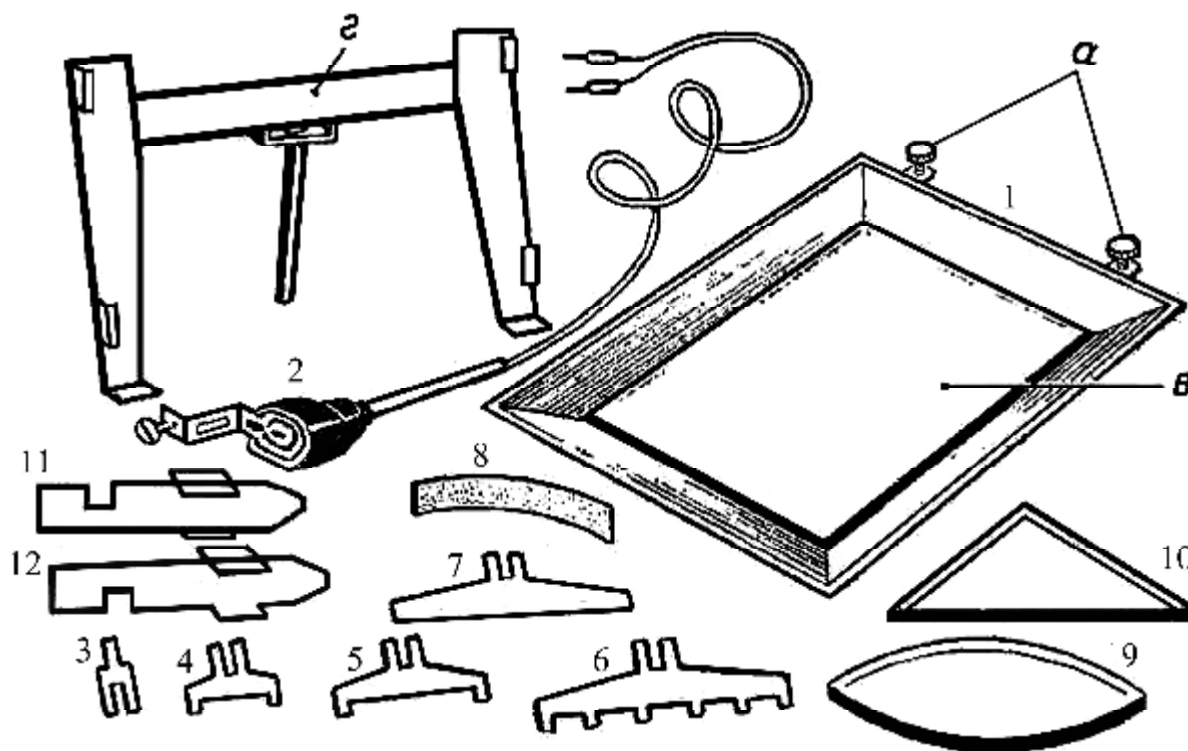


Рис. 13-4. Загальний вигляд ванни для проектування хвиль.

### **3.1. Поширення кільцевих хвиль на поверхні води.**

Щоб отримати низку кільцевих хвиль, на вібраторі закріплюють насадку з одним зубом. Зуб занурюють у воду приблизно наполовину. Легким ударом приводять у рух вібратор. Пояснюють отриману на екрані картину.

\*Для отримання нерухомої картини використовують електронний стробоскоп, який дає періодичні спалахи світла заданої частоти. Частоту встановлюють за допомогою регулятора в межах двох діапазонів. Діапазон частот задають натисканням однієї з двох кнопок.

### **3.2. Інтерференція і дифракція хвиль.**

Для спостереження інтерференції хвиль на вібраторі закріплюють насадку з двома зубами, причому обидва зуба повинні занурюватись у воду наполовину. Вібратор приводять у рух і на екрані отримують інтерференційну картину. Дають пояснення.

Для спостереження дифракції хвиль використовують насадку плоска лінійка. На відстані 10–15 см від вібратора встановлюють плоскі екрани так, щоб між ними залишилась вузька щілина. Приводять у рух вібратор і пояснюють отриману картину.

### **3.3. Принцип Гюйгенса.**

Для демонстрації використовують насадку з одним зубом. Як і в попередньому досліді, встановлюють плоскі екрани, залишивши між ними вузьку щілину. Спостерігають поширення кільцевих хвиль за щілиною як від точкового джерела на хвильовій поверхні.

### **3.4. Принцип Гюйгенса–Френеля.**

Демонстрацію виконують з насадкою, яка має шість зубів. Завдяки додаванню всіх кільцевих хвиль, отриманих від шести когерентних джерел, утворюються хвилі з прямолінійним фронтом.

### **3.5. Відбивання і заломлення хвиль.**

Дослід на відбивання хвиль демонструють з насадкою плоска лінійка. На дно ванни встановлюють плоске дзеркало під кутом  $45^\circ$  до

площини насадки. Відстань між насадкою і дзеркалом 10–15 см. На екрані спостерігають падаючу та відбиту плоску хвилю.

Потім на відстані 10–15 см від вібратора встановлюють увігнуте дзеркало. Приводять у рух вібратор і на екрані спостерігають падаючі плоскі хвилі і відбиті, які збираються у фокусі. Дають пояснення.

Подібно проводять дослід з плоскою призмою. Призму розташовують на дні ванни так, щоб над нею був невеликий шар води. Хвилі від насадки плоска лінійка, проходячи над призмою, заломлюються (змінюють напрям поширення).

**Вказівка.** Для отримання чітких хвильових картин частоту коливань вібратора слід підбирати експериментально. Для кожної демонстрації вона буде іншою.



## **Лабораторна робота №14**

### **ВИКОРИСТАННЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА У НАВЧАЛЬНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ З ФІЗИКИ**

**Питання, які слід з'ясувати перед виконанням роботи.**

1. У яких випадках доцільно використовувати в школі на уроках електронний збірник «Педагогічні програмні засоби. Фізика»?
2. Чи ознайомились ви з описом електронного збірника «Педагогічні програмні засоби. Фізика»?
3. Чи володієте ви навиками роботи у середовищі ОС Microsoft Windows XP.

#### ***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ***

Для забезпечення навчального процесу в загальноосвітніх навчальних закладах Міністерством освіти і науки України рекомендовано комплект дисків електронного збірника *педагогічних програмних засобів* (ППЗ): «Віртуальна фізична лабораторія. Фізика 7–9», «Віртуальна фізична лабораторія. Фізика 10–11», «Бібліотека електронних наочностей. Фізика 7–9», «Бібліотека електронних наочностей. Фізика 10–11», «Електронний задачник. Фізика 7–9» та ін. (рис. 14-1).

Використовуючи ППЗ під час цієї лабораторної роботи, студент має виконати такі експериментальні завдання:

- 1. Відтворити фрагмент самостійного заняття учня.**
- 2. Сконструювати фрагмент уроку.**
- 3. Сконструювати тест для учнів.**
- 4. Виконати одну віртуальну лабораторну роботу (за вибором студента).**



Рис. 14-1. Комплект дисків ППЗ.

**ППЗ забезпечує роботу в таких режимах:** самостійна робота учнів; проведення уроку вчителем з використанням ППЗ; робота учнів з ППЗ у комп'ютерному класі; конструктор уроків.

У режимі *самостійної роботи учнів* можна ознайомитись із вмістом електронної сторінки, переглянути та виконати лабораторні роботи, включені до ППЗ.

У режимі *проведення уроку* ППЗ дає змогу вчителю вибирати фрагменти занять, відтворювати підготовлені демонстраційні експерименти.

У режимі *роботи учнів у комп'ютерному класі* вчитель має змогу вибрати зі списку та призначити учням завдання, зареєструвати учнів з їхніх робочих місць, відслідковувати засвоєння ними запропонованого завдання, переглянути та зберегти результати роботи учнів.

У режимі *конструктора уроків* можна створювати фрагменти заняття або редагувати існуючі.

Структура ППЗ дає змогу використовувати його для підтримки як індивідуальних, так і групових форм роботи учнів, проводити самостійні дослідження під час виконання лабораторних робіт, розв'язувати експериментальні задачі.

**Учитель за допомогою ППЗ має можливість:**

– знайомити учнів з приладами, необхідними в процесі виконання лабораторної роботи, використовуючи інформацію, що міститься в модулях «Галерея приладів»;

– забезпечити індивідуальне та групове виконання фронтальних лабораторних робіт (рис. 14-2), за допомогою тренажерів формувати експериментальні уміння та навички учнів при підготовці до виконання реальних фронтальних лабораторних робіт;

– створювати нові фрагменти занять, користуючись фондом бібліотек ППЗ (рис. 14-3) та вмонтованою в нього оболонкою «Конструктор уроку»;

– пропонувати учням експериментальні завдання різних рівнів складності (рис. 14-4);

– доповнювати уроки практичними завданнями з електронного задачника (рис. 14-5, 14-6);

– перевіряти шляхом тестування ступінь практичних умінь і навичок учня (рис. 14-7).

**Учень за допомогою ППЗ має можливість:**

– самостійно виконувати віртуальні лабораторні роботи з фізики в оптимальному для нього темпі;

– отримати повну інформацію про предмет дослідження, способи реалізації дослідження, прилади та обладнання, які потрібні для проведення дослідження;

– спостерігати за динамікою різних фізичних процесів;

– задавати рівень складності завдань.

ППЗ дає учневі змогу готуватись до уроків, опанувати пропущений за тих чи інших причин матеріал, повторити матеріал з попередніх класів, самостійно оцінити свої знання тестуванням.



Рис. 14-2. Відео фрагмент виконання лабораторної роботи.

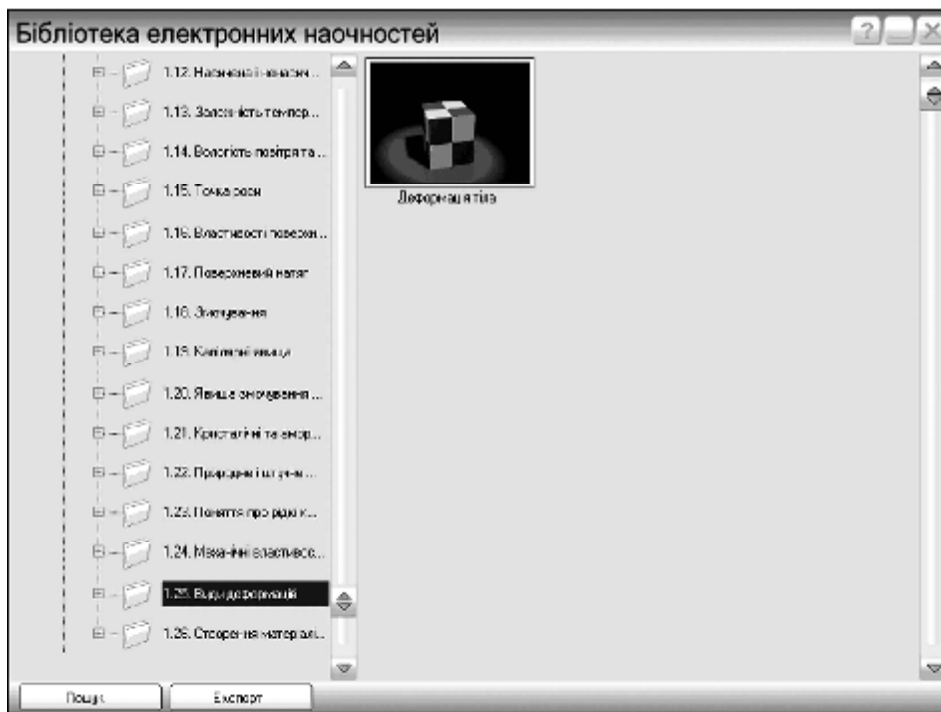


Рис. 14-3. Головне вікно «Бібліотека електронних наочностей».

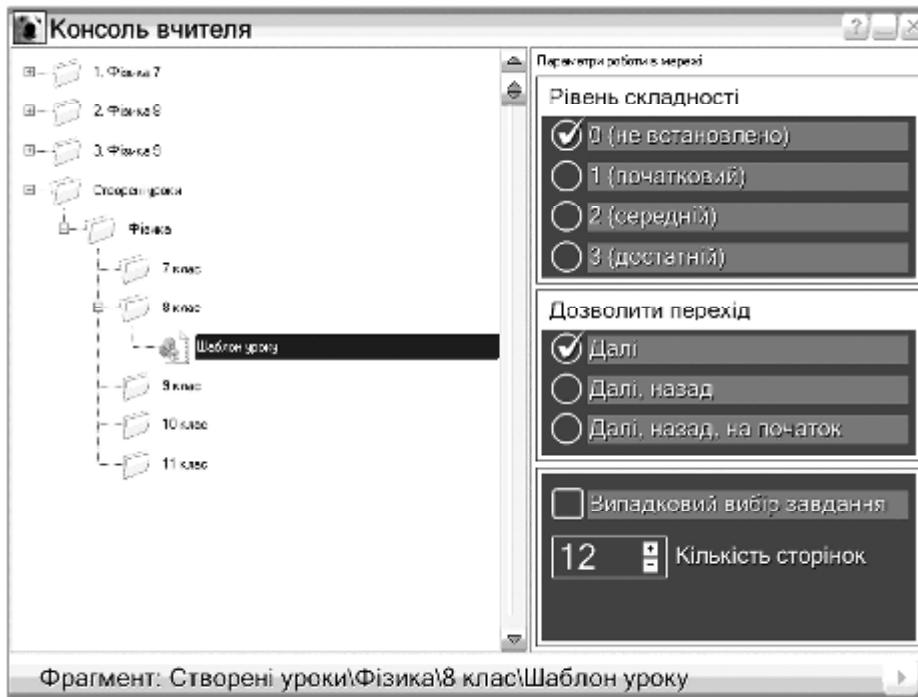


Рис. 14-4. Головне вікно «Консоль вчителя».

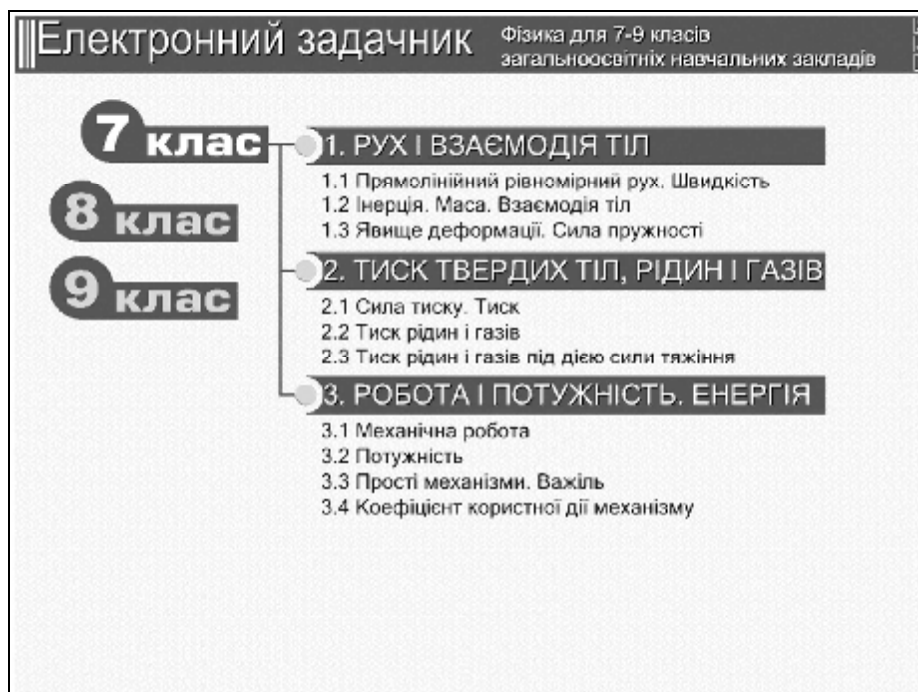


Рис. 14-5. Головне вікно «Електронний задачник».

Рішення задач

**Задача 1.**  
Алюмінієва деталь масою 1 кг охолоджується на 1 °С. Як теплоти виділяється при охолодженні деталі?

<b>Дано:</b>	<b>Розв'язування:</b>
$m = 1 \text{ кг}$	Кількість теплоти, що виділяється деталі обчислити за формулою
$t_2 - t_1 = 1 \text{ °С}$	$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1);$
$c = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$	$Q = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ °С} = 920 \text{ Дж.}$
$Q = ?$	<b>Відповідь:</b> $Q = 920 \text{ Дж.}$

Рис. 14-6. Вікно «Електронного задачника» з практичними завданнями.

Віртуальна Лабораторія | Фізика 8 клас. Лабораторна робота 2

Дайте відповіді на запитання:

1. Яке з наступних значень є найбільш точним?

+1 °С  
 ± 2 °С  
 +0,5 °С

2. Яке з наступних значень є найбільш точним?

± 1 мм  
 ± 2 мм  
 ± 0,5 мм

3. Чому в дослідах не спостерігається абсолютна рівність значень  $Q_1$  і  $Q_2$ ?

Абсолютна похибка вимірювань приладів визначена не вірно.  
 Відбуваються втрати тепла на випромінювання в оточуюче середовище.

**результат тестування:**

виконано 2 з 3

правильних відповідей 0 ( 0 %)

Рис. 14-7. Вікно самоперевірки з результатами тестування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе. Ч.1. Механика, молекулярная физика, основы электродинамики / Под ред. А.А.Покровского. - М.: Просвещение, 1978.
2. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе. Ч.2. Колебания и волны. Оптика. Физика атома / Под ред. А.А.Покровского. - 3-е изд., перераб. - М.: Просвещение, 1979. - 287 с.
3. Коршак Е.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту: Практикум. - К.: Вища школа, 1981. - 280 с.
4. Лекционные демонстрации по физике / Под ред. В.И.Ивероной. 2-е изд., перераб. - М.: Наука, 1972. - 640 с.
5. Марголис А.А. и др. Практикум по школьному физическому эксперименту. 3-е изд., перераб. и дополн. - М.: Просвещение, 1977. - 304 с.
6. Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики: Механіка: Посібник для вчителів. - К.: Рад. школа, 1980. - 144 с.
7. Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики: Молекулярна фізика: Посібник для вчителів. - К.: Рад. школа, 1982. - 139 с.
8. Пастернак Н.В., Лах Х.Г. Планування і проведення уроків фізики. Методичні вказівки. - Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2000. - 18 с.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
ВСТУП.....	5
Вимоги до студентів .....	5
Загальні вимоги до демонстраційних дослідів .....	6
Скорочені позначення, використані в методичних вказівках .....	12
Звіт про виконання лабораторної роботи (зразок) .....	13
<b>ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ</b>	
1. Навчальні експерименти з кінематики .....	18
2. Навчальні експерименти з динаміки .....	25
3. Навчальні експерименти з молекулярної фізики і термодинаміки .....	29
4. Навчальні експерименти з електростатики .....	35
5. Навчальні експерименти з постійним струмом .....	44
6. Навчальні експерименти з електромагнетизму .....	51
7. Навчальні експерименти зі змінним струмом .....	58
8. Навчальні експерименти з геометричної оптики .....	63
9. Навчальні експерименти з дисперсії і поляризації світла .....	70
10. Навчальні експерименти з інтерференції і дифракції світла .....	76



---

11. Навчальні експерименти з квантової фізики .....	81
12. Використання електронного осцилографа в демонстраційному експерименті з механічних та електромагнітних коливань .....	85
13. Використання проекційної апаратури у демонстраційному експерименті з фізики .....	90
14. Використання персонального комп'ютера у навчальному експерименті з фізики .....	97
ЛІТЕРАТУРА .....	103
ЗМІСТ .....	104

Навчальне видання

**Пастернак Наталія Василівна  
Конопельник Оксана Ігорівна  
Радковська Оксана Володимирівна**

**МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ  
НАВЧАЛЬНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ**

Комп'ютерна верстка — Н. Гладка

Підп. до друку 20.07.2007. Формат 60×84/16. Папір друк.  
Умовн. друк. арк. 6,0. Обл.-вид. арк. 6,6. Наклад 50 прим. Зам.

Видавничий центр Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000