

53(01)

170

В. В. КОРШАК, Б. Ю. МИРГОРОДСЬКИЙ

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ШКІЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Практикум

A decorative graphic element at the bottom of the cover, consisting of a light-colored wavy line that separates the dark green upper section from a lighter green lower section. The lower section features a circular cutout on the right side.

301
Є. В. КОРШАК, Б. Ю. МИРГОРОДСЬКИЙ

МЕТОДИКА І ТЕХНІКА ШКІЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

ПРАКТИКУМ

Допущено Міністерством освіти УРСР
як навчальний посібник для студентів
фізико-математичних факультетів
педагогічних інститутів

НБ ПНУС



bn3181

Київ
Головне видавництво
видавничого об'єднання
«Вища школа»
1981

ББК 74.265.1я73
53(07)
К70

УДК 53(07)

Коршак Е. В., Миргородский Б. Ю. Методика и техника школьного физического эксперимента. Практикум: Учеб. пособие для пед. ин-тов. — Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981, — 280 с. 2041. 4309010000.

В практикуме изложены общие вопросы методики и техники школьного физического эксперимента. Разработана система лабораторных работ, предусмотренных программами по методике преподавания физики. Освещены наиболее сложные вопросы школьного физического эксперимента, в частности его роль в системе изучения физики. В лабораторных работах предусмотрены вопросы для самопроверки и контроля качества подготовки студентов к выполнению работ.

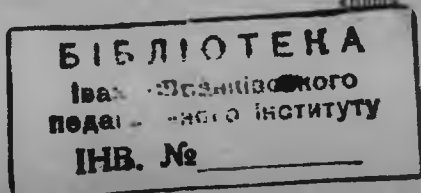
Пособие предназначено для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов и университетов. Оно будет полезным также учителям физики средних общеобразовательных школ.

Ил. 259. Табл. 5.

Редакція літератури з математики і фізики
Зав. редакцією Є. Л. Корженевич

К 20401—042
310—81 4309010000
М211(04)—81

© Видавниче об'єднання
«Вища школа», 1981



ПЕРЕДМОВА

Комуністична партія і Радянська держава приділяють постійну увагу питанням поліпшення роботи системи народної освіти і удосконалення навчально-виховного процесу в середній і вищій школі. У постанові ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР «Про дальший розвиток вищої школи і підвищення якості підготовки спеціалістів» зазначається, що головна увага вищої школи має бути зосереджена на всебічному поліпшенні якості професійної підготовки і ідейно-політичного виховання спеціалістів, зміцненні зв'язку з виробництвом і практикою комуністичного будівництва.

Особливі вимоги ставляться до підготовки майбутніх учителів, які покликані виховувати спеціалістів для всіх галузей народного господарства і культури нашої країни. Сучасний учитель, у тому числі вчитель фізики, повинен аналітично мислити, вміти виділити істотне і головне в бурхливому потоці інформації з свого предмета, навчити учнів експериментально досліджувати явища навколишнього середовища. Такі риси вчителя формуються всією системою підготовки його у вищій школі. Важливе значення мають, зокрема, ті ділянки роботи, де студенти можуть виявити найбільше самостійності. Однією з таких ділянок і є практикум з методики й техніки шкільного фізичного експерименту, розробці якого й присвячено цей посібник.

Завдання дальшого удосконалення навчально-виховного процесу в середній школі на сучасному етапі з необхідністю передбачає пошуки і запровадження таких форм і методів організації пізнавальної роботи учнів, за допомогою яких значну кількість навчальної інформації учні дістають самостійно, внаслідок активної розумової діяльності. В цьому велике значення має навчальний експеримент, особливо методика його проведення. Тому

методиці проведення дослідів на різних етапах оволодіння навчальним матеріалом і приділено велику увагу в посібнику. Звичайно, в книзі не розглядається весь фактичний матеріал методики і техніки навчального експерименту з фізики, який буде потрібний учителеві в школі, однак показано окремі напрями вдосконалення процесу навчання з використанням експерименту.

В основу посібника покладено досвід проведення практикуму з методики і техніки шкільного фізичного експерименту на кафедрі методики викладання фізики Київського державного педагогічного інституту ім. О. М. Горького. Крім того, автори використали досвід проведення такого практикуму в Московському державному педагогічному інституті ім. В. І. Леніна.

Посібник складається з трьох розділів. У першому розділі висвітлено загальні питання методики й техніки проведення шкільного навчального експерименту. В другому описано загальне обладнання шкільних фізичних кабінетів. Третій розділ містить завдання з методики і техніки проведення різних видів навчального експерименту з найбільш важливих і складних тем шкільного курсу фізики.

Усі зауваження й побажання щодо змісту посібника просимо надсилати на адресу: 252 054, Київ-54, Гоголівська, 7, Головне видавництво видавничого об'єднання «Вища школа», редакція літератури з математики і фізики.

РОЗДІЛ І. НАВЧАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ У СИСТЕМІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ

§ 1. СИСТЕМА ШКІЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ З ФІЗИКИ

Навчальний експеримент у школі є основою вивчення фізики. Без перебільшення можна сказати, що якість знань і практична підготовка учнів з фізики перебувають у прямій залежності від якості фізичного експерименту. Шкільний фізичний експеримент підводить учнів до розуміння сучасних фізичних методів дослідження, виробляє у них практичні вміння і навички.

Проїшовши тривалий шлях розвитку, шкільний фізичний експеримент перетворився з окремих дослідів у струнку систему навчального експерименту¹, яка охоплює такі його види:

- 1) демонстраційні досліді, виконувані вчителем;
- 2) фронтальні лабораторні роботи;
- 3) роботи фізичного практикуму;
- 4) експериментальні задачі;
- 5) позакласні досліді.

Усі ці види шкільного фізичного експерименту підпорядковані загальній меті навчання і виховання. Проте, крім цієї загальної меті, кожен вид навчального експерименту має більш вузьке цільове призначення, свої особливості в методиці і техніці проведення експерименту.

§ 2. ЗМІСТ І ЗНАЧЕННЯ ДЕМОНСТРУВАНЬ З ФІЗИКИ

Під демонструваннями з фізики розуміють покази фізичних явищ і зв'язків між ними. Демонстрування звичайно поділяють на дві групи: демонстрування самих фізичних явищ і демонстрування засобів унаочнення (моделей, плакатів, слайдів та ін.). Обидві ці групи демонструвань взаємно доповнюють одна одну, але основою для педагогічного процесу є перші з них, тобто демонстрування дослідів.

Демонстрування дослідів — активний цілеспрямований процес, у ході якого вчитель керує відчуттями та сприйманнями учнів і на їх основі формує певні поняття й переконання.

Метод і завдання демонструвань можуть бути різними. Здебільшого їх застосовують при розв'язуванні таких дидактичних завдань:

а) створення початкових уявлень про фізичні явища (наприклад, демонстрування механічних рухів, теплової дії струму);

¹ Під системою навчального експерименту автори розуміють сукупність взаємопов'язаних предметів навчального обладнання, методів і методичних прийомів, що відповідають домінуючій концепції навчання і виховання.

б) формування фізичних понять;
в) встановлення функціональних залежностей між величинами (демонстрування залежності опору провідників від температури, залежність прискорення тіла від його маси та ін.);
г) підведення учнів до розуміння сучасних фізичних методів дослідження (осцилографічного, стробоскопічного, спектрального та ін.);

д) показу практичного застосування фізичних законів в інших науках і техніці;

е) розкриття принципів, покладених в основу деяких технологічних процесів (електрофарбування, електроіскрова обробка матеріалів, міднення та ін.);

є) показу в мініатурі природних явищ (грим, блискавка, північне сяйво, райдуга);

ж) формування практичних умінь і навичок у поведженні з фізичною апаратурою.

Демонстрування дослідів завжди пов'язане з відповідними поясненнями вчителя. У зв'язку з цим важливого значення набуває доцільне поєднання класного експерименту із словом учителя. Відомий радянський педагог професор Л. В. Занков визначив чотири форми поєднання слова вчителя і демонстраційного експерименту¹.

I форма. Учні дістають навчальну інформацію, спостерігаючи дослід, у процесі проведення якого вчитель дає відповідні вказівки і пояснення, спрямовує в бажаному напрямі розумову діяльність учнів.

II форма. Учитель, спираючись на спостереження учнями наочних об'єктів і на наявні у них знання, веде їх до усвідомлення і формування таких зв'язків у явищах, яких учні самостійно не можуть побачити в процесі сприймання.

III форма. Відомості про об'єкт, що вивчається, учні дістають від вчителя, а засоби уаочнення і досліді є підтвердженням або конкретизацією словесних повідомлень.

IV форма. Спираючись на відомості, одержувані учнями в процесі спостереження, учитель повідомляє про такі зв'язки між явищами, які безпосередньо учнями не спостерігаються, або робить висновок, об'єднуючи, узагальнюючи окремі результати спостережень.

Експериментально встановлено, що більш міцні й свідомі знання дають I і II форми поєднання демонструвань і слова вчителя. Тому цим формам слід надавати перевагу над іншими при проведенні демонстраційного експерименту з фізики.

§ 3. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ДОСЛІДІВ З ФІЗИКИ

Демонстраційний дослід передає інформацію в основному за допомогою зорових образів, тому забезпечення доброї видимості під час демонструвань — одна з найважливіших вимог до нього. Ігнорування цієї вимоги, як правило, приводить до порушення дисципліни і втрати учнями інтересу до питань, що розглядаються на уроці.

¹ Занков Л. В. Наглядность и активизация учащихся в обучении. М., Учпедгиз, 1960.

Потрібна видимість забезпечується відповідним конструюванням приладів, розміщенням їх, а також застосуванням деяких спеціальних заходів і прийомів, вироблених практикою викладання (про це мова йтиме далі).

Не менш важливою вимогою до демонстраційного експерименту є наочність його. Під «наочністю» розуміють чітку й зрозумілу постановку досліду. Для цього слід складати найбільш прості установки, використовувати уже знайомі учням прилади. Учителю завжди повинен намагатися досягти потрібного результату найпростішими засобами.

Кожне демонстрування має бути переконливим, не викликати сумнівів у достовірності здобутих результатів. Тому, проводячи демонстраційний дослід, треба повністю виключати або зводити до мінімуму різні побічні явища, які можуть відвертати увагу учнів від основного. Для цього інколи доводиться проводити додаткові досліді. Наприклад, проводячи досліді з тілами різних мас, треба насамперед переконати учнів у тому, що тіла справді мають різну масу.

Психологічні дослідження показують: чим сильнішою буде дія досліду на органи чуттів, тим міцніше він запам'ятовується. Тому демонстраційні досліді мають бути достатньо емоційними для збудження в учнів почуттів «здивованості», «захоплення», «незвичності», тобто почуттів, необхідних для виникнення проблемної ситуації.

Одним з найважливіших факторів педагогічного процесу є раціональне використання часу. Учителю завжди потрібно стежити, щоб темп виконання досліду відповідав темпу сприймання учнями демонстраційного матеріалу. Значно зекономити час на уроці можна в процесі попередньої підготовки досліду вчителем. Наприклад, тривалість кипіння води при зниженому тиску можна значно скоротити, якщо воду брати не холодною, а заздалегідь підігріту.

Важливою методичною вимогою до демонстраційних дослідів є їх надійність. Невдале демонстрування завжди порушує нормальний хід уроку, підриває авторитет учителя і призводить до дезорганізації роботи в класі. Надійності дослідів добиваються ретельною підготовкою їх, багаторазовою перевіркою, вибором найбільш вдалих приладів і деталей.

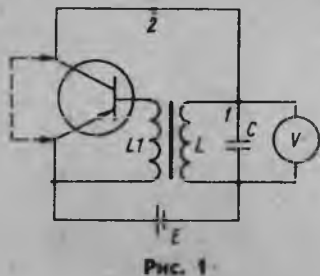
Проведення дослідів має сприяти естетичному вихованню учнів. Критерієм естетичності досліду є насамперед якість створення потрібних ефектів для правильного формування уявлень про виучуване явище.

Проведення будь-якого досліду повинне здійснюватись при суворому дотриманні правил техніки безпеки (правила техніки безпеки розглядаються в § 7).

§ 4. ТЕХНІКА ПІДГОТОВКИ І ПРОВЕДЕННЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ДОСЛІДІВ

Як уже зазначалося, для проведення демонстраційних дослідів слід складати найпростіші установки, в яких використовуються поширені в школах прилади і деталі. Відомо, що для проведення того самого досліду існує значна кількість варіантів установки. При виборі експериментальних установок треба виходити з таких критеріїв:

1) ефективність дослідів;



2) можливість пояснити принципи дії приладу чи установки, якщо це потрібно, на даному етапі або взагалі при вивченні фізики в школі;

3) простота і зручність приладів та установок у налагодженні й використанні їх;

4) час, відведений на підготовку та проведення досліду;

5) можливість використання певного приладу чи установки в якомога більшій кількості дослідів як при вивченні даного питання, так і при розгляді інших питань курсу фізики,

а також на факультативних і позакласних заняттях;

6) наявність у школах деталей для приладів і установок, їх вартість і можливість придбання;

7) додержання правил техніки безпеки під час проведення дослідів учителем і учнями та ін.

Зрозуміло, що не завжди вдається повністю виконати ці вимоги, але керуватися ними конче потрібно для створення оптимальних комплексів навчального обладнання.

Основні методичні вимоги до демонстраційних дослідів розглянуто в попередньому параграфі. Пізніше на конкретному прикладі покажемо техніку виконання одного з важливих дослідів, який розкриває принципи утворення незатухаючих електромагнітних коливань за допомогою автоколивальної системи.

Схему найпростішого генератора незатухаючих електромагнітних коливань показано на рис. 1. В установку входять деталі, які практично є в кожній школі: L — дросельна котушка на осерді шкільного універсального трансформатора (котушка коливального контура); $L1$ — котушка на 220—120 вольт шкільного універсального трансформатора (котушка зворотного зв'язку); C — електролітичний конденсатор ємністю 500—5000 мікрофарад з робочою напругою 12 В і більше (конденсатор коливального контура); транзистор на панелі з клемми з набору напівпровідникових приладів; E — батарея 3336 або інші джерела постійного струму з напругою 4—6 В. Як індикатор коливань використовують демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 5 або 15 В.

Схема генератора точно відповідає розглянутому генератору в підручнику для 10 класу, що особливо цінно. Експеримент найбільш ефективний тоді, коли він органічно пов'язується з викладом матеріалу в підручнику і з використанням інших дидактичних засобів, зокрема екранних засобів, матеріалів для самостійної роботи учнів.

Досліди з генератором проводять на завершальному етапі формування знань про принципи утворення незатухаючих коливань за допомогою автоколивальних систем. Спочатку демонструємо затухаючі повільні коливання в контурі. Потім пробуємо поповнювати енергію в коливальному контурі, приєднуючи у відповідні моменти джерело живлення для підзарядки конденсатора. А вже після цього розпочинаємо демонстраційні досліди з самим генератором.

Щоб дістати незатухаючі коливання, замикаємо провідником емітер і колектор транзистора (на схемі показано пунктиром). При цьому зарядиться конденсатор коливального контура. Тепер забираємо провідник і спостерігаємо незатухаючі коливання напруги на

обкладках конденсатора. Якщо коливання не виникають, то слід поміняти місцями провідники, що йдуть до котушки зворотного зв'язку.

Щоб краще зрозуміти роль транзистора (або лампи) в генераторі, можна продемонструвати ще такий дослід. У коло колектора (точка 2 на схемі) вмикаємо демонстраційний амперметр з реостатом-шунтом, увімкнемим для вимірювання в колах постійного струму. Використовуємо шкалу гальванометра з нульовою поділкою по середині. Закоротивши колектор та емітер транзистора, як і в попередньому досліді, дістаємо незатухаючі коливання. Вольтметр при цьому вказує на зміну напруги на обкладках конденсатора за значенням і знаком, а амперметр показує, що транзистор пропускає до коливального контура від джерела живлення тільки імпульси струму в один з півперіодів коливань, які відбуваються в контурі. Отже, учні ще раз можуть пересвідчитися в тому, що роль транзистора (лампи) зводиться до ролі автоматичного ключа, роботою якого керує система зворотного зв'язку.

Доцільно звернути увагу на таку особливість у роботі розглянутого тут найпростішого генератора. Щоб збудити коливання, ми закорочували колектор і емітер транзистора. Це робиться для того, щоб вивести систему із стану рівноваги (зарядити конденсатор). Подібне явище можна спостерігати в багатьох автоколивальних системах. Так, годинник «ходики» не працюватиме доти, поки його маятник не дістане зовнішній поштовх.

Докладно методу проведення дослідів ми тут не розглядати, оскільки про це йтиметься у наступних розділах. Спинимось тільки на деяких питаннях роботи вчителя при підготовці досліду.

Обов'язковим правилом для вчителя мусить бути виконання кожного досліду під час підготовки до уроку. На цьому етапі роботи потрібно вибрати найефективніші умови проведення досліду. Так, для досліду з генератором потрібно вибрати додатковий опір до вольтметра таким, щоб розмах коливань стрілки приладу був значним (щоб стрілка відхилялась практично на всю шкалу). Аналогічно підбирають за допомогою реостата-шунта чутливість амперметра. При такій роботі вчитель набуває навичок швидко і правильно складати схему, продумує послідовність проведення досліду тощо. Важливо також, щоб кожного разу вчитель ставив себе на місце учнів, зміг оцінити, як видно учням прилади, що потрібно зробити, щоб підвищити ефективність досліду.

У багатьох випадках для демонстраційних дослідів треба вготівляти певні нескладні пристосування. До цієї роботи залучають учнів. Їхньою допомогою варто користуватись і при підготовці дослідів, що прищеплює їм інтерес до фізики, до експериментальних досліджень. Академік П. Л. Капіца говорив: «Учням слід виготовляти фізичні прилади по можливості самим, і чим більш простими засобами вони ставитимуть експеримент, тим він цінніший» («Фізика в школі», 1967, № 2).

На необхідність вибору для експерименту найпростіших установок звертав увагу й Е. Резерфорд. Хоч висловлювання цього видатного вченого стосуються суто наукового експерименту, проте вони повною мірою можуть бути застосовані й до експерименту навчального. Е. Резерфорд писав: «Фактично я завжди твердо вірив у те, що слід підходити до наукових проблем найпростішим з можливих шляхів. Я завжди вважав, що надто багато часу витрачається на створення складних установок, однак якщо спочатку добре

подумати, можна заощадити чимало часу і грошей» («Успехи физических наук», т. 96, вип. 1, 1968, с. 173).

Не слід думати, що всі досліди можна поставити на найпростішому обладнанні. У навчальний експеримент дедалі більше включається складних сучасних приладів, які широко використовують і в наукових дослідженнях. У школах з'явилась значна кількість електронних осцилографів, генераторів, лазерів тощо. При розробці демонстраційних дослідів їх також треба використовувати з максимальною ефективністю.

Окремі прилади можуть бути й такими, які призначаються тільки для одного досліду. Наприклад, трубку для демонстрування газового розряду при зниженні тиску в ній можна використати практично лише на одному уроці, але виготовляти для шкіл такі прилади потрібно й доцільно.

Немає сумніву в тому, що при систематичній роботі над демонстраційним експериментом кожен учитель знайде ще значну кількість дослідів, в яких ефективно використовуватимуться наявні в школах прилади та установки.

§ 5. ФРОНТАЛЬНІ ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ І ФІЗИЧНІ ПРАКТИКУМИ

Програмами з фізики для середньої школи значна частина навчального часу відводиться на самостійне виконання учнями лабораторних робіт. При вивченні окремих питань програми учні під безпосереднім керівництвом учителя виконують фронтальні лабораторні роботи. Особливістю їх є те, що всі учні класу одночасно виконують ту саму роботу. Це полегшує працю вчителя на уроці, даючи йому можливість оперативно керувати діяльністю учнів, контролювати хід виконання роботи на кожному її етапі. Залежно від змісту і складності фронтальної лабораторної роботи на виконання її може бути відведено від 5 до 45 хв. Наприклад, при вивченні фізики в 7 класі лабораторна робота «Одержання зображень магнітних полів» може бути виконана всього за кілька хвилин, а на виконання роботи «Визначення ефективності установки з електричним нагрівником» потрібно відвести цілий урок.

Одним з видів навчального експерименту є фізичні практикуми, до яких включаються складніші лабораторні роботи, які можуть бути проведені в кінці великих розділів. Особливістю фізичних практиків є те, що при проведенні їх учні одночасно виконують різні роботи. Фізичні практикуми, як і фронтальні лабораторні роботи, учні виконують індивідуально або групами (2—3 учні) залежно від конкретних умов школи, укомплектованості її фізичного кабінету.

Виконуючи фронтальні лабораторні роботи, учні досліджують чи розглядають одне або невелику кількість споріднених питань. Якщо проводяться фізичні практикуми, то в них треба включати ширше коло питань, які стосуються всього розділу або навіть різних розділів.

Кількість вказаних у програмах лабораторних робіт, як і демонстраційних дослідів, є обов'язковою. Але вчителю дається право залежно від умов школи, рівня підготовки учнів певного класу, методики вивчення матеріалу, якої дотримується вчитель, замінювати лабораторні роботи рівноцінними їм або більш ефективними. Обов'язковими є також організаційні форми проведення лаборатор-

них робіт: передбачені програмами фронтальні роботи повинні виконуватись фронтально. Бажано, звичайно, розширити кількість фронтальних лабораторних робіт, якщо для цього є відповідне обладнання і роботи органічно вплітаються в процес вивчення того чи іншого матеріалу. Особливо це слід робити при вивченні тих розділів, в яких кількість фронтальних робіт, передбачених програмами, незначна.

Важливою вимогою програм є обов'язкове використання часу, що відводиться на фізичні практикуми, за прямим призначенням. У програмах подано перелік робіт фізичного практикуму і вказується час, відведений на виконання їх. Наприклад, у 9 класі на виконання робіт практикуму відведено 16 годин і є перелік 19 робіт. Учитель може вибрати для проведення 8 робіт, розрахованих на 2 години кожна, а може поставити 16 одноденних робіт. Зрозуміло, що список таких робіт учитель може дещо розширити, якщо для цього є відповідне обладнання й оригінальні дидактичні ідеї.

У більшості шкіл фізичні практикуми проводять наприкінці навчального року, але при відповідному обладнанні фізичних кабінетів такі практикуми логічно проводити після вивчення великих розділів програми. У 9 класі, наприклад, один практикум доцільно виконати наприкінці вивчення питань молекулярної фізики, а другий — наприкінці вивчення електродинаміки. У 10 класі один практикум можна провести після вивчення теорії коливань, а другий — після вивчення оптики, атомної і ядерної фізики. Це дасть можливість тісніше пов'язати фізичні практикуми з вивченням певного кола питань, їх узагальненням і закріпленням.

Основна мета лабораторних робіт: ознайомити учнів з експериментальним методом дослідження фізичних явищ; формувати розуміння принципів вимірювання фізичних величин, оволодіти способами і технікою вимірювань, а також методами аналізу похибок.

§ 6. РОЛЬ ЕКСПЕРИМЕНТУ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В ШКОЛІ

Навчальний фізичний експеримент — одна з найважливіших діяльностей у системі оволодіння матеріалом фізики. Аналіз дидактичних можливостей навчального експерименту показує, що він може бути використаний на різних етапах вивчення матеріалу та з різною дидактичною метою.

Розглянемо основні етапи оволодіння учнями навчальним матеріалом і, виходячи з цього проаналізуємо можливості навчального фізичного експерименту. Найефективнішим є так званий евристичний метод вивчення матеріалу, коли значну частину необхідних висновків учні роблять самостійно, використовуючи дані навчального експерименту (демонстраційного, фронтального, експериментальних задач тощо). Основні етапи діяльності вчителя і учнів на уроці можна показати схематично.

На схемі ми показуємо не тільки послідовні етапи вивчення матеріалу, а й зазначаємо основних виконавців тієї або іншої навчальної роботи. Це допомагає чіткіше уявити роль учителя в кожний момент уроку, відповідно готуватись до цього. Зрозуміло, що найбільших успіхів досягають ті вчителі, які вміють організувати процес навчання, ефективно керувати пізнавальною діяльністю учнів.

**Схема організації навчальної діяльності
при евристичному методі вивчення матеріалу**

№ п/п	Вид діяльності	Хто виконує основні функції
1	Короткі висновки про раніше вивчений матеріал, який буде потрібний при вивченні нового матеріалу	Учитель з використанням знань учнів
2	Постановка навчальної проблеми	Учитель
3	Постановка навчального експерименту в комплексі з іншими дидактичними засобами	Учитель; по можливості учні
4	Обробка результатів експерименту.	Учні
5	Висновки з експерименту Узагальнення висновків; формулювання досліджуваної закономірності	Учитель; учні під керівництвом учителя
6	Історія відкриття закономірності; значення її для розвитку господарства, науки	Учитель; по можливості учні
7	Формування практичних умінь і навичок у застосуванні вивченої закономірності	Учні під керівництвом учителя
8	Підведення підсумків і накреслення перспективних проблем	Учитель

Під керівництвом учителя учні повинні самостійно відшукати максимально можливу кількість інформації, яку потрібно засвоїти. Ще К. Д. Ушинський вказував на необхідність саме такої організації навчального процесу: «Якщо навіть припустити, що учень зрозуміє думку, пояснену йому вчителем, то і в такому випадку думка ця ніколи не вляжеться в голову його так міцно і свідомо, ніколи не стане такою повною власністю учня, як тоді, коли він сам її виробить» (Ушинський К. Д. Собрание сочинений, т. 10. М.-Л., Изд-во АПН, 1950, с. 422).

Виходячи із вищесказаного, спробуємо проаналізувати можливість навчального експерименту. Для прикладу візьмемо урок на тему «Дослідження затухаючих електромагнітних коливань у коливальному контурі». Після короткого узагальнення матеріалу, який розглядався раніше (перетворення енергії в коливальному контурі, коливання заряду, напруги і сили струму), ставимо питання про необхідність експериментального дослідження затухаючих коливань. З цією метою вводимо поняття про параметри коливального контура (значення ємності, індуктивності та активного опору) і пропонуємо дослідити вплив цих параметрів на частоту (період) коливань та на їхній характер.

Для виконання експерименту складаємо електричне коло, схему якого показано на рис. 2, де L — котушка на 120/220 В універсального трансформатора, C — батарея конденсаторів ємністю 0,25—8,0 мкФ, R — реостат на 20 Ом і більше. Пояснюємо принцип утво-

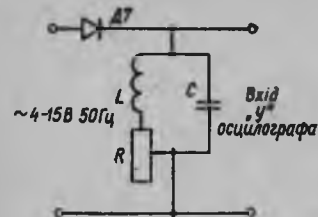


Рис. 2



Рис. 4



Рис. 3

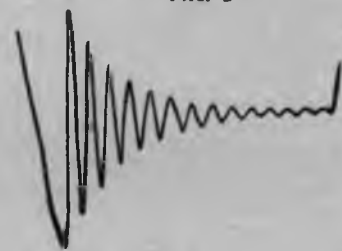


Рис. 5

рення затухаючих коливань. Через діод D до коливального контура проходять імпульси випрямленого струму промислової частоти ($f=50$ Гц, $T=0,02$ с). Якби замість котушки, батареї конденсаторів і реостата в колі був тільки активний опір, наприклад тільки реостат, то на екрані осцилографа мали б осцилограму випрямленого діодом струму (рис. 3). Зрозуміло, що протягом $t=0,01$ с струм через діод проходить, а протягом наступних 0,01 с не проходить. У перший півперіод конденсатор контура зарядиться, а в наступний розряджатиметься через котушку контура і реостат. На екрані осцилографа спостерігатимемо графік випрямленого струму і затухаючих коливань у контурі (рис. 4). Оскільки нам зрозуміло, що затухаючі коливання відбуваються за 0,01 с, то ми за допомогою ручок керування осцилографом лише їх і одержимо на екрані (рис. 5). Учні легко можуть визначити частоту цих коливань (кількість коливань за одиницю часу).

Дослідимо, як залежить частота коливань від ємності конденсатора в коливальному контурі. Оскільки розміри екрана шкільного осцилографа невеликі, не всі учні класу можуть самостійно підрахувати кількість коливань, що відбуваються за 0,01 с, то можна запропонувати два варіанти досліду:

1. Викликаємо до демонстраційного стола учня, який підраховує кількість коливань при різних ємностях і дані заносить до таблиці, накресленої на дошці:

№ досліду	Інтервал часу, с	Ємність, мкФ	Кількість коливань	Частота, Гц	Період, с
1	0,01	0,25			T_1
2	0,01	0,5			T_2
3	0,01	1,0			T_3
4

До таблиці вносять тільки дані про значення ємності і кількість коливань, а частоти й періоди учні визначають самостійно. Тепер пропонуємо учням встановити залежність частоти коливань від ємності коливального контура. Учні під керівництвом учителя повинні зробити висновок, що частота коливань обернено пропорційна кореню квадратному із значення ємності

$$f \sim \frac{1}{\sqrt{C}}$$

Після цього досліджуємо залежність частоти коливань від індуктивності коливального контура. Тут справа ускладнюється тим, що ми не маємо можливості збільшувати чи зменшувати індуктивність котушки у точно встановлену кількість разів.

Аналізуємо можливості зміни індуктивності котушки (внесення феромагнітного осердя, зміна кількості витків, зміна конфігурації котушки) і приходимо до висновку, що в цьому разі найраціональніше змінювати індуктивність котушки внесенням осердя, оскільки при збільшенні кількості витків зростає і значення активного опору, а змінити конфігурацію готової котушки практично неможливо.

Демонстрування досліду тут уже не може супроводжуватися кількісними розрахунками, оскільки невідомо, у скільки разів змінюється індуктивність контура. Звичайно, було б добре мати котушки з однаковим опором і різними індуктивностями. На основі досліду учні можуть зробити лише такий висновок: при збільшенні індуктивності котушки контура частота коливань у ньому зменшується (період зростає).

Потім досліджуємо залежність характеру коливань від активного опору в контурі. Учні роблять висновок: помітного впливу на частоту (період) коливань активний опір не дає; при збільшенні активного опору швидко зменшується амплітуда коливань і при певному значенні активного опору коливання взагалі не виникають.

Після цього розповідаємо учням про виведення Томсоном (1853 р.) формули для частоти (періоду) коливань в ідеальному контурі:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \quad T = 2\pi\sqrt{LC},$$

де L — індуктивність контура в генрі і C — ємність у фарадах.

Можна дати також формулу для розрахунку частоти коливань у реальному контурі, вказавши на можливість використання формули Томсона в переважній більшості випадків на практиці.

Як бачимо, в усіх трьох серіях досліду певні висновки учні робили самостійно, але кількісні підрахунки можна було здійснити тільки при дослідженні залежності частоти від ємності. Щоб учні могли зробити й кількісні розрахунки, досліджуючи залежність частоти коливань від індуктивності, дослід можна виконати в іншому варіанті.

2. При підготовці до вивчення розглядуваного матеріалу разом з демонстраційним експериментом, як описано вище, готуємо серію діапозитивів, на яких показано окремі фази дослідів. На першому діапозитиві показано коливальний контур і графік коливань у ньому при ємності конденсатора 0,25 мкФ (рис. 6), на другому — 0,5 і на третьому — 1,0 мкФ. Виконавши дослід і зробивши висновки з нього, показуємо підряд 3 діапозитиви. Дані про коливання учні

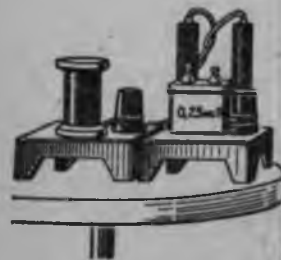


Рис. 6

заносять до таблиць і роблять відповідні висновки про кількісні співвідношення між частотою коливань і ємністю контура.

Досліджуючи залежність частоти від індуктивності, на діапозитивах показуємо фази дослідів при індуктивностях L , $2L$ і $4L$ (при виготовленні діапозитивів ці індуктивності можна підібрати за частотою коливань).

Аналогічно три діапозитиви виготовляємо і для різних значень активного опору контура.

Що ж дає нам використання діапозитивів у комплексі з реальним експериментом? Оскільки зображення діапозитива на екрані досить велике, то підрахунки можуть виконувати всі учні класу. Крім того, маючи різні фази дослідів на фотознімках, останні можна використати як роздавальний матеріал для організації самостійної роботи учнів. Роздавши знімки, можна запропонувати під час закріплення матеріалу ряд вправ.

За даними фотознімка (рис. 6) учні можуть встановити, чи залежить період затухаючих коливань від їх амплітуди, а також визначити частоту, період та циклічну частоту коливань, значення індуктивності котушки коливального контура.

Отже, у другому варіанті досліду забезпечується комплексне використання в навчальному процесі демонстраційного експерименту, екранних засобів та роздавального матеріалу для організації самостійної роботи учнів.

У ряді випадків навчальний експеримент може бути ефективним засобом для постановки проблеми, що потребує розв'язання на даному уроці. Нехай треба розглянути залежність опору металевих провідників від температури. Не повідомляючи учням про те, що опір залежить від температури, пропонуємо їм експериментальну задачу. Складаємо електричне коло, схему якого показано на рис. 7, де маємо автомобільну

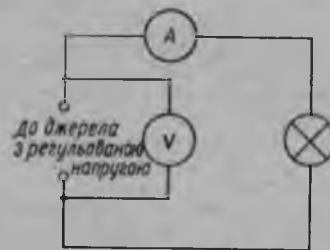


Рис. 7

лампу на 6—12 В, демонстраційний амперметр і вольтметр, джерело регульованої напруги. Встановлюємо в колі певну напругу і пропонуємо учням знайти опір спіралі лампи, що учні роблять досить швидко. Тепер закриваємо амперметр аркушем паперу, збільшуємо напругу в два рази і пропонуємо обчислити силу струму в колі. Учні роблять висновок, що сила струму також збільшилась у 2 рази. Відкриваємо амперметр, і учні бачать, що сила струму збільшилась не в 2 рази, а значно менше. Аналіз умов досліду приводить учнів до висновку, що при підвищенні температури спіралі лампи її опір збільшується.

Запитуємо учнів, який дослід можна провести, щоб впевнитись у правильності зробленого висновку. Вони пропонують розбити лампу, встановити в колі певної сили струм і нагріти спіраль лампи яким-небудь пальником, наприклад свічкою або сірником. Це й варто зробити. Виконаний дослід підтверджує висновок учнів про те, що опір металевих провідників при підвищенні їхньої температури збільшується. Потім можна вводити поняття про температурний коефіцієнт опору і розв'язувати ті або інші задачі.

Досвід показує, що при такій послідовності постановки проблеми і розв'язанні її в учнів підтримується інтерес до дослідження явищ, матеріал засвоюється свідомо і досить міцно. Слід тільки не забути, що не варто учням наперед повідомляти про очікувані результати досліду, бо тоді експеримент носитиме лише ілюстративний характер і його ефективність не буде високою. Звичайно, значна кількість дослідів у шкільному курсі фізики носить ілюстративний характер, з них учні не зможуть самостійно зробити потрібних висновків. Справді, коли ми демонструємо учням розряд у газі при відкачуванні повітря з трубки, то тут учні можуть лише описати зовнішні прояви явища, але зробити висновки про його закономірності неможливо. Досліди-ілюстрації треба застосовувати. Але там, де їх можна замінити дослідами, з яких можуть бути зроблені потрібні висновки, це варто зробити.

Виняткове значення навчальний експеримент має у формуванні в учнів експериментальних умінь і навичок, умінь аналізувати явища, узагальнювати одержані дані. Особливу увагу слід звернути на вдосконалення фронтальних лабораторних робіт і фізичних практикумів саме з цієї точки зору.

Розглянемо конкретний приклад. Згідно з програмою в 9 класі учні виконують фронтальну лабораторну роботу на визначення електрорушійної сили і внутрішнього опору джерела струму. При загальноприйнятій методиці виконання роботи учні складають електричне коло за схемою, зображеною на рис. 8, де E — батарея для кишенькового ліхтарика, A — амперметр лабораторний на 2 А, V — вольтметр лабораторний на 6 В, R — реостат лабораторний на 8—10 Ом, K — вимикач.

Щоб визначити е. р. с. і внутрішній опір джерела, достатньо виміряти напругу на зовнішній частині кола та силу струму в колі при двох різних навантаженнях (положеннях повзунка реостата). Справді:

$$E = U_1 + I_1 r;$$

$$E = U_2 + I_2 r.$$

З цієї системи рівнянь можна визначити внутрішній опір

$$r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

і електрорушійну силу джерела

$$E = U_1 + I_1 \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} \text{ або } E = U_2 + I_2 \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}.$$

Але виконана так лабораторна робота є фактично експериментальною задачею. Навіть якщо учні визначають абсолютні й відносні похибки результатів, то і в цьому випадку в роботі фактично немає елементу самостійного дослідження, встановлення певних взаємозв'язків між величинами, що характеризують джерело струму. В учнів формують уміння і навички складати електричне коло, вимірювати певні фізичні величини, користуватись законом Ома для повного кола. Але найважливішого — дослідження, що повинно бути в лабораторній роботі, тут немає.

Як показує досвід, ефективність роботи можна значно підвищити, якщо її провести в такій послідовності.

Пропонуємо виконати роботу на дослідження джерела струму, сформулювавши такі завдання для учнів:

1. Скласти електричне коло відповідно до схеми.

2. Встановити в колі невеликої сили струм (наприклад, 0,5 А) і визначити при цьому напругу на зовнішній частині кола. Збільшуючи поступово силу струму в колі, наприклад, через 0,25 А, визначити відповідні напруги. Дані занести до таблиці; виконати 6—7 вимірювань (табл. 1).

Таблиця 1

№ досліду	I , А	U , В	P , Вт	R , Ом	к. к. д.
1	0,50	4,0	2,0	8,0	0,87
2	0,75	3,5	2,6	4,7	0,76
3	1,00	3,0	3,0	3,0	0,65
4	1,25	2,7	3,4	2,2	0,59
5	1,50	2,3	3,5	1,5	0,50
6	1,75	1,8	3,2	1,0	0,39
7	2,00	1,3	2,6	0,65	0,28

3. За здобутими даними побудувати графік залежності напруги на зовнішній частині кола від сили струму в колі (рис. 9). Що показує перетин продовження графіка з віссю напруги; сили струму?

4. Визначити електрорушійну силу джерела струму, його внутрішній опір та силу струму короткого замикання. Порівняти знайдені результати з даними, які дістали за допомогою графіка залежності напруги від сили струму (п. 3).

5. Визначити опір навантаження $R = \frac{U}{I}$, потужність у зовнішній частині кола $P = IU$ та коефіцієнт корисної дії джерела струму

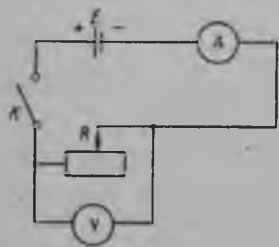


Рис. 8

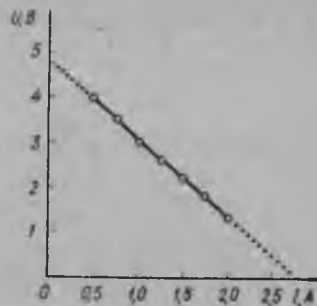


Рис. 9

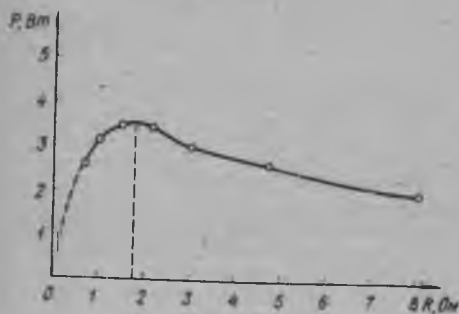


Рис. 10

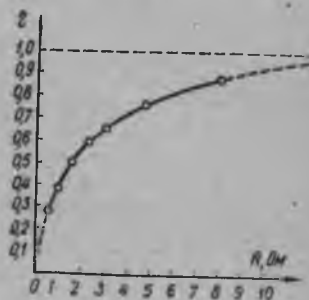


Рис. 11

$\eta = \frac{IU}{IE}$ для кожного з виконаних вимірювань і побудувати гра-

фік залежності потужності у зовнішній частині кола від значення опору навантаження (рис. 10), а також графік залежності η від значення опору навантаження (рис. 11). Встановити, при якому значенні опору навантаження потужність у зовнішній частині кола максимальна. Який коефіцієнт корисної дії батареї, якщо вона живить лампу на 3,5 В і 0,16 А?

Зрозуміло, що виконання роботи в такому плані дає можливість організувати творчу діяльність учнів, формувати в них науковий підхід до дослідження фізичних явищ, вимагає комплексного підходу до дослідження об'єкта (у цьому випадку конкретного джерела струму). Звичайно, не всі завдання можуть бути виконані обов'язково на одному уроці. Їх можна пропонувати учням у міру дальшого вивчення законів постійного струму та розв'язування задач.

Як показує аналіз роботи школи, навчальний фізичний експеримент може мати такі дидактичні цілі:

- 1) постановка навчальної проблеми, яка потребує розв'язання;
- 2) повідомлення нових знань;
- 3) ілюстрація повідомлених учням фактів;
- 4) формування практичних умінь і навичок;

- 5) перевірка якості засвоєння знань, умінь і навичок;
- 6) повторення, закріплення та узагальнення матеріалу;
- 7) розвиток творчих здібностей учнів тощо.

Вище на прикладі демонстраційних дослідів із затухаючими коліваннями ми показали, як на основі експерименту учні можуть під керівництвом учителя зробити потрібні висновки про характер закономірностей фізичних явищ. Експериментальна задача з електричною лампою дає змогу поставити навчальну проблему, а дослід, який показує залежність опору металевих провідників від температури, можна віднести до групи ілюстративних дослідів. Значна частина лабораторних робіт, що виконуються на уроках, призначена для формування практичних умінь і навичок. Але обов'язково треба виконувати й такі лабораторні роботи, які мають творчий характер або можуть бути і джерелом нових знань для учнів.

§ 7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ НАВЧАЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Учитель повинен бути добре обізнаний з правилами техніки безпеки, бути прикладом суворого дотримання їх і вимагати цього від учнів.

Робота з нагрівальними приладами і легкозаймистими речовинами

1. Застосовувати в навчальному експерименті нагрівальні прилади, що працюють на бензині, забороняється.

2. Не можна залишати на робочому столі після демонстрування досліду гарячі прилади, які можуть стати причиною опіків учнів.

3. Неприпустимо залишати без догляду, хоча б і на короткий час, у робочому стані нагрівальні прилади.

4. Користуючись легкозаймистими леткими рідинами (ефіром, бензином, газом, ацетоном та ін.), треба стежити, щоб посудини з цими рідинами були надійно закриті і розміщені від нагрівників на відстані не ближче 3 м.

5. Не дозволяється ставити металевий посуд на електричні плитки з відкритими нагрівними спіралями (без азбестових прокладок).

Щоб запобігти вибуху спиртівки, не допускається вигорання спирту більш як на 2/3 об'єму посудини.

7. Не можна безпосередньо запалювати спиртівку від другої, яка горить.

Робота з електричним струмом

Результати дії електричного струму на організм людини залежать від сили струму, його частоти, тривалості дії, шляху проходження струму та індивідуальних особливостей людини.

Для змінного струму промислової частоти (50 Гц) безпечна сила струму становить 0,01 А. Струм силою 0,015 А спричинює хворобливий стан; людина може втратити свідомість. Струм силою 0,05 А вважається небезпечним для життя, а проходження через організм людини струмом силою 0,1 А призводить до смерті.

Для постійного струму безпечна межа становить 0,05 А. Струм частотою більш як 150—200 кГц менш небезпечний для організму, ніж струм промислової частоти.

Небезпека ураження струмом підвищується із збільшенням тривалості дії струму на людину. Якщо час дії менший від 0,1 с, то організм може витримати струм силою в кілька ампер. При більш тривалій дії настає параліч дихання, а потім і серця. Ступінь небезпеки ураження електричним струмом залежить і від нервового стану людини. Людина стомлена, роздратована, морально пригнічена, більш вразлива, ніж здорова і врівноважена.

Якщо в організмі є хоч незначна кількість алкоголю, то електричний опір такого організму різко знижується, що підвищує небезпеку ураження струмом.

Працюючи з електричним струмом, дотримуйтесь таких правил:

1. Складати електричні кола, робити в них перемикання можна тільки при вимкненому джерелі живлення.

2. Вмикати струм у складене коло можна лише з дозволу викладача.

3. Якщо напруга в зовнішній мережі зникла, треба вимкнути всі прилади, які були під напругою.

4. У процесі роботи не можна доторкатися руками до затискачів і провідників із струмом.

5. Забороняється працювати з несправною апаратурою і без дозволу викладача ремонтувати її.

6. Наявність напруги на затискачах приладів або елементах кола слід перевіряти тільки вимірювальними приладами.

7. Працюючи з випрямлячами, перед приєднанням проводів потрібно перевірити, чи розряджені конденсатори фільтрів.

8. Категорично забороняється застосовувати «жучки» замість зіпсованих запобіжників.

9. При вимиканні шнурів з штепсельними вилками із розеток треба витягати їх за корпус, а не за шнур.

10. Розбираючи електричне коло, спочатку слід від'єднати джерело струму, а потім решту приладів.

Робота з вакуумними і газорозрядними приладами

1. В усіх дослідах, пов'язаних з відкачуванням (або нагнітанням) повітря з тонкостінних скляних посудин, потрібно застосовувати захисні чохла. При цьому можна користуватися тільки круглодонними колбами.

2. Особливо обережно слід поводитися з електронно-променеви-ми трубками. Балон електронно-променевої трубки зазнає дії значної сили зовнішнього тиску внаслідок високого вакууму всередині. Незначний удар по трубці може спричинитися до вибуху, і осколки скла можуть поранити присутніх. Треба про це пам'ятати і під час роботи з посудинами Дьюара, електронними лампами та іншими порожнистими приладами.

3. Категорично забороняється використовувати в школах трубки Рентгена незалежно від їх потужності і конструкції.

4. Щоб запобігти шкідливому опроміненню учнів і вчителя, забороняється проводити досліди з трубкою для відхилення катодних променів, вакуумними трубками із зіркою і з млинком.

Робота з джерелами випромінювання

1. Працюючи з потужними джерелами світла, особливо з джерелами, багатими на ультрафіолетові промені, треба користуватися спеціальними окулярами.

2. Не можна дивитися на джерело світла через збирну лінзу.

3. При користуванні біноклем, підзорною трубою, телескопом не наводьте ці прилади на Сонце.

4. Не допускайте безпосередньої дії на очі світла від потужних джерел: електричної дуги, ламп від проекційної апаратури, стробоскопа та ін. Під час роботи з такими приладами потрібно користуватися захисними кожухами і фільтрами.

5. Проводячи досліди з лазером, стежте за тим, щоб промінь лазера не попав в очі присутніх.

Робота з деякими хімічними речовинами

1. Щоб запобігти неправильному використанню хімічних речовин, треба на кожній посудині мати етикетку з відповідним написом.

2. Категорично забороняється визначати речовину «на смак».

3. Під час виготовлення розчинів сірчаної кислоти обов'язково треба дотримуватись правила — лити тоненьким струменем сірчану кислоту в воду, а не навпаки, бо в останньому випадку вода закиптиме і розбризкуватиме кислоту.

4. Всю роботу з розчинами кислот і лугів слід проводити в посудинах, поставлених на спеціальний емальований піднос або у велику фотографічну кювету.

5. Якщо на шкіру потрапила кислота або луг, треба перш за все змити їх великою кількістю води і для нейтралізації змочити поверхню шкіри, що зазнала дії кислоти, 3%-ним розчином питної соди. Поверхню шкіри, що зазнала дії лугу, змочують 3%-ним розчином оцтової кислоти або 10%-ним розчином борної кислоти.

6. Якщо бризки кислоти або лугу потрапили в очі, їх треба промити великою кількістю води, а потім нейтралізувати: для кислоти — 3%-ним розчином питної соди; для лугу — 2%-ним розчином борної кислоти. Після промивання слід негайно звернутися до лікаря.

7. Категорично забороняється зберігати у фізичному кабінеті порошок або будь-які інші вибухові речовини.

Запобіжні заходи під час роботи з ртуттю

Ртуть і її пара — сильноїючі отрути. При тривалому вдиханні навіть у дуже малих кількостях пари ртуті настає поступове отруєння організму, що може спричинити тяжке захворювання. Тому під час роботи з ртуттю треба бути уважним і стежити, щоб вона не розливалась і не розбризкувалась на підлогу. Дрібні краплини ртуті розтікаються і забиваються в найменші щілини, звідки їх дуже важко зібрати. Ртуть поступово випаровується, отруюючи повітря.

Під час роботи з ртуттю можна порадити дотримуватися таких правил:

1. Зберігати ртуть тільки в товстостінних скляних посудинах з вузькими горловинами. Посудини щільно закривати гумовими пробками.

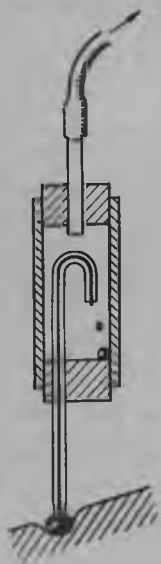


Рис. 12

2. Усі роботи з ртуттю виконувати над дерев'яним чи залізним підносом або над великою фотографічною кюветою.

3. Якщо ртуть розлилася, то її відразу потрібно зібрати до останньої краплинки спеціальною піпеткою (рис. 12) або амальгамованою вузькою цинковою пластинкою. Для амальгамування добре очищену наждачним папером цинкову пластинку опускають у плоский кристалізатор із слабким водним розчином сірчаної кислоти, в якому є 2—3 краплини ртуті. Ртуть розтирають змоченою розчином ваткою по поверхні пластинки так, щоб поверхня її стала сріблястою. При збиранні краплинок ртуті до них дотикаються кінчиком амальгамованої пластинки. Ртуть, змочуючи пластинку, розтікається по її поверхні. Час від часу зібрану ртуть струшують у посудину з водою. Амальгамовані пластинки зберігають у щільно закритій посудині.

§ 8. ЗМІСТ І ЗАВДАННЯ ПРАКТИКУМУ З МЕТОДИКИ І ТЕХНІКИ ШКІЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Практикум з методики і техніки шкільного фізичного експерименту має на меті ознайомити студентів з основним обладнанням фізичного кабінету середньої школи та методикою і технікою постанов-

ки різних видів навчального експерименту: демонстраційних дослідів, фронтальних лабораторних робіт, фізичних практикумів і експериментальних задач. Структура і зміст завдань практикуму підпорядковані педагогічній концепції, згідно з якою найбільший педагогічний ефект від практикуму можна дістати тоді, коли студенти оволодіватимуть необхідними вміннями і навичками застосовувати різні види навчального експерименту в їх єдності. У зв'язку з цим роботи практикуму (за винятком робіт з вивчення основного обладнання фізичного кабінету) включають у себе завдання з різних видів навчального експерименту під час вивчення того чи іншого питання шкільного курсу фізики.

Передбачений програмою час для практикуму з методики і техніки шкільного фізичного експерименту дає змогу включити до робіт практикуму тільки найбільш складні демонстраційні досліди, а також окремі лабораторні роботи, роботи фізичних практикумів і експериментальні задачі, які найбільшою мірою дають змогу зрозуміти студентам специфіку цих видів навчального експерименту.

У процесі виконання робіт практикуму кожен студент повинен оволодіти такими знаннями, уміннями і навичками:

1. Знати призначення і правила експлуатації основного обладнання з фізики для середньої школи.

2. Уміти складати установки за схемами і описами, вміщеними в цьому посібнику та в інших виданнях, на які в описах робіт практикуму зроблено посилання.

3. Оволодіти методикою і технікою виконання різних видів шкільного фізичного експерименту з дотриманням основних дидактичних вимог до них.

4. Уміти супроводжувати досліди чіткими, вичерпними і короткими поясненнями на рівні, доступному для учнів відповідного класу.
5. Оволодіти навичками в дотриманні правил техніки безпеки під час проведення всіх видів навчального експерименту.

§ 9. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ ПРАКТИКУМУ

Робота студента в лабораторії методики викладання фізики включає в себе попередню підготовку до виконання робіт практикуму, виконання робіт і звітування.

У різних педагогічних інститутах набули поширення численні методи (машинні і безмашинні) перевірки ступеня підготовки студентів до виконання робіт практикуму, різні форми залікових занять. У зв'язку з цим тут розглянуто тільки загальні вказівки до виконання робіт практикуму, яких слід дотримуватись за будь-яких форм контролю.

Підготовка до виконання робіт практикуму.

Попередня підготовка студента до виконання роботи практикуму включає в себе:

1. Ознайомлення з програмою з фізики. При цьому з'ясовують значення пов'язаних з роботою практикуму питань шкільного курсу фізики, визначають, які демонстраційні досліди, фронтальні лабораторні роботи і роботи фізичного практикуму рекомендує програма.

2. Опрацювання відповідного розділу за шкільним підручником з фізики.

3. Опрацювання методичної літератури, рекомендованої до даної роботи.

4. Ознайомлення з описом конструкції, дії і правил експлуатації навчальних приладів.

5. Складання конспекту, який повинен включати:

- а) номер і назву роботи практикуму;
- б) рекомендовану літературу;
- в) записи і зарисовки згідно з вказівками до роботи практикуму.

6. Обдумування відповідей на контрольні запитання, вказані в першій частині опису роботи.

Виконання робіт практикуму

Для проведення практикуму студент повинен мати дозвіл викладача. Щоб дістати такий дозвіл, студент повинен:

- а) мати конспект, що відповідає зазначеним вище вимогам;
- б) уміти відповісти на контрольні запитання;
- в) знати конструкцію і правила користування приладами до даної роботи;
- г) знати в загальних рисах порядок виконання дослідів.

Діставши дозвіл, треба:

- а) перевірити наявність приладів і матеріалів для виконання роботи;
- б) виконати досліди, вказані в інструкції до роботи;

Увага! Вмикати джерела живлення в електричні кола можна тільки з дозволу викладача або лаборанта!

- в) зробити необхідні записи і зарисовки в конспекті;
- г) привести в порядок робоче місце.

Звіт про роботу

Робота вважається виконаною, якщо студент:

- а) знає демонстраційне і лабораторне обладнання до виконаної роботи, вміє користуватись ним і давати оцінку його педагогічним і технічним якостям;
- б) вправно демонструє і правильно пояснює передбачені інструкцією досліди;
- в) здатний відповісти на запитання, вміщені в завданнях до практикуму.

РОЗДІЛ II. ОБЛАДНАННЯ ШКІЛЬНОГО ФІЗИЧНОГО КАБІНЕТУ

1. ОЗНАЙОМЛЕННЯ З РОБОТОЮ ВАКУУМ-НАСОСІВ

Мета: ознайомитись з будовою і принципом дії шкільних насосів та виконати з ними ряд дослідів.

Література

1. Підручник з фізики для 6—7 класів.
2. Шульга М. С. Методика і техніка демонстраційних дослідів з фізики у 6 і 7 класах. К., Радянська школа, 1977, с. 69—70.

Обладнання: ручний повітряний насос (насос Шінца); насос Комовського; ротаційний вакуум-насос; вакуумна тарілка з ковпаком; магдебурзькі тарілки; два штативи; електричний дзвоник; акумулятор для живлення дзвоника; з'єднувальні проводи; скляна пластинка; поролонова прокладка; прилад для демонстрування фонтана у вакуумі; прилад для демонстрування пружності газів; демонстраційний манометр; гири 5 кг; гумовий шланг; склянка з підфарбованою водою.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь за поданим описом з будовою ручного повітряного насоса, вакуумно-нагнітального насоса Комовського, ротаційного вакуум-насоса і вакуумної тарілки з ковпаком.
2. Запишіть у зошити для лабораторних робіт технічні дані насосів і зауваження щодо експлуатації їх.
3. Ознайомтесь за підручником з фізики для 6—7 класів з поясненнями до дослідів, описаних у роботі.
4. Продумайте відповіді на такі запитання:
 - а) Яку будову мають клапани ручного насоса? Як працює насос на розрідження і нагнітання?
 - б) Чому погіршується робота ручного насоса при дуже швидких і коротких качаннях?
 - в) Як діє насос Комовського?
 - г) За яким принципом діє ротаційний насос?

д) У чому полягає принципіальна відмінність насоса Комовського від ротаційного насоса?

е) Яка ціна поділки ртутного манометра, встановленого на вакуумній тарілці?

е) При вивченні яких розділів курсу фізики в демонстраційному експерименті використовують насоси?

Загальний опис приладів

У багатьох розділах шкільного курсу фізики значна кількість демонстраційних дослідів потребує застосування розріджувальних і нагнітальних повітряних насосів. Найбільшого поширення в школах набули ручні повітряні насоси (насоси Шінца), насоси Комовського і ротаційні вакуум-насоси.

Ручний повітряний насос (насос Шінца) складається з металевої труби з поршнем, стержень якого проходить крізь отвір муфти, нагвинченої на трубу (рис. 1.1). Поршень 1 складається з двох шкіряних ковпачків, повернутих денцями один до одного і стиснутих гайкою. У бічну стінку труби 2 і в її дно вкручені ніпелі (рис. 1.1, б; в). Бічний ніпель насоса — нагнітальний, а ніпель, розміщений уздовж осі труби насоса, — всмоктувальний. Ніпелі являють собою металеві патрубки, на які надіто і міцно прив'язано гумові ковпачки з щільною — прорізом збоку. У всмоктувальному ніпелі ковпачок повернутий усередину труби, а в нагнітальному — назовні.

При витягуванні поршня в трубі утворюється розрідження, атмосферний тиск стискує стінки прорізу в нагнітальному ніпелі і роз'єднує у всмоктувальному. Повітря через всмоктувальний ніпель входить у трубу насоса. При всуванні поршня в трубі стискується, притискає одну до одної стінки прорізу у всмоктувальному ніпелі і роз'єднує їх у нагнітальному. Повітря виходить через нагнітальний ніпель.

За допомогою ручного насоса можна досягти розрідження порядку 5 кПа і тиску до 400 кПа.

Найчастішими причинами поганої роботи ручного насоса можуть бути нещільність прилягання шкіряних ковпачків поршня до стінок труби або злипання стінок щілин-прорізів у ковпачках ніпелів. Щоб усунути перший дефект, треба відкрутити муфту, витягнути поршень, відігнути стінки шкіряних ковпачків і змастити їх густим технічним вазеліном. Злипання стінок щілин-прорізів

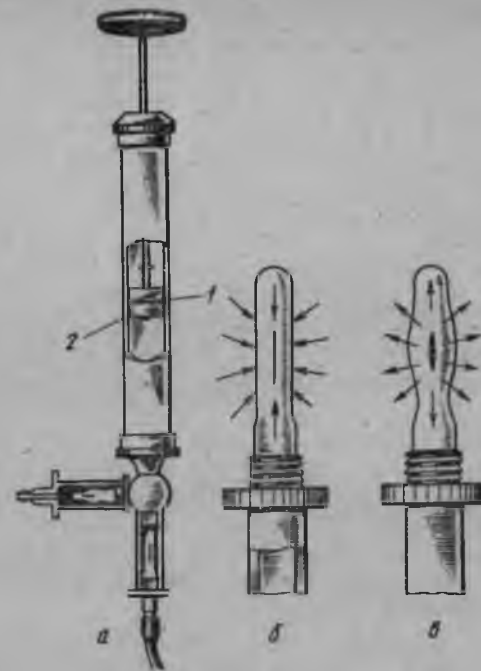


Рис. 1.1

у клапанах усувають, вводячи в щілини лезо ножа або безпечної бритви. Звичайно, для цього треба спочатку відкрутити ніпель. Щоб досягти найбільшого розрідження при користуванні ручним насосом, треба щоразу поршень доводити до нижнього граничного положення.

Насос Комовського призначений для розрідження повітря до 40 Па (найбільше розрідження). Насос може працювати і як нагнітальний (максимальний тиск 400 кПа).

Зовнішній вигляд насоса показано на рис. 1.2, а його будову — на рис. 1.3. У металевій посудині з маслом встановлено циліндр, всередині якого при обертанні колеса може рухатися поршень. При підніманні поршня циліндр закривається дном, закріпленим на пружині. У верхньому положенні поршня відкривається отвір у циліндрі. Цей отвір з'єднують з посудиною, з якої відкачують повітря, і частина його з посудини надходить у циліндр. При опусканні поршня він спочатку закриває

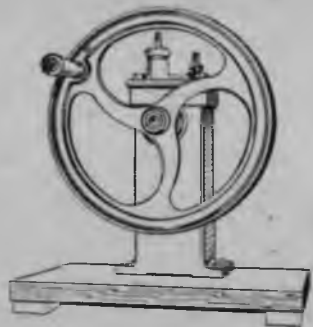


Рис. 1.2

отвір у циліндрі, а потім починає стискувати наявне в циліндрі повітря до тих пор, поки його тиск не відкриє нижній клапан. Через цей клапан повітря, проходячи через масло і маслоуловлювач, виходить назовні (рис. 1.3).

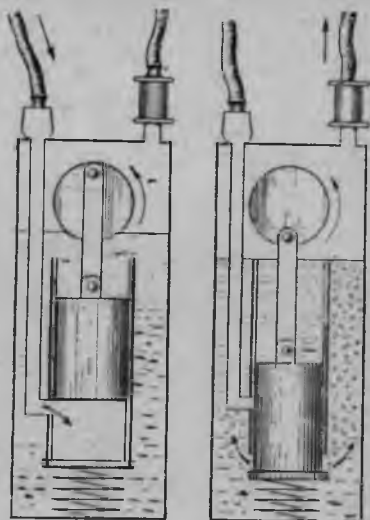


Рис. 1.3

Вакуум-насос ротаційний (рис. 1.4) використовується в дослідках, пов'язаних з атмосферним тиском, електричним розрядом у розріджених газах, і з інших тем курсу

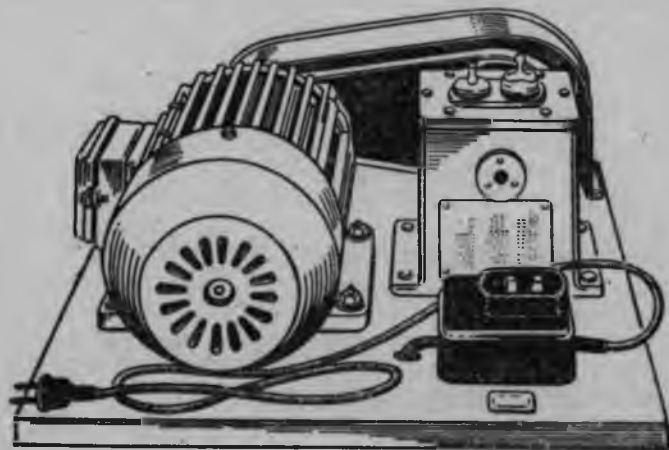


Рис. 1.4

фізики, коли потрібно швидко одержати вакуум до кількох десятків паскалів. Максимальне розрідження, яке можна дістати від насоса, становить 15 Па. Насос можна використати і як нагнітальний до тиску 400 кПа.

Будову насоса показано на рис. 1.5. Його робота ґрунтується на відсіканні і переміщенні повітря з трубки розрідження 1 і до отвору з кульковим клапаном 2. Повітря переміщується лопатками 3 ротора 4, який поставлено ексцентрично в циліндрі корпусу насоса 5. Насос приводиться в дію однофазним електродвигуном на 220 В, потужністю 0,27 кВт. Керування двигуном здійснюється кнопковим пускачем.

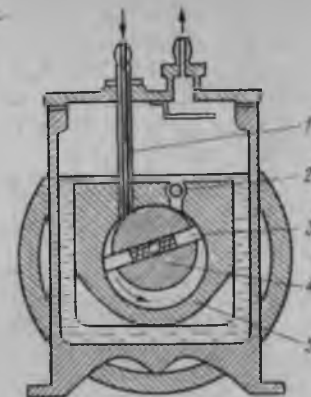


Рис. 1.5

Вакуумна тарілка з ковпаком (рис. 1.6) разом з насосами використовується в дослідках з різних розділів курсу фізики, для яких потрібний вакуум. Основною частиною тарілки 1 є чавунна основа з відшліфованою поверхнею, на яку ставлять скляний ковпак 2 з притертим нижнім краєм¹. Тарілка має кран 3, який закінчується

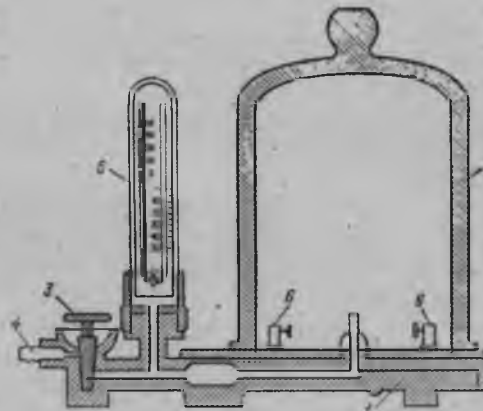


Рис. 1.6

¹ В останніх зразках вакуумної тарілки між скляним ковпаком і тарілкою прокладають для ущільнення гумове кільце.

ніпелем 4. Ніпель призначений для надівання гумової трубки, з'єднаної з насосом. Вакуум під ковпаком контролюється ртутним манометром 5. На тарілці (під ковпаком) встановлено два затискачі 6, на які можна подавати напругу через дві клеми, розміщені з боку тарілки.

Завдання I. Ознайомитись з будовою і прийомами роботи з ручним насосом.

Хід роботи

1. Розберіть насос. Розгляньте будову поршня і ніпелів. Пересвідчившись у справності їх, складіть насос.

2. Продемонструйте дію металевго манометра (рис. 1.7). Для цього легенько натисніть пальцем на кінець трубки манометра вгору, а потім униз. Простежте за переміщенням стрілки.

Закрийте один кран манометра, другий з'єднайте спочатку з нагнітальним, а потім з розріджувальним ніпелем ручного насоса. Стрілка покаже спочатку збільшення, а потім зменшення тиску.

3. Покажіть дію атмосферного тиску за допомогою магдебурзьких тарілок. Перед дослідом пришліфовані поверхні тарілок добре протирають, змазують тонким шаром вазеліну і притискають одну до одної. З тарілок відкачують повітря і, закривши кран, ручку однієї з тарілок надівають на короткий стержень, закріплений за допомогою муфт між двома штативами (рис. 1.8). До ручки нижньої тарілки підвішують гирі 5—10 кг. Нижня тарілка не відривається. Потім дуже повільно повертають кран. Зовнішнє повітря поступово зайде всередину приладу; тарілка з гирею, відірвавшись від верхньої тарілки, повисне на шнурі.

4. Розв'яжіть експериментальну задачу.

Задача. На столі до рами підвішено прилад для демон-

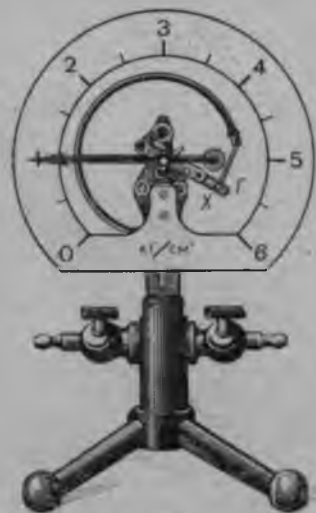


Рис. 1.7

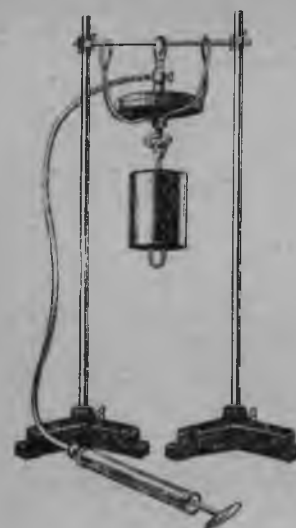


Рис. 1.8

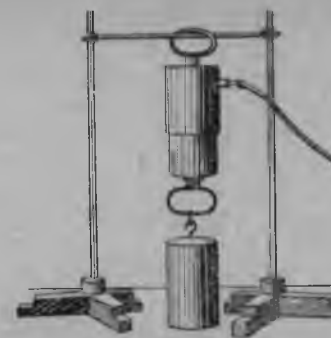


Рис. 1.9

стрування пружності газів (рис. 1.9). До нижньої ручки поршня прив'язано гирю 5 кг. Чи підніметься поршень, якщо відкачати повітря з циліндра? Зробіть теоретичний розрахунок і перевірте його дослідом.

Завдання II. Провести досліди з використанням насоса Комовського.

Хід роботи

1. Розгляньте зовнішню будову насоса Комовського. Перевірте наявність масла в насосі. Для цього вигвинтіть пробку на бічній стінці насоса. Рівень масла повинен досягати отвору.

2. Обертаючи ручку насоса за годинниковою стрілкою, визначте розміщення нагнітального і розріджувального штуцерів.

3. Продемонструйте утворення фонтана у вакуумі за допомогою установки, показаної на рис. 1.10. Проводячи дослід, металевий патрубок приладу для утворення фонтана з'єднують з розріджувальним штуцером насоса гумовою трубкою, на яку надівають затискач. У трубці розріджують повітря. Закривають затискач і, відкривши гумову трубку від насоса, опускають її кінець у склянку з підфарбованою водою. Відкривають затискач і демонструють фонтан.

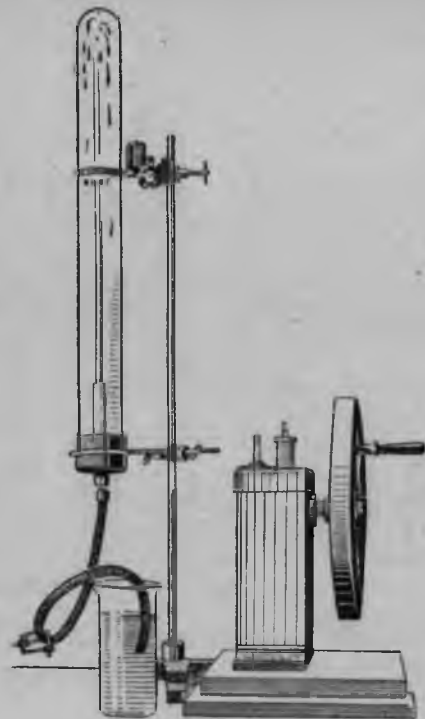


Рис. 1.10

4. Продемонструйте роздавлювання скла атмосферним тиском.

Складіть установку відповідно до рис. 1.11. Краї магдебурзької тарілки густо змажте вазеліном і покладіть на неї тонку скляну пластинку. Щоб запобігти можливому пораненню уламками скла при роздавлюванні скляної пластинки, тарілку накрийте ковпаком. Для демонстрування тарілку з'єднують з розріджуваним штуцером насоса і викачують з неї повітря до руйнування скла.

Завдання III.
Провести досліди з використанням ротаційного насоса.

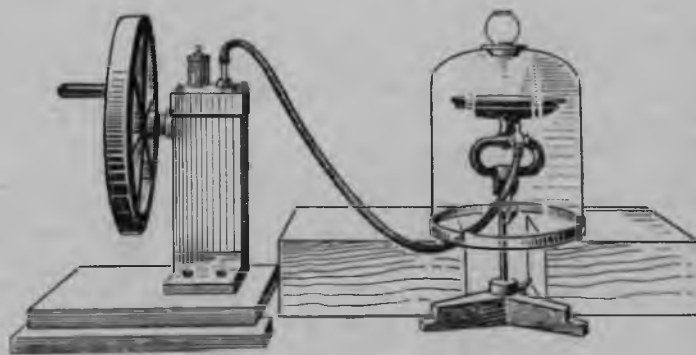


Рис. 1.11

Хід роботи

1. Розгляньте зовнішню будову ротаційного насоса. Прочитайте уважно табличку (закріплену на кожусі насоса), яка ознайомлює з правилами заливання насоса маслом та експлуатації його.

2. Розгляньте будову вакуумної тарілки, ковпака і манометра. Визначте положення крана «відкрито» і «закрито».

Продемонструйте послаблення звуку електричного дзвоника в розрідженому повітрі.

Поставте під ковпак електричний дзвоник, підклавши під нього поролонову підкладку. Покажіть, що при атмосферному тиску повітря під ковпаком звук від дзвоника чути добре, а при збільшенні розрідження звук поступово послаблюється.

Увага! Після закінчення дослідів з вакуумною тарілкою від'єднувати гумовий шланг треба обов'язково при закритому крані! Повітря під ковпак слід впускати повільно, поступово відкриваючи кран; при швидкому впусканні повітря ртуть манометра може своїм ударом розбити його скляну трубку.

Контрольні запитання

1. За яким принципом працює ртутний манометр вакуумної тарілки?
2. Чому в дослідах з ручним насосом рекомендується використовувати посудини невеликого об'єму?
3. Як пояснити утворення фонтана у вакуумі?
4. Запропонуйте спрощену установку для демонстрації фонтана у вакуумі, якщо спеціального приладу немає.
Зробіть рисунок установки.

2. ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ (II)

Мета: вивчити будову і дію джерел електричного струму шкільного типу та набути практичних умінь і навичок у використанні їх.

Література

Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, ч. II, М., Просвещение, 1972, (с. 7—10; 124—125; 209—210).

Обладнання: випрямляч ВС-4-12; випрямляч ВС-24м; універсальний випрямляч ВУП-2; авометр; конденсатор ємністю 10—20 мкФ; вольтметр з двома вугільними електродами і розчином

мідного купоросу; демонстраційний гальванометр; демонстраційний вакуумний діод або лампа 6Н7С на панелі, ввімкнена як діод; перетворювач високовольтний шкільний «Розряд-1»; газорозрядна трубка; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть з курсів загальної фізики і радіотехніки:
а) будову і принцип дії низькочастотного трансформатора;

б) принцип дії однопівперіодного напівпровідникового випрямляча;

в) принцип дії двопівперіодного напівпровідникового випрямляча;

г) принцип дії двотактного генератора на транзисторах.

2. Уважно ознайомтесь за поданим описом з випрямлячами ВС-4-12, ВС-24 м (ВС-25), ВУП-2 і високовольтним перетворювачем «Розряд-1».

3. Накресліть у зошитах для лабораторних робіт принципиальні схеми приладів. Запишіть технічні дані і основні правила експлуатації їх.

4. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) На якому явищі ґрунтується дія трансформатора?

б) Як пояснити дію однопівперіодного і двопівперіодного випрямлячів?

в) Який принцип дії двотактного генератора на транзисторах?

Загальний опис приладів

Селеновий випрямляч ВС-4-12 (рис. 2.1) призначений для перетворення змінної напруги 127 або 220 В частотою 50 Гц в постійну пульсуючу напругу від 4 до 12 В (із ступінчастим перемикачем через кожні 2 В) при силі струму до 3 А.



Рис. 2.1

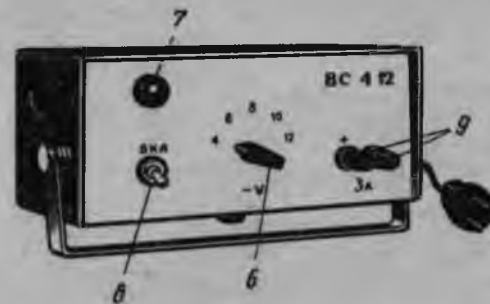


Рис. 2.2

Випрямляч складається з металевого корпуса 1, на дні якого встановлено знижувальний трансформатор 2, селенові випрямляючі елементи 3, щиток для запобіжників 4 і колодка для приєднання електрошнура 5. На передній панелі випрямляча (рис. 2.2) змонтовані ручка перемикача напруги 6, сигнальна лампочка 7, тумблер для вмикання живлення 8, вихідні клемми 9. Схему приладу показано на рис. 2.3.

Випрямляч селеновий ВС-24 м (ВС-25) (рис. 2.4) призначений для одержання постійної регульованої напруги до 24 В при силі струму до 10 А. Крім того, за допомогою приладу дістають змінну регульовану напругу від 0 до 30 В. Живлення випрямляча здійснюється від мережі з напругою 127 або 220 В і частотою 50 Гц. Основними частинами випрямляча (рис. 2.5) є тороїдальний трансформатор 2 та селеновий випрямляючий стовпчик 3. Під час експлуатації випрямляча треба осо-

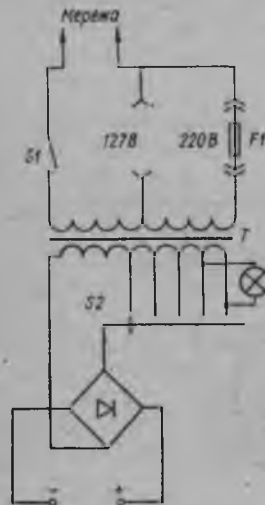


Рис. 2.3



Рис. 2.4

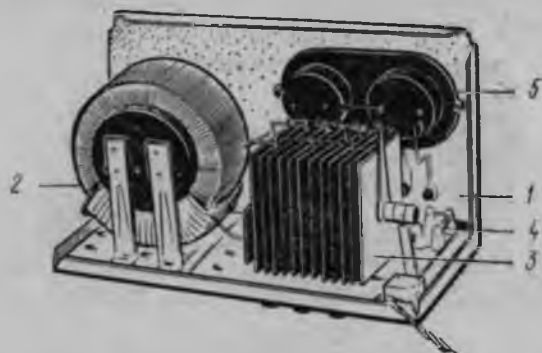


Рис. 2.5

бливо уважно стежити за надійністю рухомих контактів між мідно-графітовими щітками та поверхнями, по яких вони ковзають (вторинна обмотка трансформатора і контактне кільце). На вертикальній передній панелі приладу 1 встановлено вольтметр (до 50 В) і амперметр (до 10 А) постійного струму 5. Схему випрямляча показано на рис. 2.6.

Випрямляч ВУП-2 (рис. 2.7) є універсальним джерелом випрямленої напруги, призначеним для живлення різноманітних електротехнічних і радіотехнічних навчальних приладів. Його розраховано для під'єднання до електричної мережі змінного струму з напругою 127 або 220 В і частотою 50 Гц. ВУП-2 дає змогу одержати:

випрямлену напругу 350—50 В при максимальній силі струму 0,2 А;

випрямлену напругу 250 ± 10 В при силі струму навантаження 0,05 А;

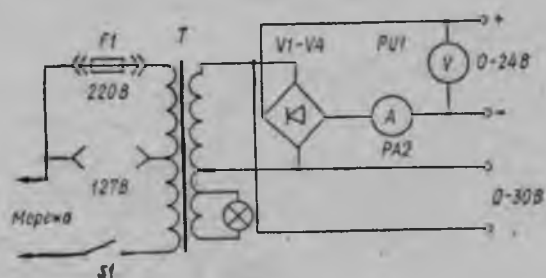


Рис. 2.6

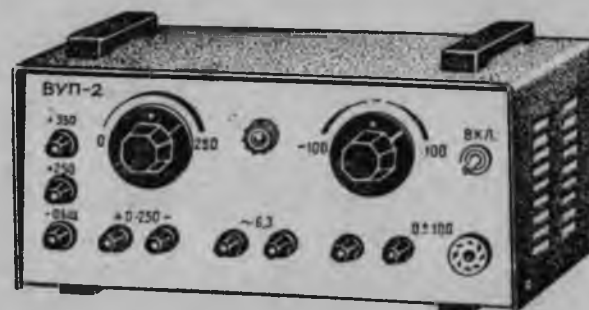


Рис. 2.7

регульовану випрямлену напругу від 0 до 250 ± 10 В при силі струму навантаження 0,05 А;

регульовану випрямлену напругу від 0 до ± 100 В при силі струму навантаження 0,005 А;

змінну напругу 6,3 В при силі струму навантаження до 3 А.

Випрямляч складається з таких основних вузлів:

- 1) силового трансформатора;
- 2) високовольтного двопівперіодного випрямляча, складеного за містковою схемою на напівпровідникових діодах (типу Д7Ж);
- 3) згладжувального фільтра, що складається з дроселя та електролітичних конденсаторів;
- 4) однопівперіодного випрямляча (± 100 В) на напівпровідникових діодах (типу Д7Ж);
- 5) щитка запобіжників, що складається із запобіжника на 1 А у колі первинної обмотки трансформатора і запобіжника на 0,5А у колі високовольтного випрямляча.

На передній панелі приладу розміщено: клемми «+350», «+250», «— заг.», «~6,3 В» і тумблер для вмикання приладу; клемми регульованої напруги від 0 до 250 В і регульованої напруги від 0 до ± 100 В та октальна (восьмиштиркова) лампова панель (для під'єднання генератора сантиметрових хвиль). На ніжки панелі виведено такі напруги: ніжки 6 і 8 — 350 В; 3 і 8 — 250 В; 4 і 5 — 100 В; 2 і 7 — 6,3 В (змінна напруга). Схему випрямляча ВУП-2 показано на рис. 2.8.

Перетворювач високовольтний шкільний «Розряд-1» (рис. 2.9) є джерелом високої постійної напруги, призначеним для використання в демонстраційних дослідах

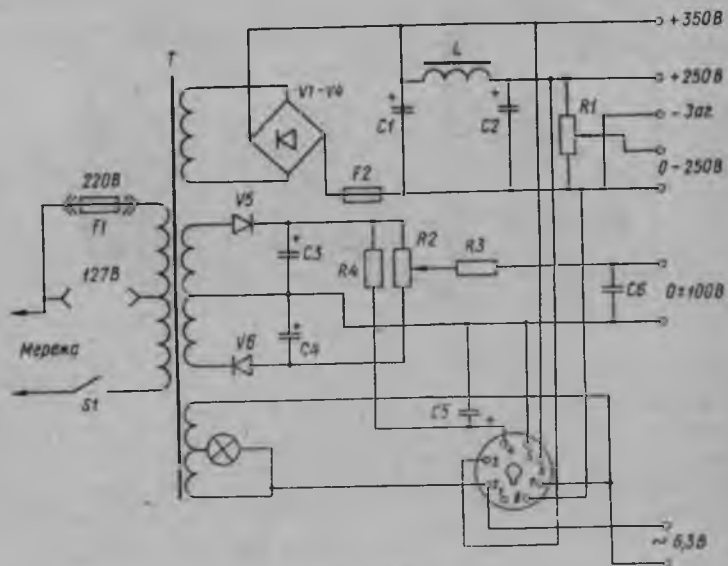


Рис. 2.8

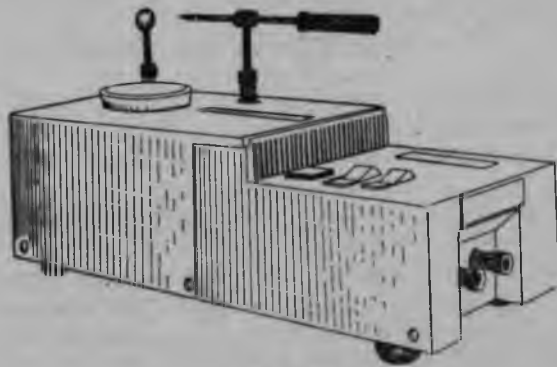


Рис. 2.9

з електростатики та електродинаміки. Прилад перетворює постійну напругу від 0 до 12 В в постійну напругу від 0 до 5 кВ або від 0 до 25 кВ. На верхній панелі перетворювача розміщено: клавішний вмикач живлення, дисковий і клавішний перемикачі меж вихідної напруги 5 кВ і 25 кВ, клеми виходу 25 кВ, в які вставлені борни.

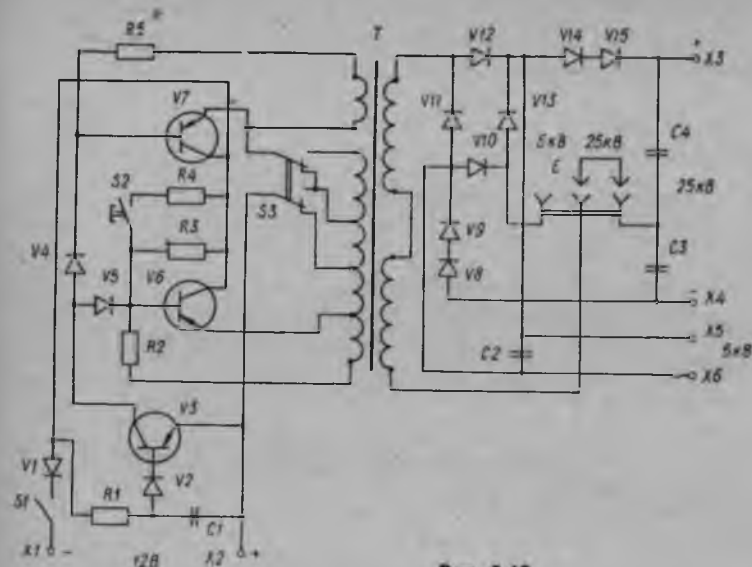


Рис. 2.10

Принципіальну схему перетворювача показано на рис. 2.10. Із схеми видно, що перетворювач складається з чотирьох блоків: генератора змінного струму, трансформатора, високовольтного випрямляча і блока електронного захисту.

Генератор складено за схемою несиметричного мультивібратора на транзисторах V6 і V7 з індуктивним зворотним зв'язком. Призначення генератора — перетворення постійної напруги в змінну. Змінна висока напруга з вторинної обмотки трансформатора T передається залежно від положення перемикача E на двопівперіодний випрямляч (діоди V10—V13) або однопівперіодний випрямляч, складений за схемою подвоєння напруги (діоди V8, V9, V11, V12, V14, V15). Для запобігання перевантаженню перетворювача в приладі передбачено коло електронного захисту, складене на транзисторі V3 і діодах V2, V4, V5. Параметри кола захисту вибрано так, що при подачі номінальної (або меншої за неї) напруги живлення транзистор і діоди виявляються закритими. При підвищенні напруги живлення (більш як 12 В) транзистор V3 і діод V2 відкриваються, в результаті чого з баз транзисторів V6 і V7 знімаються від'ємні імпульси індукованої напруги і генерація припиняється.

Завдання I. Ознайомитись з будовою і прийомами роботи з випрямлячем ВС-4-12.

Хід роботи

1. Зніміть з від'єданого від розетки приладу кожух.
2. Розгляньте внутрішнє розміщення і будову основних частин приладу.
3. Простежте, щоб запобіжник і його положення відповідали напрузі мережі в лабораторії (при напрузі 127 В запобіжник має бути на 1 А; при напрузі 220 В — на 0,5 А).
4. Закрийте прилад кожухом.
5. Ввімкніть випрямляч у мережу, а до клем навантаження під'єднайте авометр (у режимі вольтметра постійного струму).
6. Змінюючи положення ручки перемикача випрямляча, відмітьте для кожного його положення покази вольтметра.
7. Повторіть завдання 6, під'єднавши до вихідних клем з урахуванням полярності конденсатор на 10—20 мкФ. Порівняйте покази вольтметра в першому і другому випадках. Поясніть причину розходження в показях вольтметра.

Контрольні запитання

1. Який вигляд має графік зміни сили струму в навантаженні, під'єданому до випрямляча ВС-4-12?
2. Який струм (змінний чи пульсуючий) проходить по вторинній обмотці трансформатора випрямляча при під'єданому до випрямляча навантаженні?

Завдання II. Ознайомитись з будовою і прийомами роботи з випрямлячем ВС-24 м (ВС-25).

Хід роботи

1. Зніміть з від'єданого від мережі приладу кожух.
2. Розгляньте внутрішнє розміщення і будову основних частин приладу.
3. Простежте за тим, щоб запобіжник і його положення відповідали напрузі мережі в лабораторії (при

напрузі 127 В запобіжник має бути на 4 А; при 220 В — на 3 А).

4. Розгляньте будову рухомого контакту регулятора напруги.

5. Розгляньте шкали амперметра і вольтметра. Визначте ціну поділок їх шкал та абсолютні похибки виконуваних за їх допомогою вимірювань.

6. Закрийте прилад кожухом.

7. Покажіть, як одержувати від приладу регульовану напругу.

8. Покажіть, як треба користуватися випрямлячем ВС-24 м для демонстрування явища електролізу (Л. 1, с. 209—210). Для цього до вихідних клем випрямляча приєднайте два вугільних стержні, опущені в розчин мідного купоросу.

Змінюючи положення ручки плавного регулювання, покажіть зміни значень напруги і сили струму.

Контрольні запитання

1. Чи можна використовувати прилад ВС-24 м для одночасного живлення від нього приладів, що працюють на змінному і постійному струмах?
2. Якої системи і класу точності вимірювальні прилади встановлені у випрямлячі?

Завдання III. Ознайомитись з будовою і прийомами роботи з випрямлячем ВУП-2.

Хід роботи

1. Зніміть з від'єданого від мережі приладу кожух.
2. Розгляньте внутрішнє розміщення і будову основних частин приладу.
3. Простежте за правильністю положення запобіжників: при напрузі мережі 127 В запобіжник на 1 А повинен бути поставлений на щитку праворуч, а при напрузі 220 В — ліворуч (також на 1 А). У нижні затишкі на щитку має бути поставлений запобіжник на 0,5 А.
4. Закрийте прилад кожухом.
5. Заземліть корпус приладу (заземлення під'єднують до клем «— заг. »).
6. Ввімкніть прилад у мережу та виміряйте напругу авометром (у режимі вольтметра постійного струму) на

клемах «—заг.» і «+ 250»; «— заг» і «+ 350» і регулювану напругу в межах 0 — 250 В і 0±100 В.

7. Покажіть, як треба використовувати ВУП-2 для живлення електронної лампи (Л. 1, с. 124—125).

Контрольні запитання

1. У ряді інструкцій до випрямлячів рекомендується перед розбиранням кола, під'єданого до випрямляча, розряджати коротким провідником конденсатори фільтра випрямляча. Чи потрібно це робити, працюючи з ВУП-2?

2. Як від ВУП-2 дістати напругу 450 В для живлення газорозрядних лічильників?

3. Чи можна використовувати цей випрямляч для демонстрування досліду Ерстеда?

Завдання IV. Ознайомитись з прийомами роботи з високовольтним перетворювачем «Розряд-1».

Хід роботи

1. Ознайомтесь за схемою з основними блоками приладу.

2. Під'єднайте до перетворювача живлення від випрямляча ВС-24 м, дотримуючись полярності.

3. Регулятор вихідної напруги випрямляча поставте на нуль. Вихід високої напруги (5 кВ) під'єднайте до газорозрядної трубки. Увімкнувши живлення, покажіть, що, збільшуючи напругу живлення перетворювача, можна виявити збудження високої напруги за світінням газорозрядної трубки.

4. Встановіть перемикач вихідної напруги на 25 кВ.

5. Розмістіть кульки борнів на відстані 5—7 мм одну від одної.

6. Включивши прилади, підберіть напругу живлення перетворювача, при якій спостерігатиметься стійкий іскровий розряд.

Примітка. При зриві генерації, що можна помітити за зникненням характерного писку, потрібно натиснути на кнопку «пуск».

Контрольні запитання

1. Яке призначення в схемі перетворювача (рис. 2.10) має діод V1?

2. За якими ознаками можна судити про значення вихідної напруги перетворювача?

3. ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ (III)

Мета: вивчити будову і дію джерел електричного струму шкільного типу та набути практичних умінь і навичок у використанні їх.

Література

Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, ч. 1, М., Просвещение, 1971, с. 14—18.

Обладнання: регулятор напруги шкільний (РНШ); щит електророзподільний шкільний; індуктор високовольтний ІВ-100; випрямляч ВС-4-12; лампочка на 220 В з патроном і шнуром; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть з курсу загальної фізики або електротехніки:

а) будову і дію низькочастотного трансформатора й автотрансформатора;

б) основні поняття теми «Трифазний струм»;

в) схеми напівпровідникових випрямлячів.

2. Ознайомтесь за поданим описом з регулятором напруги РНШ, розподільним щитом та індуктором високовольтним ІВ-100.

3. Накресліть у зошитах для лабораторних робіт принципіальні схеми приладів. Запишіть технічні дані та основні правила експлуатації їх.

4. Дайте відповіді на такі запитання:

а) На якому явищі ґрунтується дія автотрансформатора?

б) Чим відрізняється трансформатор від автотрансформатора?

в) Чим зумовлюється додаткова небезпека під час роботи з автотрансформатором порівняно з трансформатором?

г) Що таке фазна і лінійна напруги, як вони між собою зв'язані?

д) Як діє двопівперіодний випрямляч, складений за містковою схемою?

Загальний опис приладів

Регулятор напруги шкільний (РНШ) призначений для плавного регулювання напруги змінного струму з частотою 50 Гц. Цей прилад (рис. 3.1) являє собою поєднання автотрансформатора з вольтметром, який показує напругу на виході. РНШ живиться від мережі змінного струму 127 або 220 В. При номінальному режимі роботи (45 хв безперервної роботи з наступним вимиканням для охолодження на 15 хв) РНШ дає змогу одержувати:

1. При напрузі в мережі 127 В — регульовану (вихідну) напругу до 220 В і максимальної сили струм 8 А (при вихідній напрузі до 140 В) і 6 А (при вихідній напрузі 140—220 В).

2. При напрузі в мережі 220 В — регульовану (вихідну) напругу до 240 В при максимальній силі струму 9 А. Регулятор напруги (рис. 3.2) складається з металевої основи 1, на якій закріплено автотрансформатор 2, дві колодки для плавких запобіжників і панель із затискачами 3. На передній панелі кожуха встановлено вольтметр. Електричну схему РНШ показано на рис. 3.3. «Слабким місцем» РНШ є контакт рухомої щітки (ролика) та обмотки, за яким треба уважно стежити.

Щит електророзподільний шкільний (рис. 3.4) призначений для демонстрування дослідів і зарядки акумуляторів; він дає змогу регулювати змінну і постійну (випрямлену) напругу.

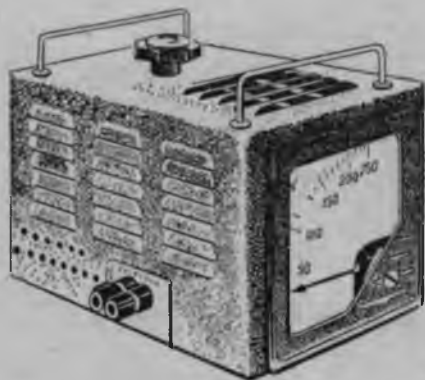


Рис. 3.1



Рис. 3.2

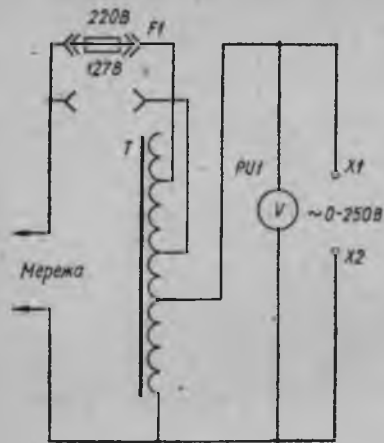


Рис. 3.3

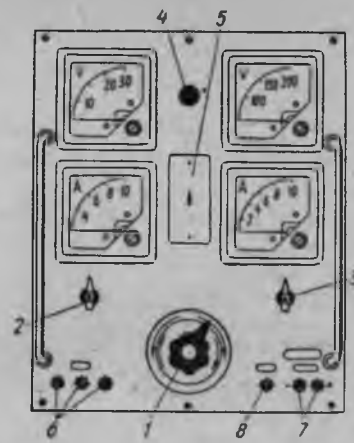


Рис. 3.4

Електророзподільний щит змонтовано на металевому каркасі і закрито металевим корпусом. На передній стінці корпусу розміщені електровимірювальні прилади, ручка автотрансформатора з шкалою 1, пакетний триполюсний вимикач 2, перемикач на змінну і постійну напругу 3, сигнальна лампочка 4, виріз (закритий кришкою) для доступу до плавких запобіжників 5, затискачі для виведення трифазної напруги 6, затискачі для виведення однофазної змінної або випрямленої напруги 7, затискач від нульового проводу 8.

Усередині корпусу (рис. 3.5) на каркасі закріплено: автотрансформатор 9, випрямляючий місток 10, затискачі для підведення трифазної напруги 11, затискач для нульового проводу 12, затискачі з перемикаючим провідником для подачі на автотрансформатор напруги 127 або 220 В 13. Принципову схему щита показано на рис. 3.6.

На вхід щита (затискачі X1, X2, X3) подається трифазна напруга мережі (220 або 127 В) з нульовим про-

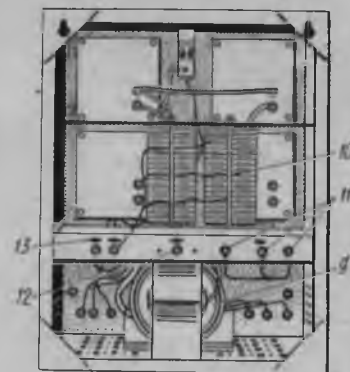


Рис. 3.5

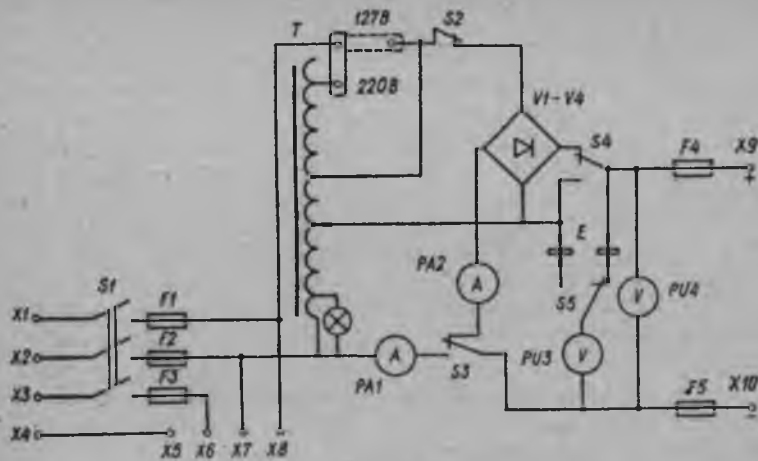


Рис. 3.6

водом, яка через пакетний вимикач *S1* і систему плавких запобіжників *F1—F3* подається на трифазний вихід щита й автотрансформатор *T*¹. Останній має вихід для вмикання на 127 В. Від автотрансформатора живиться двопівперіодний випрямляч, складений із селенових випрямляючих елементів. На випрямляч може бути подано регульовану змінну напругу в межах 0—127 В.

За допомогою пакетного перемикача (*S2—S5*), який має два положення, здійснюється перемикання напруги на виході щита. На щиті встановлено чотири електровимірювальні прилади: амперметр *PA1* для вимірювання сили змінного струму в навантаженні; амперметр *PA2* для вимірювання сили постійного струму в навантаженні; два вольтметри *PU3* і *PU4* на 30 В і 250 В для вимірювання змінної та постійної напруг на виході щита. При цьому спеціальний пристрій *E* від'єднує вольтметр *PU3* при досягненні напруги 30 В.

В умовах номінального режиму роботи (45 хв роботи з наступною 15-хвилинною перервою) щит забезпечує одержання таких напруг і струмів:

¹ Схема щита не дає можливості безпосередньо вмикати його в мережу трифазного струму з лінійною напругою 380 В. При такій напрузі в мережі на автотрансформатор потрібно подати фазову напругу 220 В. Для цього вхідний затискач *X1* з'єднують з однією із фаз, а затискач *X2* — з нульовим проводом трифазної системи. Трифазна напруга в цьому випадку на щит не подається.

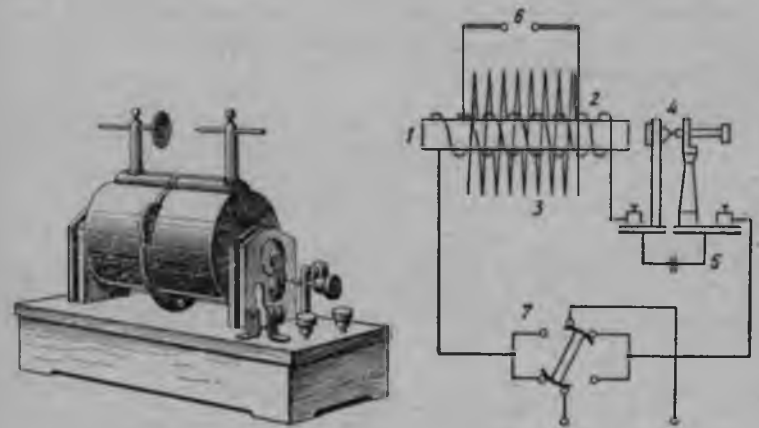


Рис. 3.7

Рис. 3.8

1. При напрузі в мережі 127 В — регульовану змінну напругу від 5 до 220 В із силою струму навантаження до 5 А.

2. При напрузі в мережі 220 В — регульовану змінну напругу від 5 до 240 В із силою струму навантаження до 2 А.

3. При напрузі в мережі 127 або 220 В можна дістати регульовану постійну (пульсуючу) напругу від 0 до 80 В із силою струму до 8 А.

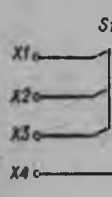
Плавкі запобіжники *F1—F3* при напрузі в мережі 127 В повинні бути на 20 А, при 220 В — 10 А. Плавкі запобіжники *F4* і *F5*, які захищають автотрансформатор (і селенові випрямлячі) від коротких замикань, мають бути на 10 А.

Істотним недоліком розподільного щита є гальванічний зв'язок між вихідним колом і мережею живлення (внаслідок використання автотрансформатора). Це означає, що вихідні клеми щита перебувають під високими потенціалами мережі. У зв'язку з цим (згідно з правилами техніки безпеки) подача напруги на учнівські лабораторні столи від розподільного щита недопустима.

Індуктор високовольтний ІВ-100 є джерелом високої напруги для демонстрування електричного розряду в повітрі і розріджених газах. Загальний вигляд індуктора ІВ-100 показано на рис. 3.7, а схему — на рис. 3.8. Прилад являє собою трансформатор з розімкнутим магніт-

ом. Він складається із сталюого осердя 1, пе- 2 і вторинної 3 обмоток.

створення змінного магнітного поля, як умови кції е. р. с. у вторинній обмотці, замикання і роз- і постійного струму в первинній обмотці здійсню- а допомогою молоточкового переривника 4. Щоб и інтенсивність іскри, яка утворюється при роз- кола, і обгоряння контактів, паралельно ку і контактному гвинту вмикають конденса-


інці вторинної обмотки підведено до гнізд, куди оть знімні колонки (борни), в отвори яких за- ь стержні розрядника 6. За допомогою переми- здійснюють вмикання приладу і зміну напряму Напряга живлення індуктора ІВ-100 становить 3.

час роботи індуктора слід дотримуватись таких

водом, яє доторкуватися руками до розрядника і приед- запобіжнь нього проводів.

й автотре допускати під'єднання до індуктора джерел ня на 12ія напругою більш як 10—12 В.

ріодний об запобігти можливому пробою ізоляції вто- чих елементів обмотки, не допускати встановлення іскрового вану зміку більш як 100 мм.

За де допускати нагрівання індуктора вище 40° С. має два потреби не розбирати прилад. на вихо-

мірювалд а н н я **I. Ознайомитись з будовою РНШ і мож- сили зм за допомогою його регулювати напругу.**

для вим ні; два **роботи**

мірюван При цьсмітись з від'єданого від розетки приладу кожух. РУЗ прирзгляньте будову рухомого контакту регулятора

В ум- ти з наозгляньте шкалу вольтметра, визначте ціну по- чує одер

озгляньте пристрій, в якому встановлено запо- 1 Схе Простежте, щоб запобіжник і положення його мережу ціали напрузі мережі в лабораторії (при напрузі напрузі в, запобіжник має бути на 20 А; при 220 В — на пругу 22с

фаз, а за фазна накрійте прилад кожухом.

ід'єднайте до клем навантаження регулятора на-

пруги електричну лампочку на 220 В і ввімкніть прилад у мережу.

7. Повільно обертаючи ручку регулятора, покажіть можливість плавно збільшувати (зменшувати) вихідну напругу.

Контрольні запитання

1. Як здійснюють перемикання приладу на напругу живлення 127 і 220 В?

2. Який вимірювальний прилад встановлено на регуляторі на- пруги? Охарактеризуйте його.

3. Чи можна за допомогою РНШ регулювати постійну напругу?

Завдання II. Ознайомитись з будовою електро- розподільного щита і прийомами роботи з ним.

Хід роботи

1. Ознайомтесь із зовнішньою будовою щита.

2. Розгляньте електровимірювальні прилади щита. Установіть межі їх вимірювань і ціни поділок шкал.

3. Розгляньте внутрішню будову щита (простежте, щоб щит був від'єднаний від мережі живлення). Ко- ристуючись принципіальною схемою, з'ясуйте призначен- ня клем, розміщених на щиті.

4. Дістаньте від щита змінну напругу. Для цього:

а) Ручку автотрансформатора поставте на нуль шка- ли змінного струму.

б) Ручку перемикача «навантаження» поставте в по- ложення «~».

в) До клем «регульована напруга» під'єднайте елек- тричну лампочку на 220 В. Клему, позначену « \perp », під'єднайте до надійного заземлення.

г) Подайте на щит живлення від мережі. Ручку ви- микача поставте в положення «вкл» (при цьому заго- ряється сигнальна лампа).

д) Обертаючи ручку автотрансформатора, одержіть напругу 20, 50, 100 і 200 В.

е) Закінчивши роботу, поставте ручку автотранс- форматора на нуль шкали, вимкніть щит.

5. Одержіть від щита постійну напругу. Для цього:

а) Ручку автотрансформатора поставте на нуль шка- ли постійного струму.

б) Ручку перемикача «навантаження» поставте в по- ложення «=».

в) Клему, позначену « \perp », під'єднайте до надійного заземлення. Подайте на щит живлення від мережі. Ручку вимикача поставте в положення «вкл» (при цьому загоряється сигнальна лампа).

г) Обертаючи ручку автотрансформатора (вправо або вліво від нуля), одержіть напругу 20, 40 і 60 В.

д) Закінчивши роботу, поставте ручку автотрансформатора на нуль шкали, вимкніть щит.

Контрольні запитання

1. Як здійснюють перемикання щита на напругу живлення 127 і 220 В?
2. Які вимірювальні прилади встановлені на щиті? Охарактеризуйте їх.
3. Для чого електророзподільний щит треба заземлювати?
4. Як пояснити, що регулювання змінної напруги здійснюється обертанням ручки автотрансформатора від нуля шкали вправо, а регулювання постійної напруги — вправо і вліво від нуля шкали?

Завдання III. Ознайомитись з будовою і прийомами роботи з високовольтним індуктором ІВ-100.

Хід роботи

1. Ознайомтесь з будовою високовольтного індуктора.
2. Закріпіть у борнах розрядники індуктора так, щоб іскровий проміжок між ними не перевищував 100 мм.
3. Клеми первинної обмотки з'єднайте з випрямлячем ВС-4-12.
4. Перемикач індуктора поставте в положення рукою вгору.
5. Увімкніть випрямляч у мережу живлення.
6. Поверніть перемикач первинної обмотки індуктора на 90°.

Якщо при цьому прилад не працюватиме, слід відрегулювати переривник обертанням контактного регулювального гвинта. При нормальній роботі переривника іскріння на його контактах буде мінімальним, а розряд індуктора — сталий і безперервний. Після регулювання гвинт затискують бічним стяжним гвинтом.

7. Простежте за характером іскрового розряду. Розряд буде правильний і стійкий, якщо диск розрядника є негативним полюсом, а вістря — позитивним. У цьому разі іскри б'ють у середину диска, а не блукають по його краях, перескакуючи з місця на місце.

Змінити полярність борнів індуктора можна повертанням ручки перемикача на 180°.

Контрольні запитання

1. Яку роль у високовольтному індукторі відіграє молоточковий переривник?
2. Чи можна високовольтний індуктор живити змінним струмом?
3. Якщо іскровий проміжок між розрядниками високовольтного індуктора невеликий (менше 1 см), то іскри утворюються як при розмиканні первинного кола, так і при замиканні його. Якщо збільшити іскровий проміжок, то іскри проскакуватимуть тільки при розмиканні первинного кола. Чому?

4. ШКІЛЬНІ ДЕМОНСТРАЦІЙНІ ЕЛЕКТРОВІМІРЮВАЛЬНІ ПРИБАДИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІХ (I)

Мета: навчитися використовувати у навчальному експерименті демонстраційні амперметр і вольтметр та гальванометри.

Література

1. Інструкція «Амперметр і вольтметр з гальванометрами (демонстраційний)».
2. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, ч. 2. М., Просвещение, 1972, с. 11—15.
3. Чепуренко В. Г. та ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976, с. 119.

Обладнання: демонстраційний амперметр з набором шунтів —2 шт.; демонстраційний вольтметр з набором додаткових опорів; електричні лампи на 6—12 В, 220 В 500 Вт з патронами, встановленими на підставках з клемами; омметр; міліамперметр шкільний лабораторний; батарея акумуляторів на 5—6 В або випрямляч типу ВСШ-6; реостати на 10—20 та 8—10 Ом —2 шт.; вимикач; автотрансформатор; підсилювач до гальванометра; батарея 3336; два резистори на панелі з клемами; кілька резисторів з відомими опорами; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть такі питання:
 - а) системи електровимірювальних приладів;
 - б) умовні позначення на шкалах електровимірювальних приладів та їх значення;
 - в) правила застосування електровимірювальних приладів.

2. Ознайомтесь за інструкціями до демонстраційних амперметра і вольтметра з будовою приладів, їх технічними характеристиками та можливостями використання. Найважливіші відомості про прилади, їхні схеми занесіть у свої зошити.

Дайте відповіді на такі запитання:

а) Які фізичні явища покладено в основу дії приладів відомих вам систем?

б) Які способи визначення ціни поділки шкали приладів ви знаєте? Як знімати покази приладів?

в) Що означає клас точності приладу?

г) Які закономірності використовують, розраховуючи шунти і додаткові опори до електровимірювальних приладів? Як виводять формули для розрахунку шунтів і додаткових опорів?

д) Як експериментально підібрати шунт до вимірювального приладу, щоб ним можна було вимірювати потрібної сили струми?

Як експериментально можна підібрати додатковий опір для розширення меж вимірювання напруг даним приладом? Накресліть відповідні схеми.

е) Які типи омметрів ви знаєте? Які з них найраціональніше використовувати у шкільному демонстраційному експерименті?

Загальний опис приладів

Амперметр і вольтметр (рис. 4.1) демонстраційні є універсальними вимірювальними приладами. Вмонтовані в прилади випрямлячі (вимірювальні механізми приладів магнітоелектричної системи можна використовувати тільки в колах постійного струму) дають можливість виконувати вимірювання і в колах змінного струму. Електричну схему амперметра показано на рис. 4.2, а вольтметра — на рис. 4.3.

Два шунти, які додаються до амперметра, дають змогу користуватися приладом як амперметром постійного і змінного струмів з межами вимірювання 0—3 і 0—10 А. При виконанні значної кількості дослідів для вибору потрібної чутливості амперметра зручно користуватися реостатом-шунтом. При потребі його можна відповідно проградувати.

Змінні додаткові опори, що додаються до вольтметра, дають можливість користуватися ним як вольтметром

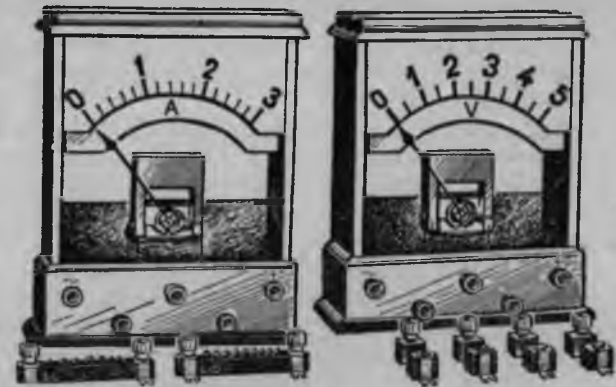


Рис. 4.1

постійного струму з межами вимірювань 0—5 і 0—15 В і змінного струму з межами вимірювань 0—15 і 0—250 В.

Похибка приладів не перевищує $\pm 4\%$ верхньої межі вимірювання в колах постійного струму і $\pm 5\%$ у колах змінного струму.

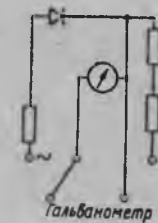


Рис. 4.2

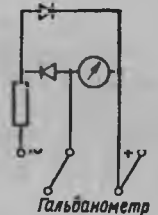


Рис. 4.3

У задній стінці приладів вмонтовано ящик для зберігання шунтів і додаткових опорів. Придбавши прилади, пронумеруйте їх шунти та додаткові опори і з даним приладом завжди використовуйте їх. На задній стінці також встановлено ручку коректора вимірювального механізму, за допомогою якого встановлюють стрілку приладу в початкове положення.

Якщо амперметр використовують у колах постійного струму, то шунт на 3 або 10 А залежно від значення вимірюваної сили струму приєднують до верхньої правої клемі, позначеної знаком «+», і до середньої клемі, яка є спільною для кіл постійного і змінного струмів. До клем на шунті приєднують провідники вимірюваного кола, дотримуючись полярності вмикання. Відповідно до вибраного шунта у передній паз, що міститься у верхній частині приладу, вставляють шкалу на 3 або 10 А.

Використовуючи прилад у колах змінного струму, шунти приєднують до середньої і крайньої лівої клемі,

яку позначено знаком « \sim ». При цьому використовують відповідні шкали, які для змінного струму нерівномірні. Оскільки випрямляч, що застосовується в приладі, має нерівномірну характеристику, то початок робочої частини шкали показано точкою.

Демонстраційний вольтметр також можна використовувати у колах постійного і змінного струмів. Для цього є відповідні шкали і додаткові опори, які до вольтметра підганяють індивідуально, тому їх слід використовувати з тим приладом, до якого вони виготовлені. Додаткові опори для постійного струму приєднують до правої верхньої клемі, а для змінного — до лівої. Провідники електричного кола приєднують до додаткового опору і до центральної клемі.

При використанні приладів як гальванометрів вимірювану величину подають до клем «гальванометр» (дві нижні клемі). Слід мати на увазі, що гальванометр амперметра має великий опір (порядку кількох сотень омів), а гальванометр вольтметра — малий (порядку кількох омів).

Реостат-шунт під'єднують до верхніх клем залежно від роду вимірюваного струму (постійного чи змінного).

Завдання I. Виміряти споживану електричною лампою потужність та опір її спіралі у робочому стані.

Хід роботи

Складіть електричне коло за схемою, зображеною на рис. 4.4, де: A — демонстраційний амперметр з шунтом на 3 А, увімкненим для вимірювань у колах постійного струму; V — демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 15 В, увімкненим для вимірювання постійної напруги; L — електрична лампа автомобіля на 6—12 В; E — батарея акумуляторів або випрямляч з напругою 5—6 В; R — реостат на 8—10 Ом; K — вимикач.

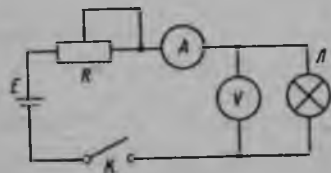


Рис. 4.4

Встановіть певну напругу і виміряйте силу струму в колі нитки розжарювання лампи. За здобутими даними обчисліть значення споживаної лампою потужності та опору спіралі лампи. Обчисліть абсолютні і відносні похибки знайдених результатів.

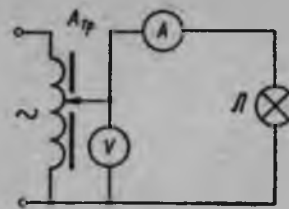


Рис. 4.5

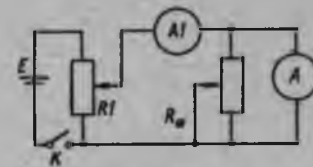


Рис. 4.6

Завдання II. Визначити, у скільки разів змінюється опір спіралі лампи розжарювання внаслідок її нагрівання струмом при підвищенні напруги від 50 до 150 В (або до нормальної робочої напруги).

Хід роботи

Складіть електричне коло за схемою, поданою на рис. 4.5, де: A — демонстраційний амперметр з шунтом на 3 А, увімкненим для вимірювань у колах змінного струму; V — демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 250 В, увімкненим для вимірювання змінних напруг; L — електрична лампа на 220 В 500 Вт (або інша великої потужності); Atr — автотрансформатор, що вмикається у мережу змінного струму. Визначте опір спіралі при напругах 50 і 150 (220) В. Встановіть, у скільки разів збільшився опір спіралі лампи при її нагріванні.

Контрольні запитання

- 1) Чи можна скористатись останньою установкою для демонстрування закону Ома для ділянки кола?
- 2) При вивченні яких питань можна поставити розглянутий демонстраційний дослід?

Завдання III. Навчитись змінювати чутливість шкільного демонстраційного гальванометра-амперметра за допомогою підбору відповідних шунтів залежно від умов досліду.

Хід роботи

Складіть електричне коло за схемою, зображеною на рис. 4.6, де: A — демонстраційний гальванометр-амперметр; $R_{ш}$ — реостат з опором 8—10 Ом, що використо-

ується як шунт, опір якого можна змінювати; A_1 — контрольний амперметр з різними межами вимірювання; R_1 — реостат на 10—20 Ом, що використовується як подільник напруги; E — батарея акумуляторів на 5—6 В; K — ключ.

Скориставшись подільником напруги і контрольним амперметром, за допомогою реостата-шунта підберіть таку чутливість амперметра A , щоб його стрілка відхилася до останньої поділки шкали при силах струму: а) 0,1 А; б) 0,25 А; в) 0,5 А і г) 1,0 А.

Контрольні запитання

1) Для виконання яких демонстраційних дослідів, на вашу думку, потрібно підбирати додатково шунти до демонстраційного амперметра?

2) Запропонуйте конструкцію реостата-шунта, за допомогою якого можна було б швидко встановлювати потрібну чутливість амперметра без точної фіксації вимірюваної сили струму.

Завдання IV. Навчитись збільшувати чутливість гальванометра-амперметра за допомогою простого підсилювача на транзисторах.

Хід роботи

Для ефективної постановки ряду демонстраційних дослідів іноді виникає потреба підвищити у 10—50 разів чутливість гальванометра-амперметра. З цією метою Головучтехпром випускає підсилювач конструкції М. І. Грінбаума на дев'яти транзисторах. У школах можна зустріти саморобні підсилювачі, складені за схемою, запропонованою В. О. Буровим. У багатьох випадках добрі результати може дати саморобний підсилювач

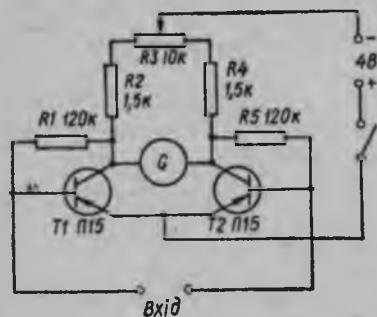


Рис. 4.7

на двох транзисторах типу $p-n-p$ (наприклад, МП 39 — МП 42), схему якого показано на рис. 4.7. Живлення підсилювача здійснюється від батареї 3336 або від іншого джерела постійного струму на 4—5 В.

Щоб показати дослід з підсилювачем, наприклад виникнення фотоелектрорушійної сили при

освітленні $p-n$ -переходу діода, приєднуємо діод з прозорим корпусом на вхід підсилювача. За допомогою змінного резистора R_3 при затемненому діоді встановлюємо стрілку гальванометра на нуль. Освітливши діод, спостерігаємо, як виникає фотоелектрорушійна сила при освітленні $p-n$ -переходу. Чим сильніше освітлено $p-n$ -перехід, тим на більший кут відхиляється стрілка гальванометра.

Підсилювач можна використати для дослідів на встановлення типу провідності напівпровідникових матеріалів, при демонструванні ефекту Холла в напівпровідниках тощо.

Контрольні запитання

1) Як можна визначити, у скільки разів дає підсилення підсилювач, скориставшись тільки розглянутим у цьому завданні обладнанням?

Завдання V. Продемонструвати дії омметра та проградувати його шкалу.

Хід роботи

Складіть електричне коло за схемою (рис. 4.8) і закортіть клемі R_x ($R_x=0$). За допомогою змінного резистора R_2 встановіть стрілку гальванометра у крайнє праве положення (на останню поділку шкали). Візьміть кілька резисторів з відомими опороми і, приєднуючи їх по черзі до клем R_x , запишіть відповідні покази гальванометра. За цими даними побудуйте градуовальну криву омметра.

Узявшись за клемі R_x руками, виміряйте опір свого тіла. Під час проведення всіх операцій по градуованню омметра до клем R_x не доторкуйтесь. Чому?

Завдання VI. а) Розрахувати значення опору шунта до шкільного лабораторного міліамперметра, щоб ним можна було вимірювати сили струму до 1 А.

б) Розрахувати значення додаткового опору до шкіль-

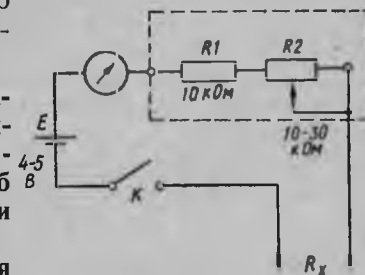


Рис. 4.8

ного лабораторного міліамперметра, щоб ним можна було вимірювати напруги до 10 В.

Хід роботи

За допомогою омметра виміряйте опір лабораторного шкільного міліамперметра. Обчисліть значення шунта (завдання 6, а) і додаткового опору (завдання 6, б) до міліамперметра. Накресліть схему найпростішого універсального вимірювального приладу, за допомогою якого можна вимірювати сили струму (кілька меж вимірювання) і напруги (кілька меж вимірювання) у колах постійного струму. Що треба додати до схеми, щоб прилад можна було використовувати також у колах змінного струму? Які способи виготовлення додаткових опорів і шунтів ви можете запропонувати?

Контрольні запитання

1) Яку чутливість мають демонстраційні гальванометри амперметрів і вольтметрів? Який їх внутрішній опір? Які додаткові опори, шунти і шкали мають ці вимірювальні прилади?

2) Прилади магнітоелектричної системи можуть бути безпосередньо використані у колах постійного струму. Що зроблено у демонстраційних приладах, щоб вони були придатними для використання у колах змінного струму?

3) Які типи омметрів за принципом дії ви знаєте? Які з них найбільш доступні для вивчення в школі?

4) Чому гальванометр демонстраційного амперметра має значно більший опір, ніж гальванометр вольтметра?

5. ШКІЛЬНІ ЕЛЕКТРОВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІХ (II)

Мета: навчитися користуватися шкільними вимірювальними приладами при постановці навчального експерименту.

Література

1. Заводські інструкції «Амперметр і вольтметр демонстраційні з гальванометрами», «Ватметр демонстраційний», «Мілівольтметр (авометр шкільний)».

2. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике. т. 2. М., Просвещение, 1972. с. 11—15, 63—64.

3. Інструкція до приладу «Трубка для демонстрування дослідів з паром».

Обладнання: демонстраційний амперметр-гальванометр з набором шунтів; демонстраційний вольтметр-гальванометр з набором

додаткових опорів; ватметр демонстраційний з набором додаткових опорів; термopара (прилад «Трубка для демонстрування дослідів з паром»); реохорд демонстраційний; магазин опорів демонстраційний; шкільний авометр, шкільний універсальний трансформатор; реостат на 10—20 Ом 5 А; батарея акумуляторів або випрямляч ВС-24М чи ВС 4-12; ключ.

Підготовка до роботи

1. Повторіть такі питання:

а) принцип дії ватметрів;

б) вимірювання опорів за допомогою містка Уїтстона;

в) будова і принцип дії універсальних приладів (вимірювання сил струмів, напруг і опорів).

2. Ознайомтесь за вказаною літературою з демонстраційним вольтметром, амперметром та ватметром, а також з шкільним авометром. Їхні основні технічні дані та можливості застосування запишіть у зошити. Накресліть принципіальні схеми приладів.

Дайте відповіді на такі запитання:

а) Який принцип дії шкільного демонстраційного ватметра? Які інші типи ватметрів ви знаєте?

б) Який власний опір мають гальванометри амперметра і вольтметра? Чим зумовлений вибір саме таких опорів?

в) У чому полягає принцип вимірювання опорів за допомогою місткових схем? При вивченні яких питань шкільного курсу фізики можна ознайомити учнів з принципом вимірювання опорів за допомогою містка Уїтстона?

Загальний опис приладів

Амперметр і вольтметр демонстраційні описані в роботі 4. Ватметр демонстраційний (рис. 5.1) має вимірювальний механізм феромагнітної системи. Електричну схему ватметра показано на рис. 5.2. За допомогою ватметра можна вимірювати активну потужність змінного струму з похибкою до 5%.

У передній частині основи приладу встановлено 5 клем. Верхні клемі використовують для приєднання приладу послідовно із споживачами струму, а нижні — для приєднання приладу паралельно споживачу струму. За допомогою ватметра можна вимірювати потужності при силах струму до 1 і 5 А. Додаткові опори до при-



Рис. 5.1

ладу дають можливість використувати його при напругах до 30, 150 і 300 В. Звідси можна зробити висновок, що ватметр може мати такі верхні межі вимірювання потужності: 30, 150, 300, 750 і 1500 Вт, для чого у комплекті приладу є відповідні змінні шкали. На задній стінці ватметра розміщена ручка коректора, за допомогою якої стрілку приладу встановлюють на нульову поділку шкали на початковому етапі вимірювань.

Для виконання цілого ряду робіт використовують шкільний авометр. Це універсальний електровимірювальний прилад, який складається з мікроамперметра магнітоелектричної системи, набору додаткових опорів і шунтів, складених з резисторів різних номіналів, випрямляча на напівпровідникових діодах, трьох гальванічних елементів або батареї 3336. Принципіальну схему авометра показано на рис. 5.3, а зовнішній вигляд — на рис. 5.4.



Рис. 5.2

Прилад дає змогу вимірювати з похибкою $\pm 3\%$ максимального значення шкали силу постійного струму в таких межах: 0—0,2, 0—0,5, 0—5, 0—50, 0—500 мА і напругу в межах: 0—2, 0—10, 0—50, 0—200, 0—500, 0—1000 В; силу струму і напругу змінного струму (похибка $\pm 4\%$ від максимального значення шкали) в межах для сили струму: 0—0,5, 0—5, 0—50, 0—500 мА, а для напруги: 0—10, 0—50, 0—200, 0—500, 0—1000 В; вимірювати опори (похибка $\pm 10\%$ вимірюваного значення опору): 2, 20, 200 кОм і 2 МОм.

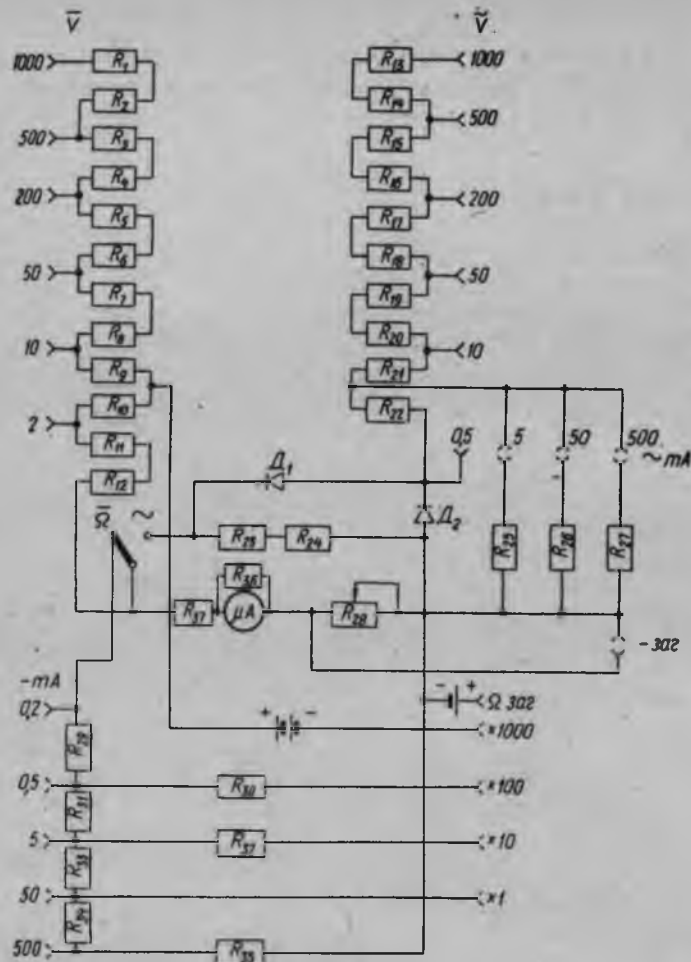


Рис. 5.3



Рис. 5.4

Завдання 1. Виконати досліди з гальванометром-вольтметром і приладом «Трубка для демонстрування дослідів з парою».

Хід роботи

Дослід 1. Виникнення термоструму.

Зніміть з термопару металеву трубку, в яку наливають воду. Приєднайте термопару до гальванометра-вольтметра і нагрівайте її над полум'ям. При підвищенні температури спаю термопару стрілка відхиляється на все більшу кількість поділок. Отже, термопару з гальванометром можна використати для фіксації змін температури (при певному градуванні шкали для вимірювання температури).

Дослід 2. Побудова графіка залежності температури води від часу нагрівання її.

Налийте в трубку приладу води і вставте в неї термопару. Закріпіть трубку з термопарою в штативі (рис. 5.5) і з'єднайте термопару з гальванометром-вольтметром. Нагрівайте воду в трубці до кипіння за допомогою сухого спирту (сухого пального) і через однакові інтервали часу відмічайте покази гальванометра. Виберіть зручний масштаб і побудуйте графік зміни температури води з часом при нагріванні її від кімнатної температури до кипіння і при кипінні.

Дослід 3. Залежність температури кипіння води від тиску.

Установка залишається такою, як і в попередньому досліді. Виготуйте з дерева пробку, якою можна закрити отвір у трубці з киплячою водою. Доведіть воду в трубці до кипіння і відмітьте показ гальванометра. При кипінні температура води залишається сталою. Тепер міцно закрийте отвір у трубці з киплячою водою. Тиск пари при цьому зростатиме і температура води підвищуватиметься. Якщо тепер пробку вийняти, то тиск у трубці знову дорівнюватиме атмосферному і температура води при кипінні знизиться до попереднього значення.



Рис. 5.5

Контрольні запитання

1. При вивченні яких питань шкільного курсу фізики можна використати термопару з демонстраційним гальванометром?

2. Чому в розглянутих вище дослідах спільно з термопарою використовують гальванометр-вольтметр, а не гальванометр-амперметр?

3. Які способи демонстрування залежності температури кипіння від тиску ви знаєте?

Завдання II. Продемонструвати принцип вимірювання опорів за допомогою містка Уїтстона.

Хід роботи

Поширеним методом вимірювання опорів є метод моста, який забезпечує досить високу точність вимірювання (похибка може досягати значень 0,1—0,05%). Схему одного з найпростіших мостів показано на рис. 5.6. Складіть електричне коло за поданою схемою з реохорда демонстраційного АД, гальванометра-вольтметра G, гальванічного елемента чи банки акумулятора E, магазину опорів демонстраційного R₀, реостата R_x, ключа K.

Провідник реохорда АД виготовлено з високоомного матеріалу (позначимо опір частин цього провідника R₁ і R₂). Значення опорів плечей моста (R_x і R₀; R₁ і R₂) можна підібрати так (пересуванням повзункового контакту B по провіднику АД), щоб при увімкненому ключі K струму в гальванометрі не було. У цьому випадку потенціали точок B і Г дорівнюватимуть один одному. Такий стан називається рівновагою моста.

У зрівноваженій схемі спади напруг мають бути однаковими на опорах R_x і R₁, а також R₀ і R₂:

$$I_1 R_x = I_2 R_1; \quad I_3 R_0 = I_2 R_2.$$

Поділивши перше рівняння на друге, знайдемо умову рівноваги моста, а вже з неї легко знайти значення опору R_x:

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}; \quad R_x = R_0 \frac{R_1}{R_2}.$$

Опір однорідного провідника визначають за формулою

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \text{де } \rho \text{ — питомий опір}$$

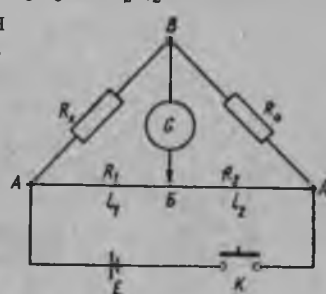


Рис. 5.6

провідника, l — його довжина, а S — площа поперечно-го перерізу. Отже,

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{S}; \quad R_2 = \rho \frac{l_2}{S}; \quad R_x = R_0 \frac{l_1}{l_2}.$$

Таким чином, щоб визначити невідомий опір R_x , треба замкнути ключ K моста і переміщувати повзунк B по провіднику AD доти, поки в гальванометрі не зникне струм. Після цього ключ розмикають і визначають довжини провідника l_1 і l_2 , а потім за останньою формулою обчислюють значення невідомого опору.

При наявності магазинів опорів такий міст можна використати дещо інакше. Вимірювання виконують у такій послідовності: ставлять повзунковий контакт точно посередині провідника AD ($l_1 = l_2$; $l_1/l_2 = 1$), замикають ключ K і підбирають значення опору магазину R_0 таким, щоб міст зрівноважився (відсутність струму в гальванометрі). У цьому випадку опір R_x дорівнює опору магазину R_0 .

Скориставшись складеним мостом, визначте опір реостата і порівняйте одержане значення опору з паспортними даними цього реостата.

Контрольні запитання

1) Які фізичні закономірності покладено в основу дії містка Уїтстона?

Завдання III. Виміряти потужності у колі однофазного змінного струму.

Хід роботи

Дослід 1. Потужність у колі з активним навантаженням.

Потужність у колах постійного струму можна визначити за силою струму і напругою, а також спеціальним вимірювальним приладом — ватметром. При цьому потужність, визначена за показами амперметра і вольтметра, дорівнює потужності, яку показує ватметр у цьому самому колі.

У колах змінного струму згадана рівність потужностей спостерігається при так званих активних навантаженнях, в яких підведена електрична енергія безповоротно перетворюється в інші види, наприклад у теплову.

Щоб впевнитись у цьому, складіть електричне коло, навантаженням у якому є автомобільна лампа або реостат (рис. 5.7). До електричного кола входять: ватметр демонстраційний, увімкнений у коло через додатковий опір на 30 В і через клему 5 А; демонстраційний амперметр з шунтом на 10 А; демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 15 В змінного струму (амперметр і вольтметр увімкнені для вимірювання змінного струму); реостат на 10—20 Ом 5 А.

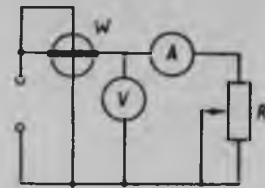


Рис. 5.7

Визначте споживану в колі потужність за показами амперметра і вольтметра та порівняйте її з показами ватметра. Ці покази практично будуть однаковими.

Дослід 2. Потужність у колі з реактивним навантаженням.

У розглянутій вище установці замість лампи чи реостата увімкніть котушку на 12 В універсального шкільного трансформатора із залізним осердям. Виміряйте потужність за показами амперметра, вольтметра (це так звана повна потужність) і ватметра (активно споживана потужність). Ці потужності виявляються різними. У колі з індуктивним навантаженням (як і в колі з ємнісним навантаженням) спостерігаються зворотні перетворення електромагнітної енергії: за одні частини періодів змінного струму енергія перетворюється в енергію магнітного поля котушки із струмом (в енергію електричного поля конденсатора), а за інші частини періодів ця енергія повертається назад у коло.

Оскільки в колі змінного струму з котушкою є і активний опір, то частина енергії перетворюється в теплоту (активне навантаження). Активну потужність показує ватметр. Поділивши активну потужність на повну, дізнайтесь, яка частина енергії використовується корисно. Це буде так званий коефіцієнт потужності, який чисельно дорівнює косинусу зсуву фаз сили струму і напруги в колі змінного струму. Отже,

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{активн}}}{P_{\text{повн}}} = \frac{P_{\text{активн}}}{IU}.$$

Аналогічні досліди можна провести і з використанням демонстраційної батареї конденсаторів замість котушки із залізним осердям.

В усіх дослідах змінний струм беремо від автотрансформатора, підбираючи потрібну для досліду напругу (до 15 В).

Контрольні запитання

1. Які додаткові опори і шкали має демонстраційний ватметр? Які класи для різних сил струму є на ватметрі? Для чого це зроблено?
2. Коли активно споживана енергія в колі буде більшою: при вмиканні котушки чи конденсатора? Чому?

Завдання І V. Навчитися користуватись шкільним авометром.

Вивчивши інструкцію до шкільного авометра, виміряйте:

- 1) напругу постійного струму (напругу на полюсах батареї 3336);
- 2) силу постійного струму (силу струму в лампочці для кишенькового ліхтарика, приєднаний до батареї 3336);
- 3) напругу змінного струму (напругу на первинній і вторинній обмотках універсального шкільного трансформатора);
- 4) силу змінного струму (силу струму в лампочці на 6,3 В, приєднаний до клем на 6 В вторинної обмотки універсального трансформатора);
- 5) опори резисторів з різними номіналами.

Навчіться перевіряти електричні кола на обрив та на коротке замикання, а також наближено визначати ємності конденсаторів.

Контрольні запитання

1. Як за допомогою містка Уітстона виміряти ємність якого-небудь конденсатора та індуктивність котушки?
2. На яких принципах ґрунтується дія авометрів? Як у них здійснюється зміна меж вимірювання значень напруг, сил струмів, опорів?

6. ЕЛЕКТРОННИЙ ОСЦИЛОСКОП¹. ЗВУКОВИЙ ГЕНЕРАТОР

Мета: ознайомитись у загальних рисах з будовою електронного осцилоскопа і звукового генератора й набути практичних умінь і навичок використання їх.

Література

Опис електронного комутатора.

Обладнання: осцилоскоп ОЕШ; звуковий генератор ЗГШ; електронний комутатор; динамічний гучномовець; знижувальний трансформатор (на 5—10 В); з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть з курсу радіотехніки:
 - а) будову і призначення основних вузлів електронного осцилоскопа;
 - б) будову і дію звукового генератора.
2. Ознайомтесь за описами з осцилоскопом електронним шкільним (ОЕШ) і звуковим генератором шкільним (ЗГШ).
3. Зарисуйте в зошити блок-схему ОЕШ, верхню, передню і задню панелі ОЕШ з органами керування. Запишіть основні технічні дані ОЕШ і ЗГШ.
4. Розгляньте будову наявного електронного комутатора до ОЕШ. З'ясуйте принцип його роботи.
5. Дайте відповіді на такі запитання:
 - а) Який механізм світіння екрана електронно-променевої трубки?
 - б) Які відхиляючі пластини — вертикальні чи горизонтальні — розміщені ближче до екрана електронно-променевої трубки, якщо відомо, що чутливість трубки по горизонталі 0,25 мм/В, а по вертикалі 0,35 мм/В?
 - в) Як на екрані осцилоскопа утворюються осцилограми?
 - г) Яку роль відіграє в осцилоскопі синхронізація?
 - д) Як на екрані електронно-променевої трубки за допомогою комутатора можна дістати дві осцилограми?
 - е) Поясніть призначення в ЗГШ трьох виходів.

¹ Іноді замість «електронний осцилоскоп» говорять і пишуть «електронний осцилограф». Надаючи точнішого значення цим термінам, слід зауважити, що осцилограф (від латинського «осцило» — коливаюсь і грецького «графо» — пишу) є прилад для записування коливань, а осцилоскоп (від латинського «осцило» — коливаюсь і грецького «скопео» — спостерігаю) — прилад для спостереження коливань.

Загальний опис приладів

Осцилоскоп електронний шкільний (ОЕШ). Досліди, проведені з використанням осцилоскопів, мають велике виховне й пізнавальне значення, бо вони дають змогу досліджувати вплив різних факторів на характер перебігу явищ і процесів та розкривають функціональну залежність між фізичними величинами. Застосування осцилографічного методу у викладанні сприяє також оволодінню учнями «графічною мовою», завдяки чому перебудовуються розумові дії, численні трудомісткі обчислювальні операції замінюються вимірювальними.

Для потреб навчального експерименту Головучтехпром випускає осцилоскоп електронний шкільний (ОЕШ), загальний вигляд якого показано на рис. 6.1. Як видно з блок-схеми (рис. 6.2), осцилоскоп ОЕШ складається з таких основних вузлів: електронно-променевої трубки, підсилювача вертикального відхилення, генератора горизонтальної розгортки, підсилювача горизонтального відхилення, пристрою для синхронізації, блока живлення.

Електронно-променеву трубку в осцилоскопі ОЕШ використано типу ІЗЛО37И. На рис. 6.3 показано в спрощеному вигляді будову цієї трубки. У скляній колбі з високим вакуумом *Б* міститься підігрівний катод *К*, що складається з нікелевого циліндрика, всередині якого у фарфоровій трубочці є нитка розжарювання. На передній торцеві циліндрика нанесено тонку оксидну плівку, яка при нагріванні добре випромінює електрони. Катод міститься у металевому циліндрі *КЕ* з отвором у торці. Цей циліндр називається керуючим електродом (іноді його називають модулюючим електродом). Його дія аналогічна дії керуючої сітки в електронній лампі.

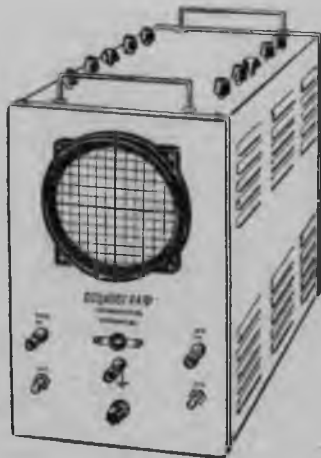


Рис. 6.1

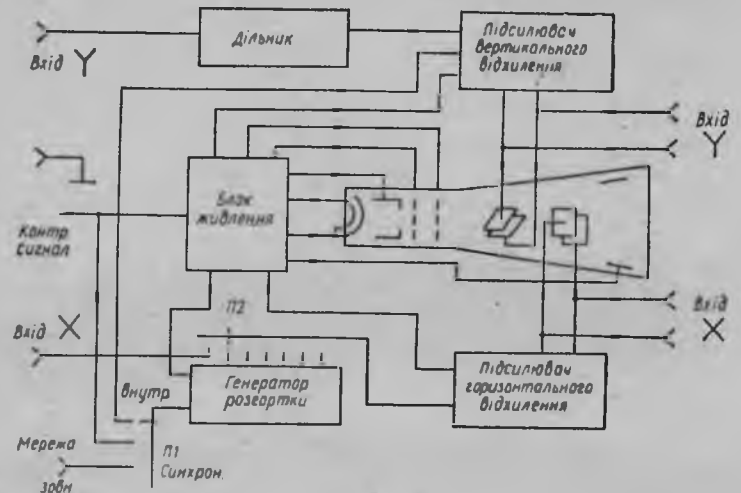


Рис. 6.2

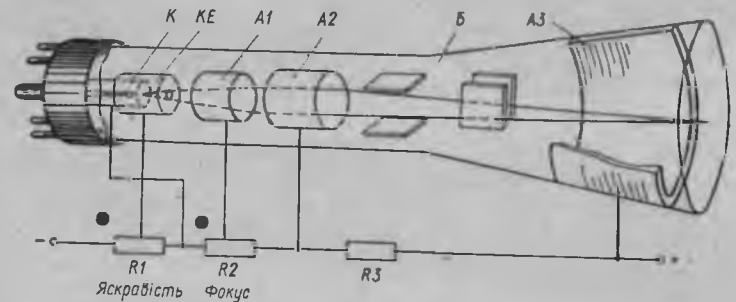


Рис. 6.3

Підводячи до керуючого електрода негативну відносно катода напругу, можна регулювати інтенсивність електронного променя, регулюючи тим самим і яскравість.

Електронно-променева трубка ІЗЛО37И має три аноди. Перед керуючим електродом міститься циліндр *A1* (перший анод). Він має потенціал у кілька сот вольт відносно катода. За першим анодом розміщено другий анод *A2*. Змінюючи напругу між першим і другим анодами, можна сфокусувати електрони на екран трубки.



Рис. 6.4

вання: «яскравість», «фокус», а також ручки для зміщення зображення в горизонтальному напрямі « \leftrightarrow » і вертикальному « \updownarrow ». Ці ручки розміщено на верхній панелі приладу (рис. 6.4). Підсилювач вертикального відхилення призначений для підсилення амплітуди досліджуваного сигналу від часток вольт до 70 В. Ручка регулювання підсилення («Підсилення Y») виведена на верхню панель осцилоскопа (рис. 6.4). Для зменшення амплітуди досліджуваних сигналів, що подаються на підсилювач вертикального відхилення, між входними клемми осцилоскопа і підсилювачем встановлено подільник напруги, який вмикається тумблером, розміщеним на передній панелі осцилоскопа. Якщо досліджувана напруга менша 5 В, ручка тумблера має бути у верхньому положенні, при напругах 5—250 В — у нижньому. Генератор пилкоподібної напруги для горизонтальної розгортки променя генерує коливання з частотою від 10 Гц до 18 кГц. Цей діапазон поділено на 6 піддіапазонів, у межах яких можлива плавна зміна частоти. Коливання генератора подаються на підсилювач горизон-

Третій анод А3 призначений для значного прискорення електронів, що дає змогу дістати на екрані пляму з високою яскравістю. Цей анод являє собою графітовий шар, нанесений на внутрішню поверхню конусної частини колби трубки. Сфокусований електронний промінь при співударі з люмінофором екрана збуджує частинки люмінофору, спричинюючи його світіння. На шляху до екрана, між другим і третім анодами, розміщено дві пари пластин. Одна пара пластин відхиляє промінь горизонтально, а друга — вертикально. Електронно - променева трубка в осцилоскопі ОЕШ має чотири ручки керу-

тального відхилення. Блок горизонтальної розгортки променя має такі ручки керування:

а) «Підсилення X» — ручка для встановлення горизонтального розміру зображення.

б) Перемикач «Діапазони» дає змогу грубо (ступінчасто) змінювати частоту коливань генератора. Перемикач має 7 положень. У першому (нульовому) положенні перемикача підсилювач горизонтального відхилення променя виявляється під'єднаним до входної клеми «Вхід X», що дає можливість подавати на горизонтальний вхід осцилоскопа напругу від зовнішніх джерел.

в) «Частота плавно» — ця ручка дає змогу плавно змінювати частоту коливань генератора розгортки в межах кожного піддіапазону.

Усі ці ручки виведено на верхню панель осцилоскопа (див. рис. 6.4).

За допомогою пристрою для синхронізації можна узгодити в часі частоти коливань генератора розгортки з частотою досліджуваної напруги. Таке узгодження (синхронізація) дає змогу дістати на екрані стійкі осцилограми досліджуваних напруг. Ручки керування синхронізацією генератора розгортки виведені на верхню панель осцилоскопа (рис. 6.4). Вид синхронізації вибирають перемикачем «синхронізація», фіксовані положення якого позначені надписами:

а) «внутр.» — при цьому генератор синхронізується досліджуваною напругою;

б) «від мережі» — при цьому напруга синхронізації подається від кола розжарювання ламп (50 Гц);

в) «зовн.» — при цьому напруга синхронізації має бути подана від зовнішнього джерела через клему «Вхід синхронізації», розміщену на задній панелі осцилоскопа.

Потрібне значення напруги синхронізації, при якій утворюється стійке нерухоме зображення на екрані, встановлюють незалежно від виду синхронізації ручкою «Підсилення».

Блок живлення осцилоскопа ОЕШ складається із силового трансформатора і трьох випрямлячів, які забезпечують потрібні напруги для живлення кіл осцилоскопа.

Прилад живиться змінним струмом напругою 127 або 220 В.

Правила експлуатації електронного осцилоскопа

1. Щоб збудити світіння люмінофора, витрачається близько 10% енергії електронів, які потрапляють на екран. Решта енергії електронів в основному перетворюється безпосередньо у внутрішню енергію, що проявляється в нагріванні того місця, на яке падає електронний промінь. Це слід завжди мати на увазі під час роботи з осцилоскопом. Надмірна яскравість світіння екрана, особливо тоді, коли світна пляма нерухома, може спричинитись до вигорання люмінофору і вивести трубку з ладу.

2. Не слід залишати осцилоскоп у такому місці, де на його екран падає пряме сонячне світло, бо під його впливом люмінофор екрана «старіє», а це знижує яскравість світіння.

3. Працюючи з осцилоскопом, не розміщуйте його поблизу приладів, які утворюють потужні магнітні поля (трансформатори, дроселі та ін.). Це дасть змогу запобігти спотворенням осцилограм.

4. Забороняється працювати з осцилоскопом, вийнятим з кожуха.

5. Перемикачі напругу можна тільки при вимкненому з мережі шнурі живлення.

Генератор звуковий шкільний (ГЗШ) (рис. 6.5) призначений для утворення синусоїдальних коливань звукової частоти при демонструванні дослідів з акустики і змінного струму. Блок-схему ГЗШ показано на рис. 6.6.



Рис. 6.5

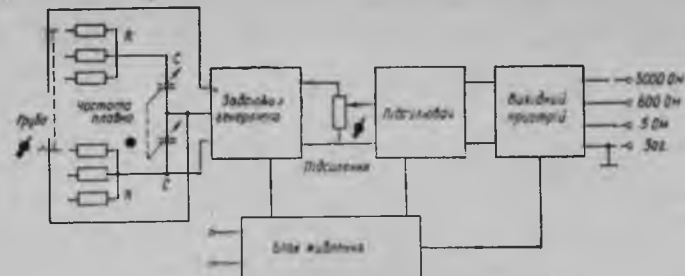


Рис. 6.6

Задаючий генератор складено на електронних лампах за схемою генератора типу RC з реостатно-емнісною настройкою. Генератор забезпечує утворення синусоїдальних коливань звукової частоти від 20 до 20000 Гц. Увесь діапазон частот поділено на три піддіапазони: 20—200 Гц; 200—2000 і 2000—20000 Гц. Перехід з одного піддіапазону на інший здійснюється ступінчастою зміною значення R (рис. 6.6).

У межах кожного піддіапазону частоту можна змінювати плавно (змінюю C) за допомогою диска з шкалою, проградуєваною в герцах.

Вихід генератора розраховано на навантаження 5, 600 і 5000 Ом. Амплітуду вихідної синусоїдальної напруги регулюють ручкою «Підсилення» від 0 до 220 В (між клемми «Заг.» і «5000 Ом»).

Максимальна вихідна потужність ГЗШ становить 2 Вт.

Живиться ГЗШ від мережі змінного струму напругою 127 або 220 В.

Електронний комутатор. Під час роботи з осцилоскопом іноді виникає потреба одержати на екрані електронно-променевої трубки зображення двох або кількох осцилограм. Цього можна досягти, використовуючи електронний (на лампах чи напівпровідниках) або механічний комутатор.

Незалежно від конструкції двоканальний комутатор має два входи (рис. 6.7), на які подають досліджувані напруги, і один вихід, під'єднаний до осцилоскопа. Комутатор автоматично по черзі подає на вхід осцилоскопа то одну, то другу напругу, внаслідок чого на екрані утворюється зображення двох осцилограм.

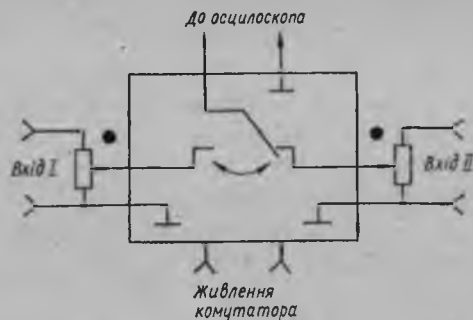


Рис. 6.7

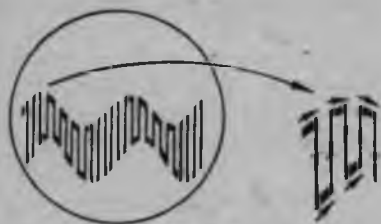


Рис. 6.8

Звичайно частота перемикачів комутатора більша за частоту горизонтальної розгортки осцилоскопа. Внаслідок цього електронний промінь, накресливши частину першої кривої, починає креслити частину другої кривої, потім знову повертається до

креслення першої і т. д. При цьому зображення осцилограм на екрані трубки осцилоскопа виходять пунктирними, причому помітні також зображення слабких ліній, які відповідають швидкому переходу електронного променя від однієї осцилограми до другої (рис. 6.8).

Органами керування комутатора звичайно є регулятори амплітуд досліджуваних напруг, які стоять на входах комутатора.

Завдання I. Ознайомитись з органами керування ГЗШ і прийомами роботи з ним.

Хід роботи

1. Розгляньте передню панель ГЗШ. З'ясуйте призначення органів керування.

2. Розгляньте пристрій, в якому встановлено запобіжник. Простежте, щоб запобіжник і його положення відповідали напрузі мережі в лабораторії (при напрузі 127 В запобіжник має бути на 1 А; при напрузі 220 В — на 0,5 А).

3. До вихідних клем («Заг.» і «5 Ом») під'єднайте динамічний гучномовець (без вихідного трансформатора).

4. Увімкніть ГЗШ в мережу. Покажіть можливість плавно і стрибкоподібно змінювати частоту коливань.

5. Простежте, як зміниться гучність звучання динаміка, якщо його перекинути на клема «Заг.» і «600 Ом». Поясніть причину зміни гучності.

Завдання II. Ознайомитись з органами керування ОЕШ і прийомами роботи з ним.

Хід роботи

1. Розгляньте передню і верхню панель ОЕШ. З'ясуйте призначення органів керування.

2. Розгляньте задню панель ОЕШ і пристрій, в якому встановлено запобіжник. Простежте, щоб запобіжник і його положення відповідали напрузі мережі в лабораторії (при напрузі 127 В запобіжник має бути на 1,5 А; при 220 В — на 1 А).

3. Встановіть ручки « \leftrightarrow », « \updownarrow », «яскравість», «фокус» в середнє положення. Решту ручок поверніть до відказу в напрямі проти годинникової стрілки.

4. Увімкніть осцилоскоп у мережу. Через 1—1,5 хв повертанням ручок «Яскравість» і «Фокус» одержіть на екрані не яскраве, але чітке зображення точки. Обертаючи ручки « \leftrightarrow » і « \updownarrow », стежте за переміщенням зображення на екрані.

5. Перемикач генератора розгортки поставте в положення «30 Гц». Встановіть ручку виду синхронізації в положення «внутр.» На вертикальний вхід осцилоскопа подайте контрольний сигнал, з'єднавши «Вхід Y» з клемою «Контрольний сигнал», розміщеною на задній стінці осцилоскопа. Діставши на екрані зображення, обертаючи ручок спочатку «Частота плавно», а потім «Синхронізація підсилення» утворіть стійке зображення осцилограми.

Контрольні запитання

1. Як у вищеописаному досліді дістати на екрані зображення двох періодів синусоїди?

2. За яких умов на екрані виникає нерухома осцилограма досліджуваного сигналу?

Завдання III. Виконати кілька дослідів з використанням ОЕШ і ГЗШ.

Хід роботи

1. Під'єднайте вихід «5 Ом» звукового генератора до «Входу Y» осцилоскопа. Ручку діапазонів розгортки поставте в положення «150», а ручку синхронізації — в положення «внутр.». Установіть на ГЗШ частоту 800 Гц, а ручку підсилення — в середнє положення.

Увімкніть прилади і; через 1—1,5 хв обертання відповідних ручок утворіть чітке нерухоме зображення синусоїди.

2. Не змінюючи частоти розгортки, утворіть на екрані зображення із збільшеним у 2 рази числом періодів синусоїди.

3. Не змінюючи частоти ГЗШ, утворіть на екрані зображення із зменшеним у 4 рази числом періодів синусоїди.

4. Перевірте правильність градування шкали ГЗШ. Для цього поставте ручку діапазонів розгортки осцилоскопа в положення «30 Гц», а ручку синхронізації — у положення «від мережі».

Перемикач піддіапазонів частоти ГЗШ поставте в перше положення. Увімкнувши живлення приладів і одержавши на екрані зображення, установіть почергово ручку частоти ГЗШ в положення «50 Гц», «100 Гц», «150 Гц» і «200 Гц». При цьому на екрані повинно утворитись послідовно зображення одного, двох, трьох і чотирьох періодів синусоїди.

5. Під'єднайте до «Вхід 2» осцилоскопа електронний комутатор. На перший вхід комутатора подайте напругу (кілька вольтів) від знижувального трансформатора, а на другий — від виходу «5 Ом» звукового генератора.

Увімкнувши живлення приладів, відстаньте на екрані зображення двох осцилограм.

Контрольні запитання

1. Виконуючи пункт 4 цього завдання, ви ознайомилися з одним із методів градування шкал звукових генераторів (метод пілкоподібної розгортки). Як обґрунтувати принципову сторону методу?

2. Чи можна в досліді (пункт 5) синхронізувати обидві осцилограми?

7. ВИВЧЕННЯ РОБОТИ З ПРОЕКЦІЙНОЮ АПАРАТУРОЮ ТА СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ

Мета: вивчити будову, правила експлуатації і способи застосування основної проекційної апаратури, яку використовують під час проведення навчального експерименту.

Обладнання: універсальний проекційний апарат з оптичною лавою для фізичних кабінетів; епідіаскоп; стробоскоп електронний СШ-1; кодоскоп; модель броунівського руху; модель насоса з органічного скла; мікроскоп; освітлювач для тінювого проектування; поворотна призма; екран.

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал з шкільного курсу фізики та з курсу загальної фізики, який стосується проекційної апаратури і використання її.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Як змінюється освітленість екрана із збільшення площі зображення? Яка освітленість екрана при демонструванні діапозитивів чи діафільмів вважається достатньою?

б) Як здійснюється та в чому полягає фізичний зміст «просвітлення оптики»?

3. Накресліть схему найпростішого проекційного ліхтаря.

Загальний опис приладів

Універсальний проекційний апарат з оптичною лавою ФОС-115 складається з цілого набору різноманітних пристроїв (рис. 7.1). Застосовують його для демонстрування будови проекційного апарата, а також для показу різноманітних дослідів у вертикальній і горизонтальній проекціях, діапозитивів, дослідів з хвильової оптики тощо. До комплекту входить лава 1 з двох напрямних труб і висувних стержнів, за допомогою яких змінюють довжину установки в межах від 500 до 900 мм. У корпусі освітлювача 2 з відкидною кришкою можуть бути вставлені у спеціальні патрони лампи на 300 Вт 220 або 127 В і автомобільна лампа з рефлектором 11.

Будову освітлювача показано на рис. 7.2. За допомогою регулювального гвинта *a* та головки *b*, розміщеної

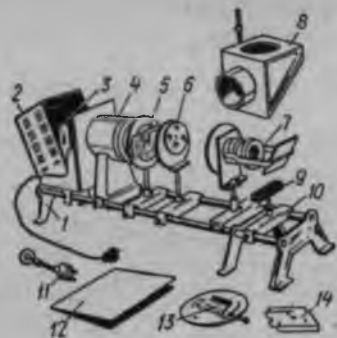


Рис. 7.1

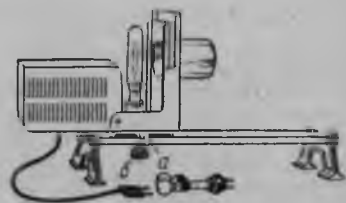


Рис. 7.2

під лампою, лампу можна переміщувати в корпусі освітлювача для настроювання оптичної системи приладу.

На корпусі (рис. 7.1) встановлено вимикач. Конденсор складається з двох лінз 4, його можна розбирати при демонструванні дослідів у горизонтальній проекції. У приладі використовується об'єктив типу «Перископ» з фокусною відстанню 136 мм і відносним отвором 1:4,5. Щілина розсувна, закріплена на ширмі з поворотним диском і двома гвинтами для кріплення (13). Дві рамки 5 використовують для демонстрування діапозитивів 50×50 і 60×45 мм. За допомогою дискової діафрагми можна змінювати отвір 6 до таких розмірів: 30, 10, 5 і 2 мм. Столик на стержні 9 призначений для встановлення різних об'єктів. До комплекту входять також пристосування для горизонтальної проекції 8, екран-ширма 12, столик 14 для закріплення мікроскопа, плоске дзеркало з пристосуванням для кріплення на об'єктиві апарата. Теплофільтр, закріплений на ширмі із стержнем, використовується для поглинання інфрачервоних променів та в дослідях з вивчення властивостей інфрачервоних променів.

Епідіаскоп (рис. 7.3) використовують для проектування на екран діапозитивів розмірами 50×50 і 85×85 мм, а також епіоб'єктів — непрозорих зображень розмірами 140×140 мм та відповідного розміру предметів (вимірювальних приладів, дрібних деталей тощо). Епідіаскоп складається з металевого корпусу 1, в якому розміщена лампа потужністю 500 Вт прожекторного типу. На шарнірі всередині корпусу закріплено рефлек-

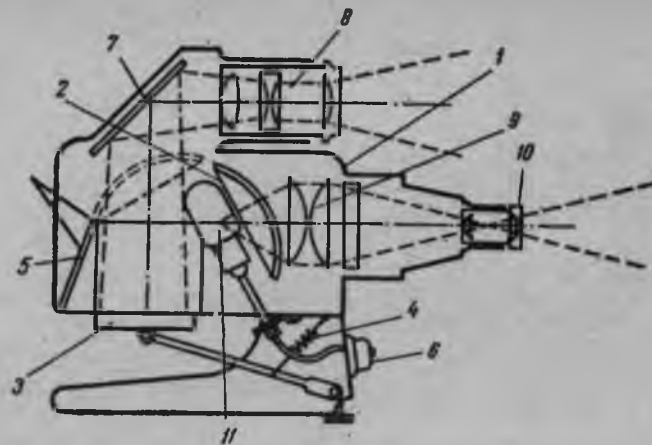


Рис. 7.3

тор 2, який за допомогою рукоятки може бути встановлений для епі- і діапоекції.

Для демонстрування епіоб'єктів використовують верхній об'єктив типу «Триплет» з фокусною відстанню 442 мм і відносним отвором 1:5. При демонструванні діапозитивів використовують нижній об'єктив типу «Перископ» з фокусною відстанню 206 мм і відносним отвором 1:5.

Епіоб'єкти кладуть на столик 3, який притискується до корпусу пружиною 4. Дзеркала 5 підсилюють освітленість предметів при епіпроекції. У верхній частині приладу встановлено плоске дзеркало, яке повертає зображення до об'єктива при демонструванні епіоб'єктів. У корпусі вмонтовано також конденсор 9 для діапоекції та вимикач живлення приладу 6.

Кодоскоп (графопроектор) використовують для проектування на екран різноманітних записів, рисунків, спеціальних кодопозитивів розміром 104×140 мм. Будову кодоскопа показано на рис. 7.4, а його оптичну схему на рис. 7.5, де 1 — об'єктив типу «Перископ» з фокусною відстанню 260 мм і відносним отвором 1:4,5. Між лінзами об'єктива розміщено дзеркало, яке повертає зображення на 106° . Кодопозитиви кладуть на предметний столик 2. У кодоскопі використовується лампа ПЖ-20 (220 В, 500 Вт).

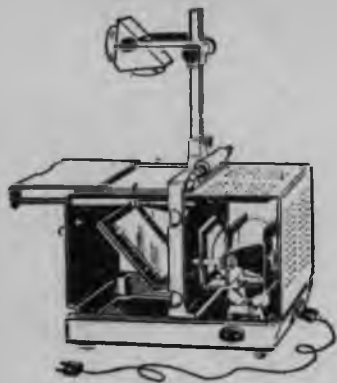


Рис. 7.4

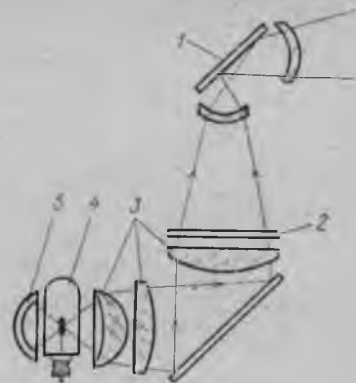


Рис. 7.5

Якщо порівняти оптичну схему кодоскопа та універсального проекційного апарата, встановленого для горизонтальної проекції, то стане зрозумілим, що часто замість кодоскопа можна використати проекційний апарат. При цьому слід виготовити лише предметний столик з органічного скла і встановити його над горизонтальною лінзою конденсора. Можна також для охолодження проектора поставити в його корпус невеликий вентилятор (у кодоскопах такий вентилятор є).

Освітлювач для тіньової проекції показано на рис. 7.6. Виготовлено його у вигляді трубки прямокутного перерізу, у передній частині якої міститься лінза. Усередині

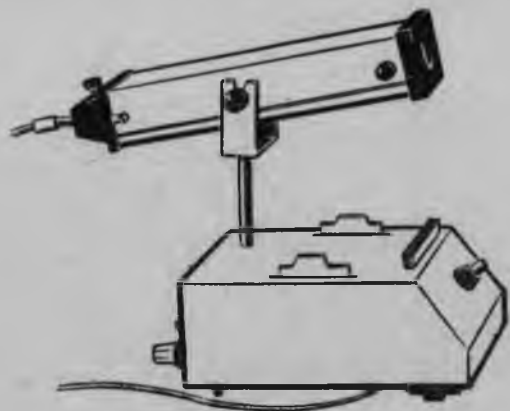


Рис. 7.6

освітлювача розміщений патрон з лампою на 6 В 21 кд. Патрон встановлено на стержні, за допомогою якого лампу можна ставити в потрібному місці освітлювача. Трансформатор освітлювача дає можливість живити його від мережі змінного струму напругою 220 або 127 В. До освітлювача додаються діафрагми діаметрами 15, 10 і 5 мм, які використовують для обмеження світлового потоку, а також матове скло для рівномірного розсіяного освітлення і світлофільтр синього кольору.

Для вивчення різних видів руху тіл досить широко можна застосувати стробоскопічний метод. Промисловість випускає для потреб школи стробоскоп СШ-1, проте для дослідів можна використати й стробоскопи інших типів, зокрема саморобні.

Стробоскоп СШ-1 має середню силу світла в напрямі оптичної осі освітлювача на частоті 30 Гц в діапазоні 10—30 Гц — не менше 5 кд, на частоті 100 Гц в діапазоні 30—100 Гц — не менше 3 кд. Як джерело світла використовують строботрон ІСК-10.

Під час роботи із стробоскопом треба дотримуватись певних правил техніки безпеки:

1) у перервах між роботою прилад повинен бути від'єднаний від мережі змінного струму;

2) не можна замінювати запобіжники, строботрон або виконувати будь-які ремонтні роботи при ввімкненому приладі;

3) спостережувані у світлі стробоскопа рухомі деталі можуть здаватися нерухомими, тому треба бути особливо обережним при дослідженні оберткових рухів. Виконуючи досліди, не можна доторкатися до рухомих деталей.

При використанні оптичних приладів потрібно дотримуватись певних загальних вимог:

1. В усіх оптичних приладах треба правильно центрувати оптичну систему. При неправильному розміщенні джерела світла на екрані в освітленому крузі спостерігаються різної форми кольорові плями або краї освітленого круга мають райдужне забарвлення. Якщо райдужне забарвлення синюватого кольору, то джерело світла занадто віддалене від конденсора.

2. Ні в якому разі не дозволяється братися руками за поверхні лінз та інших оптичних деталей.

3. Чистити оптичні частини приладів можна ватним тампоном, змоченим сумішшю нейтрального ефіру (80%)

і спирту (20%). Можна протирати оптичні деталі чистим спиртом.

4. Під час проведення дослідів не можна допускати, щоб волога потрапляла на металеві деталі оптичних приладів.

5. Перед вмиканням приладів у мережу змінного струму треба впевнитись у тому, що напруга, на яку розраховані проєкційні лампи, відповідає напрузі в мережі.

Завдання I. Ознайомитись з будовою та можливостями використання універсального проєкційного апарата з оптичною лавою ФОС-115.

Дослід 1. Складіть проєкційний апарат для вертикальної проєкції і відцентруйте оптичну систему приладу. При цьому на екрані повинен бути рівномірно освітлений круг, на якому немає ніякого кольорового забарвлення.

Дослід 2. Спроектуйте на екран модель всмоктувального насоса, виготовлену з органічного скла. Зображення буде перевернутим. За допомогою поворотної призми (або використавши об'єktiv з поворотною призмою) переверніть зображення на екрані. Поворотна призма встановлюється за об'єktivом. Чим можна користуватись для перевертання зображення, якщо немає поворотної призми або об'єктива з нею?

Дослід 3. Продемонструйте за допомогою складеної установки діапозитив. Якого розміру діапозитиви можна демонструвати за допомогою універсального апарата? Як можна продемонструвати діапозитиви розміром 24×36 мм, вміщені у стандартні рамки (50×50 мм)?

Завдання II. Продемонструвати модель броунівського руху.

Хід роботи

Складіть установку для горизонтальної проєкції і спроектуйте на екран прилад для моделювання броунівського руху (рис. 7.7). При складанні установки передню лінзу конденсора виймають з обойми і на її місце встановлюють пристрій для горизонтальної проєкції. Лінзу в пристрій з дзеркалом тепер ставлять горизонтально і над нею розміщують усі деталі, які потрібно демонструвати в горизонтальній проєкції.

Установіть прилад для моделювання броунівського руху (рис. 16.1), приведіть модель у рух і поясніть яви-

ща, які відбуваються під час руху броунівських частинок (на моделі та в реальних умовах).

Покладіть на оправу верхньої лінзи конденсора кусок чистого скла. Використавши поліетиленову плівку і кулькові ручки, доведіть можливість демонстрування на екран написів або рисунків, виконаних у різних кольорах. Такі рисунки чи написи можна виконувати безпосередньо під час дослідів або готувати заздалегідь (саморобні кодопозитиви).

Написи для такого демонстрування можна також друкувати на плівку за допомогою друкарської машинки. Якого розміру саморобні кодопозитиви можна демонструвати у такий спосіб?

Отже, установку для горизонтальної проєкції використовують як саморобний кодоскоп. Які дослідів, на вашу думку, можна показувати з використанням горизонтальної проєкції?

Завдання III. Ознайомитись з будовою та використанням епідіаскопа.

Хід роботи

Зніміть верхню частину приладу і ознайомтесь з будовою та призначенням кожної з частин (схему показано на рис. 7.3).

Спроектуйте на екран діапозитив. Підготуйте прилад для епіпроєкції і покажіть на екрані рисунок або креслення. Спробуйте показати за допомогою епіпроєкції дрібні деталі, шкали вимірювальних приладів (лінійок, штангенциркулів тощо).

Завдання IV. Ознайомитись з будовою та можливостями застосування кодоскопа (графопроектора).



Рис. 7.7

Хід роботи

Скориставшись кодопозитивами промислового виробництва, покажіть особливості використання цього приладу в навчальному процесі. Продемонструйте саморобні кодопозитиви, виготовлені на поліетиленовій плівці, а також текст, надрукований на такій самій плівці за допомогою друкарської машинки.

Завдання V. Продемонструвати тіньове проектування.

Хід роботи

Скориставшись освітлювачем для тіньової проекції, покажіть на екрані тіньове зображення секундного маятника. У яких випадках можна застосовувати тіньове проектування? Які ванни для проектування хвиль на поверхні води ви знаєте? Як їх використовують?

Завдання VI. Ознайомитись з можливостями використання в навчальному експерименті стробоскопічного освітлення.

Хід роботи

У затемненому приміщенні встановіть бюретку з водою і відрегулюйте її так, щоб з досить високою частотою від бюретки відривались краплі води. Покажіть явище у світлі стробоскопа. Відрегулюйте частоту імпульсів світла стробоскопа так, щоб краплі води здавались нерухомими. Для фону використайте різні екрани. Зробіть висновки про ефективність різних фонів. Під час демонстрування досліду можна бачити, що відстані, які проходить тіло за однакові послідовні інтервали часу при вільному падінні, весь час зростають.

Як можна, користуючись стробоскопом, показати можливість визначення швидкості обертання електродвигуна? Розробіть методику і техніку відповідного демонстраційного експерименту.

Чи можна використати замість стробоскопа лампу денного світла, екран телевізора? Які явища при цьому відбуваються? Яку частоту імпульсів світла в цих випадках можна одержати? Як виготовити найпростіший механічний стробоскоп?

Завдання VII. Продемонструвати, використовуючи мікроскоп, рух броунівських частинок.

Хід роботи

Схему установки для мікропроекції показано на рис. 7.8. Для досліду зручно скористатись мікроскопом, який дає збільшення у 600 разів. Підготуйте мікроскоп для візуального спостереження. Світловий потік від освітлювача з матовим склом (для рівномірного освітлення поля зору) попадає на дзеркало мікроскопа.

Приготуйте емульсію для спостереження броунівського руху: будь-яку акварельну фарбу або тверду чорну туш розведіть у воді. За допомогою скляної палички нанесіть краплю емульсії на предметне скло і накрийте зверху тоненьким покривним скельцем. Підготовлений препарат покладіть на предметний столик мікроскопа і добийтесь чіткої картини броунівського руху для візуального спостереження.

Тільки після цього складіть установку за схемою рис. 7.8. Як екран зручно використовувати матове скло і спостерігати броунівський рух на просвітному екрані. На окулярі мікроскопа для повертання зображення поставте рівнобедрену призму. Переміщуючи об'єктив мікроскопа від найнижчого положення вгору, дістаньте на екрані чітку картину броунівського руху. Як джерело світла в проекційному апараті можна використати кінопроекційну лампу, якщо її живлення здійснювати від автотрансформатора з вольтметром, щоб можна було вибирати потрібну напругу живлення лампи.

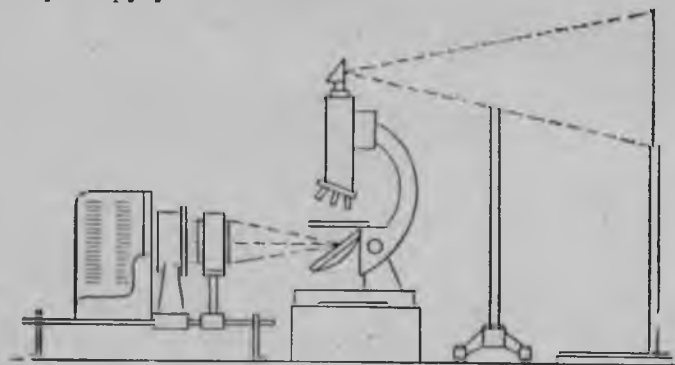


Рис. 7.8

Продемонструйте за допомогою такої установки ріст кристалів. У невеликій посудині приготуйте насичений розчин кухонної солі або мідного купоросу і скляною паличкою нанесіть краплю розчину на предметне скло. Покладіть предметне скло на столик мікроскопа і добийтесь чіткої картини на екрані, як і в попередньому досліді. Для демонстрування росту кристалів можна також узяти розчин гідрохінону, який широко використовують у фотосправі.

Контрольні запитання

1. Якій основній вимозі повинні відповідати джерела світла для тінювого проектування?
2. Які принципи можливості використання кодопозитивів ви вважаєте найбільш цінними? Чим відрізняється використання кодопозитивів від звичайних діапозитивів?
3. Як розрахувати відстань, на якій повинен встановлюватись той або інший проєкційний апарат від екрана, якщо розміри екрана задані наперед? Що для цього треба знати? Розрахуйте необхідну відстань для одного з приладів, використаних у цій роботі, і для стандартного екрана від кіноустановки?
4. У яких випадках, крім розглянутих у роботі, можна застосувати мікропроєкцію; тіньове проєктування; стробоскопічне освітлення?
5. Для чого можна використати фотознімки рухомих об'єктів, виконані при стробоскопічному освітленні?

РОЗДІЛ III. НАВЧАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ДО ОКРЕМИХ ТЕМ ШКІЛЬНОГО КУРСУ ФІЗИКИ

8. ТИСК. ПЕРЕДАЧА ТА ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення навчального експерименту з передачею тиску рідини і газами; навчитись виконувати досліди з теми «Архімедова сила в рідинах і газах» та користуватися приладами для вимірювання тиску.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 6 класу.

Обладнання: куля Паскаля; склянка з водою; кювета велика; модель гідравлічного преса; гідравлічний прес демонстраційний з набором пристосувань для дослідів; стальний стержень діаметром 4—6 мм і довжиною 7 см; саморобний прилад для демонстрування закону Паскаля; прилад Паскаля з трьома скляними посудинами різної форми; посудини з водою і розчином кухонної солі; барометр-анероїд шкільний; насос Комовського; манометри скляні відкриті демонстраційні; тарілка з ковпаком до насоса Комовського з ртутним манометром; манометрична капсула для вимірювання тиску з ртутним манометром; манометрична капсула для вимірювання тиску всередині рідини; циліндр скляний широкий або акваріум з водою; модель металевго манометра; манометр металевий демонстраційний; насос ручний; скляні моделі всмоктувального та нагнітального насосів; штатив з лапкою; шнур гумовий тоненький довжиною 50—75 см; тягарець масою близько 100 г; відерце Архімеда з динамометром; динамометри демонстраційні — 2 шт.; гідростатичні терези з важками; картезіанський водолаз; гумова плівка (від камери м'яча).

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал, що стосується гідро- та аеростатики за шкільним і вузівськими підручниками.
2. Дайте відповіді на запитання:
 - а) У чому полягає закон Паскаля для рідин і газів?

б) Де в шкільному курсі фізики вивчається закон сполучених посудин та як він пояснюється?

в) Який принцип дії шкільного гідравлічного преса?

г) Як пояснюється виникнення архімедової сили в шкільному курсі фізики? Як вивести формулу для значення архімедової сили?

д) Що таке невагомість? Чи можна спостерігати явище невагомості при зануренні тіла в рідину?

Завдання 1. Продемонструвати досліди, які ілюструють закон Паскаля.

Хід роботи

Дослід 1. Передача зовнішнього тиску рідиною (закон Паскаля для рідин).

Для виконання досліду скористайтесь кулею Паскаля (рис. 8.1). Відгвинтіть кулю з невеличкими отворами і налейте в циліндр води. Повільно натискуйте на поршень. При цьому тиск поршня на рідину передається в усіх напрямках однаково і струмені води розбризкуються в усіх напрямках майже на однаковій відстані. Поясніть, чому рідини передають тиск в усіх напрямках однаково.

Встановіть, на якому фоні краще демонструвати дослід — на світлому чи на темному. Як краще здійснити підсвічування досліду?



Рис. 8.1

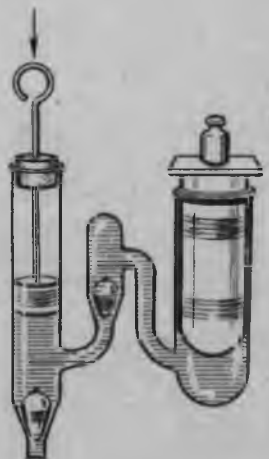


Рис. 8.2

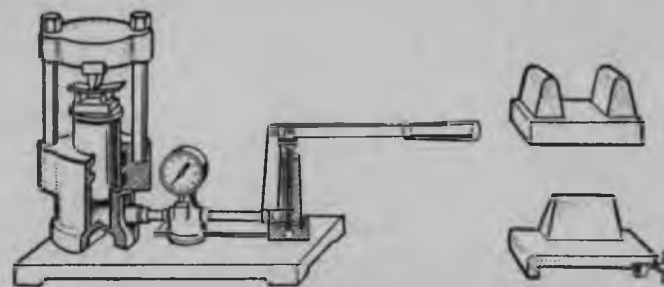


Рис. 8.3

Дослід 2. Передача зовнішнього тиску газом.

Відкрутіть кулю Паскаля від циліндра з поршнем (куля повинна бути сухою) і насипте в неї невелику кількість лікоподію або зубного порошку. Закрутіть кулю і швидко натисніть на поршень приладу. Під дією тиску газу лікоподій або порошок розлетяться в різні боки, а це підтверджує той факт, що гази передають зовнішній тиск в усіх напрямках однаково. Поясніть причину такого явища.

Дослід 3. Будова і дія гідравлічного преса.

Продемонструйте дію гідравлічного преса на його скляній моделі. Опустіть нижню частину вужчої трубки у воду (рис. 8.2) і піднімайте поршень угору. При цьому нижній клапан відкривається і під дією атмосферного тиску вода з посудини надходить у насос. Якщо тепер опускати поршень униз, то він тиснутиме на рідину і нижній клапан закривається. Під дією тиску рідини відкривається верхній клапан і вода почне надходити в широку частину, на поршні якої стоїть тягарець. Періодично піднімаючи і опускаючи малий поршень, можна підняти на потрібну висоту значний тягар.

Після такого досліду поясніть будову і дію демонстраційного шкільного гідравлічного преса (рис. 8.3). Покажіть великий циліндр з поршнем, малий циліндр з плунжерним насосом. Циліндри з'єднані між собою спеціальною колонкою з манометром і запобіжним клапаном. Скориставшись опорними плитами, які зображено поряд з пресом, покажіть згинання сталевих стержнів.

Дослід 4. Демонстрування закону Паскаля на самобному приладі.



Рис. 8.4

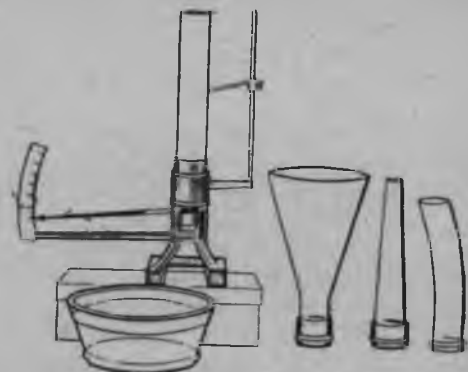


Рис. 8.5

Конструкцію саморобного приладу показано на рис. 8.4. Продумайте, як забезпечити найкращу ізоляцію внутрішньої частини банки від навколишнього повітря.

Нагнітайте повітря в посудину за допомогою гумової груші, яка використовується в побутових пульверизаторах. Рідина в усіх трубках підніметься на однакову висоту, хоч край трубок розташований у воді на різній глибині і спрямовані в різних напрямках.

Отже, наведені досліди ілюструють закон Паскаля для рідин і газів.

Завдання II. Продемонструвати досліди з приладом Паскаля.

Хід роботи

Дослід 1. Незалежність тиску рідини на дно посудини від її форми (гідростатичний парадокс).

Прилад Паскаля (рис. 8.5) складається з підставки, на якій закріплено муфту з внутрішньою різьбою, в яку при виконанні дослідів встановлюють посудини різної форми. Дном установки є гумова плівка товщиною 0,3—0,35 мм, яку кріплять до муфти за допомогою гайки. Під час виконання дослідів під гумову плівку вміщують кружечок на підставці, яка ставиться на стрілку-важіль. Для випускання води з приладу є трубка із затискачем.

Налийте воду в циліндр приладу і відрегулюйте стрілку так, щоб при повному циліндрі стрілка не виходила за межі шкали.

При демонструванні на уроках гідростатичного парадокса досить ефективною може бути така методика роботи. Перед проведенням експерименту ставимо на столі перед учнями всі три посудини і циліндр приладу. Пропонуємо учням нарисувати в зошитах зображення всіх чотирьох посудин і вказати, в якій з них буде найбільший тиск на дно. Учні відповідають, звичайно, що найбільший тиск буде в тій посудині, яка розширюється вгору, оскільки в цю посудину можна налити найбільшу кількість рідини. Найменший тиск, на думку учнів, буде в посудині, яка звужується вгору. Погоджуючись з висновками учнів, запропонуйте разом перевірити запропоновану гіпотезу. Тепер можна приступити до виконання дослідів, які сприймаються учнями із значним інтересом.

Налийте воду в циліндр до певної висоти, щоб стрілка-показчик відхилилась на досить значний кут. Відмітьте показ стрілки і рівень води в циліндрі. Тепер злийте воду з приладу і поставте в нього посудину іншої форми. Наливши в посудину води до тієї самої висоти, що й у попередньому випадку, відмітьте тиск на дно, який фіксує стрілка. Проробіть досліди з усіма посудинами і запропонуйте учням самостійно зробити відповідні висновки.

Дослід 2. Залежність тиску на дно посудини від густини рідини.

Скориставшись попередньою установкою з циліндричною посудиною, покажіть, що тиск на дно посудини визначається не тільки висотою стовпа рідини, а й її густиною. Для цього скористайтесь водою і розчином кухонної солі. Звичайно, при демонструванні дослідів на уроках можна скористатись і іншими рідинами (гасом, олією тощо).

Завдання III. Ознайомитись з будовою та використанням приладів для вимірювання тисків.

Хід роботи

Дослід 1. Будова і принцип дії барометра-анероїда.

Розберіть шкільний барометр-анероїд, розгляньте його будову та поясніть призначення окремих його частин. Накресліть спрощену схему барометра (рис. 8.6), якою можна скористатись при поясненні його дії на уроках.

Дослід 2. Вимірювання тиску рідинними манометрами.

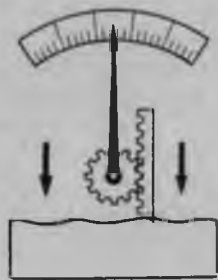


Рис. 8.6

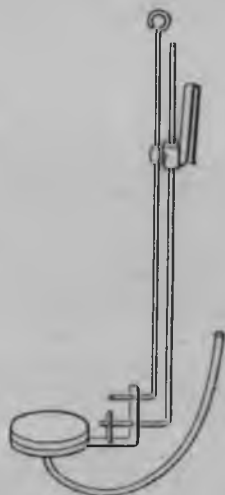


Рис. 8.7

Демонстраційні U -подібні рідинні манометри використовують для вимірювання різниць тисків приблизно до 400 мм водяного стовпа. Продумайте методика проведення дослідів, які розкривають принцип дії рідинних манометрів.

Значні розрідження можна вимірювати за допомогою закритих ртутних манометрів (див. рис. 1.6). Тут манометр M показаний разом з тарілкою і ковпаком до насоса Комовського. Ліве коліно манометра запаяне і повністю заповнене ртуттю, якій не дає вилитись атмосферний тиск.

З'єднайте товстостінною гумовою трубкою тарілку з насосом Комовського. Відкачайте повітря з-під ковпака. Ртуть у лівому коліні опускатиметься, а в правому — підніматиметься. Різниця рівнів ртуті у відкритому і закритому колінах показує значення тиску під ковпаком.

Дослід 3. Вимірювання тиску усередині рідини, зумовленого дією сили тяжіння.

Для вимірювання тиску всередині рідини використовують манометричну капсулу (рис. 8.7), яку з'єднують гумовою трубкою з демонстраційним манометром з підфарбованою водою. Капсулу виготовлено у вигляді невеликої коробочки, дно якої закривається мембраною з тонкої гумової плівки. Скориставшись манометричною

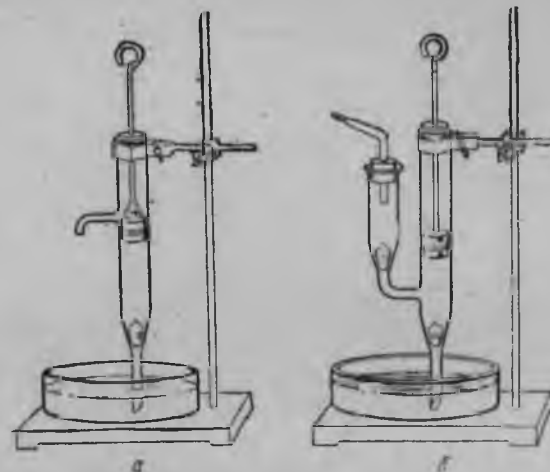


Рис. 8.8

капсулою, водяним манометром та посудиною з водою, продемонструйте такі досліди:

- Залежність тиску рідини від її глибини.
- Незалежність значення тиску на певній глибині від напрямку встановлення мембрани капсули. Повертати капсулу можна за допомогою довгого дротяного гачка.

Дослід 4. Вимірювання тиску газу за допомогою металевого манометра.

Продемонструйте модель для вивчення будови та дії манометра (рис. 1.7) і поясніть призначення його окремих частин та їх взаємодію. Закрийте один з кранів манометра, а другий з'єднайте з ніпелем ручного насоса. Покажіть, як діє манометр при підвищенні і зниженні тиску.

Завдання IV. Продемонструвати та пояснити дію всмоктувального і нагнітального насосів, скориставшись їхніми скляними моделями (рис. 8.8).

Завдання V. Продемонструвати основні досліди, що ставляться при вивченні архімедової сили.

Хід роботи

Дослід 1. Дія рідини на занурене в неї тіло.

До тоненького гумового шнура прикріпіть тягарець і підвісьте його до штатива. За допомогою лінійки виміряйте видовження шнура. Тепер, скориставшись підйом-

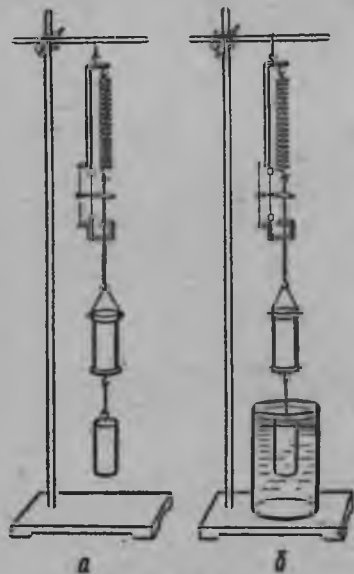


Рис. 8.9



Рис. 8.10

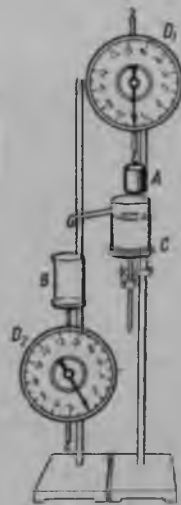


Рис. 8.11

ним столиком, підведіть під тягарець склянку з водою так, щоб останній повністю занурився у воду. Знову виміряйте довжину гумового шнура і запропонуйте учням зробити відповідні висновки.

Покажіть, чи залежить значення виштовхувальної сили, що діє на тіло в рідині, від глибини, на якій перебуває тіло.

Дослід 2. Продемонструйте та дайте пояснення дослідом з відерцем Архімеда.

Схему дослідю показано на рис. 8.9. З дослідю потрібно зробити висновок про значення архімедової сили. Покажіть аналогічний дослід, скориставшись демонстраційним динамометром з круглою шкалою (рис. 8.10), а також двома динамометрами і відливною склянкою (рис. 8.11). Досить ефективним є демонстрування дослідю з використанням гідростатичних терезів (рис. 8.12). Виконайте та поясніть дослід і в цьому варіанті.

Дослід 3. Умови плавання тіла в рідині.

Зручно і цікаво демонструвати умови плавання тіл за допомогою приладу, який дістав назву картезіанського водолаза. Для дослідю беруть невелику пробірку (дов-

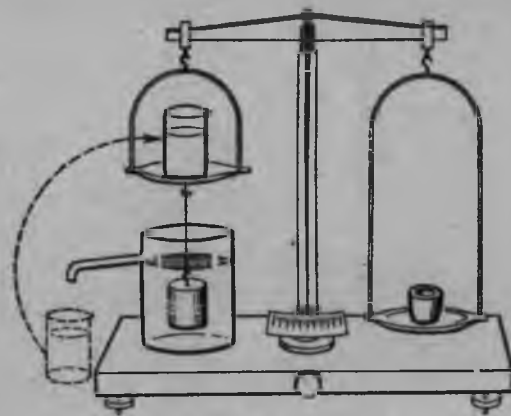


Рис. 8.12

жиною 5—6 см і діаметром 1—1,5 см), отвір якої закривають гумовою пробкою, у яку вставлено скляну трубочку. Кінець трубочки виступає всередині пробірки на 2—3 мм. У пробірку кладуть кілька свинцевих дробинок і наливають невелику кількість води, щоб при перевертанні пробірки вода покривала кінець скляної трубочки. Кількість дробинок і води підберіть експериментально в ході підготовки дослідю.

Перевернуту догори дном пробірку опустіть у воду, налиту у високу мензурку. Зверху мензурку щільно накрийте гумовою плівкою (від камери футбольного м'яча) і повільно натискуйте на плівку пальцем. При цьому вода заповнюватиме через трубочку пробірку, вона ставатиме дедалі важчою і почне занурюватись у воду. Коли плівку відпускати, вода з пробірки виштовхуватиметься і «водолаз» спливатиме на поверхню. Добийтесь високоякісного виконання дослідю і дайте чітке пояснення явищ, які при цьому відбуваються.

Вкажіть, які умови повинні здійснюватися, щоб тіло плавало на поверхні рідини, всередині рідини і тонуло на дно.

Завдання VI. Розв'язати експериментальну задачу.

Визначте густину тіла неправильної форми та густину невідомої рідини. Дайте докладні пояснення розв'язку.

Обладнання: гумовий тоненький шнур; штатив; лінійка; тіло неправильної форми; склянка з водою; склянка з невідомою рідиною.

Контрольні запитання

1. При вивченні яких питань шкільного курсу фізики можна використати гідравлічний прес?

2. Які демонстраційні досліди для пояснення виникнення архімедової сили ви знаєте? Які з них, на вашу думку, найбільш ефективні для використання на уроках? Чому?

3. Чи з однаковою точністю визначається маса різних за об'ємом тіл за допомогою важільних терезів? Від чого залежить значення похибки і коли цієї похибки не буде?

9. КІНЕМАТИКА. ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ. ВІЛЬНЕ ПАДІННЯ ТІЛ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою експерименту з основ кінематики та вільного падіння тіл.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.

2. Підручники з фізики для 6 та 8 класів.

3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1. М., Просвещение, 1971.

Обладнання: прилад конструкції А. А. Покровського з кінематики і динаміки; машина Атвуда; штатив універсальний з муфтою і лапкою; блок на стержні; платформа на колесах; візок; метроном; акумулятор; вимикач; трубка Ньютона; насос Комовського; металевий і паперовий круги однакового розміру; секундомір електромеханічний; секундомір електронний; туш чорна і червона; металева кулька на штативі; демонстраційна лінійка.

Підготовка до роботи

1. Повторіть за шкільними та вузівськими підручниками питання, що стосуються кінематики та вільного падіння тіл.

2. Ознайомтесь з будовою та можливостями використання приладів за описами в Л. 3 (с. 25—34). Схеми приладів, основні дані про них занесіть до своїх зошитів.

Завдання I. Показати досліди з рівномірного прямолінійного руху (Л. 3, с. 34, дослід 1).

Завдання II. Продемонструвати відносність спокую і руху (Л. 3, с. 37, дослід 3).

Завдання IV. Записати рівноприскорений рух і ввести поняття миттєвої швидкості (Л. 3, с. 41, дослід 5).

Завдання V. Виміряти миттєву швидкість за допомогою машини Атвуда (Л. 3, с. 43, дослід 6).

Завдання VI. Перевірити закон шляхів для рівноприскореного руху за допомогою машини Атвуда (Л. 3, с. 44, дослід 7).

Завдання VII. Продемонструвати падіння тіл у повітрі і в розрідженому просторі (у трубці Ньютона) (Л. 3, с. 45, дослід 8).

Завдання VIII. Визначити прискорення при вільному падінні тіл (Л. 3, с. 46, дослід 9).

Контрольні запитання

1. Що спільного і відмінного в поняттях шляху і переміщення?

2. Які способи вимірювання миттєвої швидкості ви знаєте? Які з них можна використати в навчальному фізичному експерименті?

3. Чому тіла різної маси при вільному падінні мають однакове прискорення? Як залежить прискорення вільного падіння від висоти тіла над землею?

4. Які способи запису рухів ви знаєте? Які з цих способів можна використати при вивченні механіки?

5. Які способи вимірювання прискорення вільного падіння ви знаєте? Які з цих методів можна запропонувати для самостійної роботи учнів (лабораторні роботи, роботи фізичного практикуму, домашні завдання)?

6. Як можна одержати і використати для вивчення понять кінематики та різних рухів стробоскопічні фотознімки?

10. ПЕРШИЙ І ДРУГИЙ ЗАКОНИ НЬЮТОНА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою демонстраційних дослідів при вивченні першого і другого законів динаміки Ньютона.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.

2. Підручник з фізики для 8 класу.

3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1, М., Просвещение, 1971.

Обладнання: візок легкорухомих; дерев'яний брусок; машина Атвуда; метроном; акумулятор; вимикач; невеликий мішечок з піском; динамометр демонстраційний — 2 шт.; набір тягарців демонстраційний; штатив універсальний; прилад з кінематики і динаміки; модель ракети з насосом, що до неї додається; трибометр демонстраційний; лінійка демонстраційна.

Підготовка до роботи

1. За шкільними та вузівськими підручниками повторіть питання, що стосуються першого і другого законів динаміки Ньютона та їх застосувань.

2. Дайте відповіді на такі запитання:

а) Що таке інерція? Які пояснення цього поняття ви зустрічали в літературі?

б) У чому проявляється відносність законів динаміки Ньютона?

в) Як рухаються тіла під дією сил?

г) Що можна сказати про прискорення тіла, до якого прикладено силу, значення якої зростає пропорційно часу її дії?

Завдання I. Прояви інерції (Л. 3, с. 47, дослід 10).

Завдання II. Показати залежність прискорення від діючої сили і маси тіла (Л. 3, с. 49, дослід 11).

Завдання III. Продемонструвати зміну ваги тіла при рівноприскореному русі (Л. 3, с. 50, дослід 12).

Завдання IV. Показати виникнення невагомості при вільному падінні тіл (Л. 3, с. 51, дослід 13).

Завдання V. Продемонструвати досліди з розриванням нитки, на якій підвішене масивне тіло (Л. 3, с. 52, дослід 14).

Контрольні запитання

1. Які демонстраційні установки можна запропонувати, щоб показати, що перший закон динаміки Ньютона не виконується в системах відліку, які рухаються з прискоренням?

2. Що називають вагою тіла? До яких тіл прикладена вага?

3. Як показати, що при вільному падінні тіла невагомі?

4. Що ви розумієте під терміном сила?

5. Чи можна виконати досліди, які безпосередньо підтверджують справедливості першого закону динаміки?

6. Як ви можете пояснити, що закони динаміки Ньютона мають обмежений характер?

11. ТРЕТІЙ ЗАКОН НЬЮТОНА. РЕАКТИВНИЙ РУХ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою демонстраційних дослідів з третього закону динаміки Ньютона та реактивного руху.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник фізики для 8 класу.

3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1. М., Просвещение, 1971.

Обладнання: прилад з кінематики і динаміки; ваги настільні; модель ракети з пусковим пристосуванням, лійкою і насосом; динамометр демонстраційний — 2 шт.; трибометр демонстраційний; столик для динамометра демонстраційного; склянка з водою; тіло, яке можна прикріплювати до гачка динамометра і яке входить у склянку з водою; сегнерове колесо.

Підготовка до роботи

1. Повторіть за шкільними і вузівськими підручниками матеріал, що стосується третього закону динаміки Ньютона, закону збереження імпульсу (кількості руху) та реактивного руху.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Що можна сказати про імпульси снаряда і гармати, яких вони набувають при пострілі?

б) Чому внутрішні сили системи не можуть надати їй поступального руху?

в) Як можна встановити взаємозв'язок між швидкостями і масами взаємодіючих тіл? Як це показати на уроках?

г) Як формулюється закон збереження імпульсу (кількості руху) та закон збереження енергії?

Завдання I. Продемонструвати третій закон динаміки Ньютона.

Хід роботи

Дослід 1. Демонстрування третього закону динаміки за допомогою приладу з кінематики і динаміки (Л. 3, с. 53, дослід 15).

Дослід 2. Демонстрування третього закону динаміки за допомогою демонстраційних динамометрів.

Один з демонстраційних динамометрів закріпіть у верхній частині універсального штатива. Потягніть за гачок динамометра вниз. При цьому динамометр покаже значення сили, з якою ви подіяли на нього. Візьміть другий динамометр у руки і розтягуйте за його допомогою пружину першого динамометра. Обидва динамометри покажуть однакові за значенням сили, з якими динамометри взаємодіють.

Дослід 3. Демонстрування третього закону динаміки з урахуванням архімедової сили.

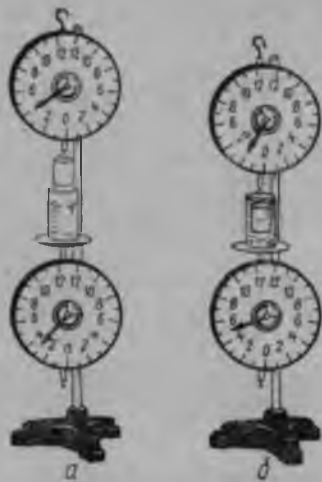


Рис. 11.1

Закріпіть у лапках штатива два динамометри, як показано на рис. 11.1, а. На верхній столик нижнього динамометра поставте посудину з водою. До нижнього гачка верхнього динамометра прикріпіть тіло якомога більшого об'єму.

Відмітьте покази обох динамометрів і опустіть верхній динамометр так, щоб тіло опустилося повністю в посудину з водою. Покажіть, що вода й тіло взаємодіють з однаковими за значенням і протилежними за напрямом силами, що й підтверджує третій закон динаміки Ньютона (рис. 11.1, б).

Дослід 4. Демонстрування третього закону динаміки з використанням електромагніту.

Установка залишається такою, як і в попередньому досліді. На столик нижнього динамометра покладіть залізне тіло вагою близько 5 Н. До верхнього динамометра прикріпіть кільцевий електромагніт і з'єднайте його провідниками з реостатом та акумулятором. Покажіть, що сили, з якими взаємодіють електромагніт і залізний брусок, рівні за значенням і мають протилежні напрями.

Завдання II. Продемонструвати досліди, які можна виконати при вивченні закону збереження імпульсу (кількості руху) (Л. 3, с. 54, дослід 16).

Завдання III. Показати політ ракети (Л. 3, с. 55, дослід 17).

Завдання IV. Продемонструвати закон збереження імпульсу за допомогою двох пружних маятників.

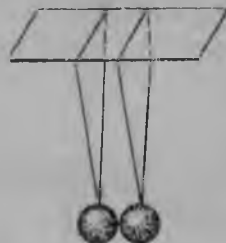


Рис. 11.2

Дві кулі однакової маси підвісьте біфілярно так, щоб вони дотикались одна до одної (рис. 11.2). Відведіть один з маятників на деякий кут і відпустіть. Покажіть практичну рівність кутів, на які відхиляються маятники при виконанні досліду.

Покажіть, що закон збереження імпульсу справджується і в тому випадку, коли до взаємодії маятники мали однакові за значенням і протилежно напрямлені імпульси, а також у довільних випадках.

Завдання V. Продемонструвати реактивний рух з використанням сегнерового колеса.

Налійте в сегнерове колесо води і спостерігайте за витіканням води з трубочок та обертанням колеса. Порівняйте напрями витікання води і обертання колеса.

Завдання VI. Продемонструвати тертя спокою і ковзання (Л. 3, с. 56, дослід 18).

Контрольні запитання

1. Сформулюйте закон збереження імпульсу для загального випадку і для випадку центрального удару.

2. Для якого виду удару можна використовувати закон збереження механічної енергії? Чи для всіх видів удару можна застосовувати закон збереження імпульсу?

3. Розрахуйте, яка кількість механічної енергії перетворюється у внутрішню при центральному непружному ударі двох куль різних мас. Застосуйте одержану формулу для куль однакової маси.

4. Які способи демонстрування реактивного руху, крім розглянутих у роботі, ви знаєте? Які з них можна використати в кожній школі?

12. ДЕМОНСТРУВАННЯ ЗАКОНІВ МЕХАНІКИ НА ПРИЛАДІ З ПОВІТРЯНОЮ ПОДУШКОЮ

Мета: навчитись використовувати у навчальному експерименті прилад для демонстрування законів механіки.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 8 класу.
3. Паспорт приладу для демонстрування законів механіки.
4. Інструкція до секундоміра СЕД-1.

Обладнання: прилад для демонстрування законів механіки; секундомір СЕД-1; випрямляч ВС-4-12; РНШ або ЛАТр.

Підготовка до роботи

1. Прочитайте параграфи шкільного підручника з фізики, в яких розглядаються поняття середньої та миттєвої швидкостей, прискорення, другий закон динаміки, закони збереження імпульсу та енергії.

2. Ознайомтесь за поданим описом, а також за паспортом і інструкцією з приладом для демонстрування законів механіки та секундоміром СЕД-1.

3. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) За яким принципом працює прилад ПДЗМ?

б) Які основні правила поводження з приладом ПДЗМ?

в) Як перевірити справність окремих вузлів приладу?

г) В яких двох режимах може працювати прилад ПДЗМ?

д) Як вмикається секундомір СЕД-1 на режим датчика часу?

Загальний опис приладу ПДЗМ¹

Результати дослідів при вивченні законів механіки в основному залежать від того, якою мірою на приладах для вивчення цих законів вдається зменшити тертя. У переважній більшості шкільних приладів, за допомогою яких демонструють горизонтальний рух тіл, дію сил тертя компенсують незначним нахилом приладу (або окремих його частин) у напрямі руху візка. Внаслідок цього на візок починає діяти скочувальна сила, яка при правильно підбраному нахилі зрівноважуватиме силу тертя.

В інших конструкціях приладів, у яких рух візків спричинюється дією ваги важків, рекомендується підвищувати додатковий важок до кінця шнура, перекинутого через блок.

Проте ці способи компенсації дії сил тертя не найкращі, а в ряді випадків і взагалі непридатні (наприклад, при вивченні третього закону динаміки, закону збереження імпульсу тощо).

Більш ефективним і сучасним способом зменшення впливу тертя є використання руху тіл на повітряній подушці.

Висока ефективність і універсальність приладів, в яких реалізована перспективна технічна ідея повітряної подушки, забезпечили цим приладам поширення в багатьох країнах світу.

У нашій країні Головучтехпром випускає для шкіл прилад на повітряній подушці під назвою «Прилад для демонстрування законів механіки» (ПДЗМ). Основу приладу становить напрямна монорейка (трек), що являє собою довгу алюмінієву трубу прямокутного перерізу (рис. 12.1). Зверху на трубі на однаковій відстані один від одного зроблено маленькі отвори (сопла), через які виходить стиснуте повітря, підтримуючи пластмасові каретки. Проміжок між поверхнею труби і кареткою (товщина повітряної подушки) становить при цьому кілька десятих часток міліметра. Під час руху каретки кількість накритих нею отворів не змінюється, тому і проміжок між кареткою і поверхнею труби залишається сталим.

Якщо тиск у трубі різко зменшити, каретка опуститься на трубу і швидко зупиниться. Ці особливості руху тіла на повітряній подушці лежать в основі конструкції приладу і його керуванні.

На рис. 12.2 показано спрощену функціональну схему приладу ПДЗМ. Стиснуте повітря в трубу приладу подається від побутового пилососа, який через РНШ або ЛАТр вмикають у мережу живлення. Зміною напруги на моторі пилососа регулюють частоту обертання ротора пилососа, що в свою чергу впливає на тиск повітря в трубі. Керують приладом на спеціальному пульті за допомогою двох тумблерів $T1$ і $T2$. Тумблером $T1$ здійснюють пуск приладу, а тумблером $T2$ задають режим його роботи.

У першому режимі роботи приладу (перше положення тумблера $T2$) виконують демонстраційні досліди, які вимагають вимірювання шляхів, пройдених каретками за певні інтервали часу (інтервали часу задаються секундоміром, увімкненим на режим датчика часу). У цьому режимі окремі вузли приладу взаємодіють так. У вихід-

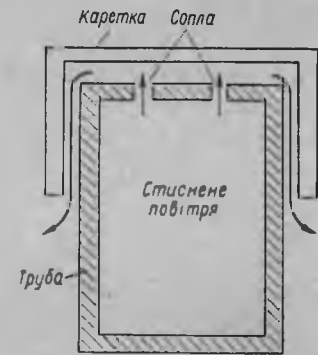


Рис. 12.1

¹ З докладним описом приладу ознайомтесь в Л. 3.

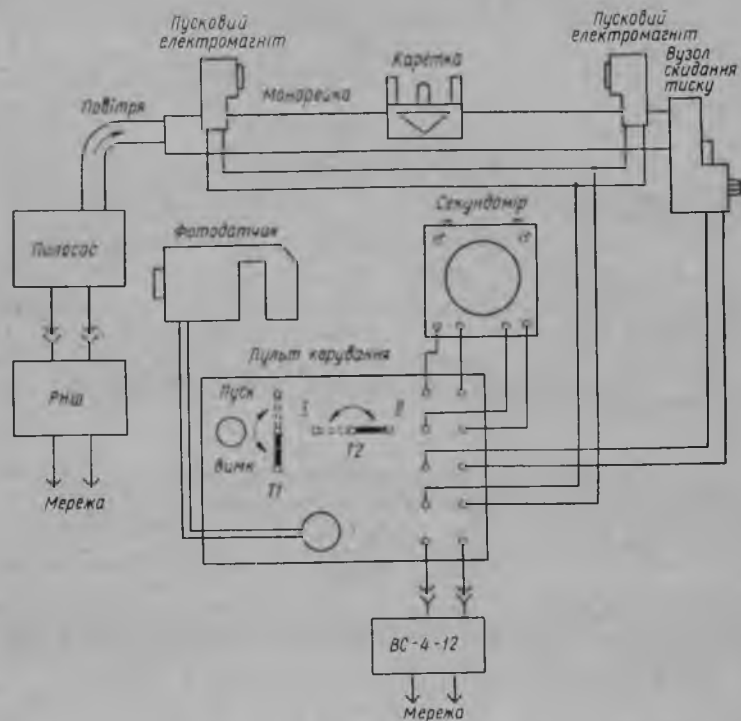


Рис. 12.2

ному стані приладу (тумблер $T1$ перебуває в положенні «Вимкнено») електромагніти утримують каретки. При переведенні тумблера $T1$ у положення «Пуск» утримуючі електромагніти відключаються і каретки починають рухатися. Через деякий час (заданий секундоміром) спрацьовує електромагніт вузла скидання тиску, тиск у трубі різко зменшується, каретки опускаються і зупиняються. Пройдені каретками шляхи визначають за шкалою, розміщеною вздовж монорейки.

У другому режимі роботи приладу (друге положення тумблера $T2$) виконують демонстраційні досліди, в яких потрібно вимірювати час проходження кареткою певного шляху. При цьому у вихідному стані приладу (тумблер $T1$ у положенні «Вимкнено») електромагніт утримує каретку. При переведенні тумблера $T1$ у положення «Пуск» каретка починає рухатися. Як тільки прапорець (закріп-

лений на каретці) перекриє світловий пучок у фотодатчику, секундомір почне відлік часу, який триватиме доти, поки прапорець на каретці не відкриває світловий пучок. Отже, секундомір вимірює час, за який каретка пройшла шлях, що дорівнює довжині прапорця.

З а в д а н н я I. Перевірити закони шляхів і швидкостей рівномірного руху (Л. 3, с. 16).

З а в д а н н я II. Визначити середню швидкість руху каретки (Л. 3, с. 16—17).

З а в д а н н я III. Перевірити закони шляхів і швидкостей рівнозмінного руху (Л. 3, с. 18).

З а в д а н н я IV. Показати залежність прискорення рухомого тіла від сили, яка діє на нього (при $m = \text{const}$) (Л. 3, с. 18—19).

З а в д а н н я V. Показати залежність прискорення рухомого тіла від його маси при $F = \text{const}$ (Л. 3, с. 19—20).

З а в д а н н я VI. Перевірити закон збереження імпульсу (Л. 3, с. 20).

З а в д а н н я VII. Перевірити закон збереження енергії (Л. 3, с. 20).

З а в д а н н я VIII. Визначити миттєву швидкість руху каретки (Л. 3, с. 20—21).

Контрольні запитання

1. Які, на вашу думку, переваги мають прилади на повітряній подушці над приладами звичайного типу?
2. У комплект приладу ПДЗМ входять дві малі (масою по 50 г кожна) і одна велика (масою 100 г) каретки. Чи однакові підйомальні сили, що діють на малу і велику каретки?
3. Як, користуючись приладом ПДЗМ, виміряти прискорення вільного падіння? Відповідь обґрунтуйте кресленням і математичними викладками.
4. Прилад ПДЗМ дає можливість вимірювати миттєву швидкість руху каретки. Як використати цю можливість приладу для формування поняття миттєвої швидкості?

13. ДИНАМІКА ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ

М е т а: ознайомитись з методикою і технікою проведення основних дослідів при вивченні динаміки обертального руху.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 8 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, ч. 1. М., Просвещение, 1971 (с. 103—105).

Обладнання: диск обертовий з приладдям; відцентрова машина; метроном; динамометр з круглим циферблатом; штатив універсальний; рівень; модель центрифуги; модель відцентрової сушиарки; модель відцентрового регулятора; два тіла різної маси на стержні; відцентрова дорога; шматок тканини; пластилін; склянка з водою; сірники.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 8 класу. З'ясуйте місце вивчення питань динаміки обертального руху і які досліди передбачено програмою.

2. Прочитайте параграфи підручника з фізики для 8 класу, в яких розглядаються питання динаміки обертального руху.

3. Ознайомтесь за поданим описом з обладнанням для проведення дослідів з динаміки обертального руху.

4. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) Виконання яких дослідів з динаміки обертального руху передбачають програма і підручник?

б) Які умови потрібні для руху тіла по колу із сталою швидкістю?

в) Які сили (за своєю природою) можуть спричинити доцентрове прискорення? Наведіть приклади.

г) Які сили діють на штучні супутники Землі?

д) Як пояснити учням стан невагомості в умовах штучного супутника Землі?

Загальний опис приладів

Основним прикладом для проведення дослідів з динаміки обертального руху є диск обертовий з приладдям. Набір (рис. 13.1) складається з металевого диска 1 з шарикопідшипником 2, чавунної триноги 3, двоступінчастого шківів 4, тахометра 5 з поділками 0,5 і 1 об/с, жолоба 6, двох сталених котків 7, дуги 8 з муфтою і кулькою на нитці, трубки 9 з дротяним жолобом і стержня 10.

Особливістю цього приладу є те, що його деталі можна використовувати з іншими приладами: динамометром з круглим циферблатом, метрономом, універсальним шта-

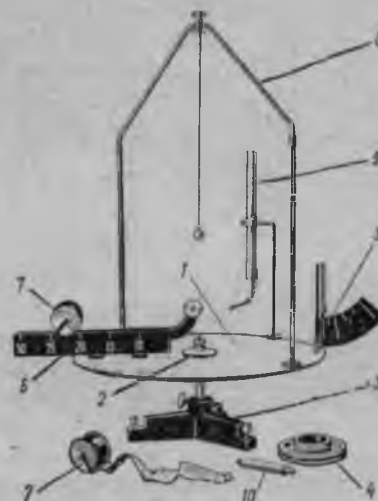


Рис. 13.1

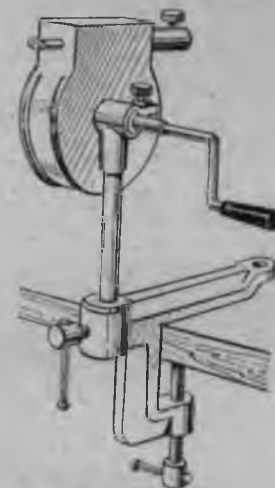


Рис. 13.2

тивом тощо. Використання цих приладів з деталями набору дає змогу скласти багато демонстраційних установок і провести ряд важливих, методично цінних дослідів, таких як: а) виникнення сили, яка надає доцентрового прискорення; б) вимірювання кутової швидкості тахометром; в) залежність сили, яка спричинює доцентрове прискорення, від маси тіла, швидкості і радіуса обертання; г) залежність кутового прискорення від моменту сили і моменту інерції; д) явище Коріоліса; е) прецесія гіроскопа тощо.

З переліку дослідів видно, що цей прилад можна використати і під час факультативних занять.

Для демонстрування дії різних відцентрових механізмів використовують відцентрову машину (рис. 13.2). Механізм машини має черв'ячну передачу (рис. 13.3). Корпус машини за допомогою металевого стержня можна закріплювати в струб-

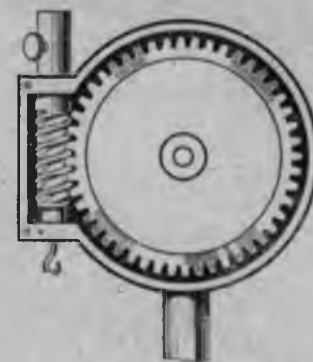


Рис. 13.3

щині на потрібній висоті над столом або підставці-тринозі від універсального штатива. Корпус можна повертати навколо горизонтальної осі і закріплювати у вертикальному, похилому або горизонтальному положенні.

Завдання I. Провести досліди з використанням обертового диска.

Хід роботи

1. Покажіть, як треба вимірювати кутову швидкість диска за допомогою маятникового тахометра. Обертовий диск із закріпленим на ньому маятниковим тахометром (рис. 13.4) встановлюють горизонтально за допомогою рівня. Обхопивши знизу долонею руки вісь диска, великим пальцем цієї руки натискають на шків, розкручуючи диск. Звертають увагу на те, як поступово збільшується відхилення маятника із збільшенням кутової швидкості. Добиваються такої швидкості диска, щоб маятник тахометра стояв на середній великій поділці (тут потрібно трохи потренуватись). Одночасно пускають метроном, настроївши його на 120 ударів за хвилину. Голосно відлічують удари метронома (раз, два, три, чотири, ...; раз, два, три, чотири, ...) з наголосом на «раз». У ці моменти щоразу диск займає те саме положення, тобто він робить один оберт за 2 с (кутова швидкість становить 0,5 об/с). Збільшивши швидкість обертання, показують, що друга велика поділка на шкалі тахометра відповідає кутовій швидкості 1 об/с.

2. Продемонструйте залежність сили, яка створює доцентрове прискорення, від маси тіла, швидкості і радіуса обертання.



Рис. 13.4

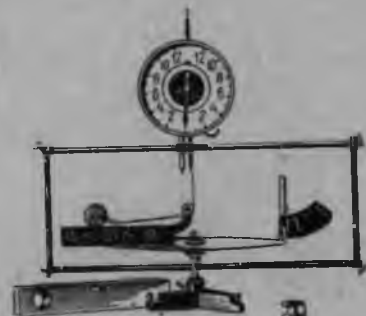


Рис. 13.5

Складають установку за рис. 13.5. Особливу увагу звертають на те, щоб жолоб і тахометр при обертанні не торкалися рами, а гачок динамометра був точно над віссю диска. Один з котків кладуть на жолоб, з'єднують його тасьмою з гачком динамометра і, підтягуючи пряжку на тасьмі, розміщують коток на потрібній відстані від осі обертання. Прийомом, описаним у п. 1, приводять диск у рух і, досягши потрібної швидкості, відмічають покази динамометра.

Досліди проведіть за такою таблицею:

Дослід	m , кг	n , об/с	r , м	F , Н
1	0,25	1	0,3	
2	0,5	1	0,3	
3	0,5	0,5	0,3	
4	0,5	1	0,15	

Доповнивши таблицю значеннями сили, які дістали з дослідів, зробіть відповідні висновки. Дані одного з дослідів підставте у формулу

$$|\vec{F}| = 4\pi^2 m r n^2.$$

Порівняйте обчислене значення сили з її значенням, яке знайшли експериментально.

3. Продемонструйте відхилення рухомого тіла в системі, що обертається (Л. 3, с. 103—104).

4. Продемонструйте маятник Фуко (Л. 3, с. 104—105).

5. Дайте відповіді на запитання:

а) Як пояснити учням дію маятникового тахометра?

б) У підручнику з фізики для 8 класу наведено дві формули для розрахунку доцентрового прискорення:

$$|\vec{a}| = \frac{mv^2}{r}; \quad |\vec{a}| = m\omega^2 r.$$

З першої формули видно, що прискорення обернено пропорційне радіусу, а з другої — прямо пропорційне радіусу. Як учням пояснити цю «суперечливість» формул?

Завдання II. Проілюструвати принцип дії деяких відцентрових механізмів.

Хід роботи

1. **Продемонструйте дію центрифуги.** Модель центрифуги (рис. 13.6) встановлюють на відцентровій машині. У кожен з трьох пробірок наливають (приблизно на $\frac{3}{4}$ висоти пробірки) воду. У дві пробірки намагаються потроху товченої крейди або зубного порошку і старанно перемішують. Одну із пробірок з крейдою залишають як контрольну, а дві інші вставляють у тримачі центрифуги. Швидко обертають центрифугу протягом 1—1,5 хв, а потім виймають пробірку з крейдою і порівнюють її з контрольною пробіркою. Роблять висновок.

2. **Продемонструйте дію відцентрової сушарки.** Модель відцентрової сушарки (рис. 13.7) встановлюють на відцентровій машині. В сушарку кладуть клаптик тканини або ватку, змочену водою. Обертають сушарку 1—2 хв, а потім, зупинивши її, виймають тканину й бачать, що вона майже суха.

3. **Продемонструйте дію відцентрового регулятора.** Модель відцентрового регулятора з розрізом дросельної заслінки встановлюють на відцентровій машині, як показано на рис. 13.8. Якщо обертати регулятор, штанги з кульками розходяться, піднімаючи муфту й стискаючи пружину. Вилка заслінки повертається на деякий кут, повертаючи заслінку, яка закриває собою (більше або менше) паропровід. Зменшення частоти обертання регулятора приводить до опускання штанг і відкривання заслінки.

4. Дайте відповіді на запитання:

- Як пояснити учням дію центрифуги?
- Чим пояснюється, що у відцентровій сушарці краплини води відриваються від тканини?

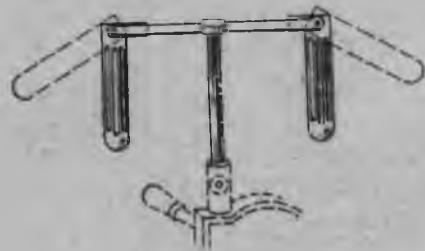


Рис. 13.6

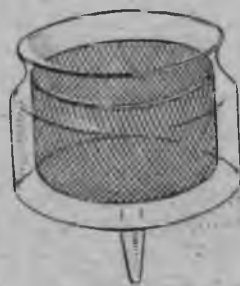


Рис. 13.7

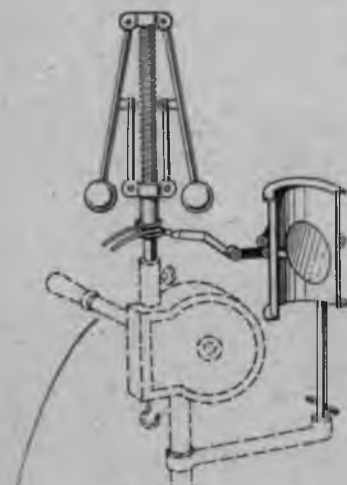


Рис. 13.8

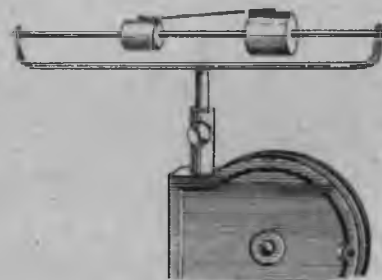


Рис. 13.9

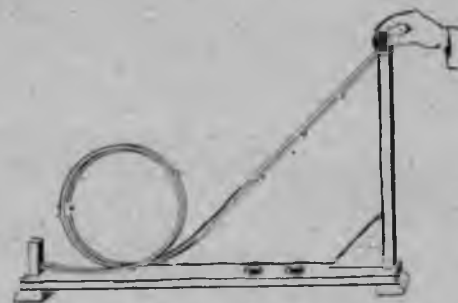


Рис. 13.10

в) Покажіть на прикладі відцентрового регулятора реалізацію принципу зворотного зв'язку.

Завдання III. Розв'яжіть експериментальні задачі:

1. На відцентровій машині закріплено рамку з двома циліндрами різної маси (рис. 13.9). Кулі зв'язані ниткою і можуть переміщуватися вздовж стержня рамки. Визначити, у скільки разів маса однієї кулі більша за масу другої?

2. На столі містяться прилад (рис. 13.10) і масштабна лінійка. З якої мінімальної висоти треба пустити куль-

ку, щоб вона оббігла петлю, не відриваючись від неї у верхній точці? Чи зміниться ця висота, якщо дослід проводити на Місяці?

14. СТАТИКА

Мета: ознайомитись з основним обладнанням для проведення дослідів із статyki і набути практичних навичок у використанні його.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручники з фізики для 6—8 класів.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационные опыты по физике в 6—7 классах. М., Просвещение, 1974.
4. Чепуренко В. Г. та ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976.

Обладнання: комплект динамометрів з круглим циферблатом; набір з статyki з магнітними тримачами; динамометр Бакушинського; два штативи; набір важків з гачками; модель автомобіля або візочок; шарнірна призма; саморобний прилад для демонстрування різних видів рівноваги; важіль лабораторний; демонстраційний метр; лінійка; вимірний циркуль; круг з градусними поділками.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмами з фізики для 6 і 8 класів. З'ясуйте місце вивчення елементів статyki в 6 і 8 класах і які досліди передбачає програма.
2. Прочитайте параграфи підручників з фізики для 6 і 8 класів, де розглядаються питання статyki.
3. Ознайомтесь за поданим описом з обладнанням, призначеним для проведення дослідів із статyki.
4. Продумайте відповіді на запитання:
 - а) Які досліди із статyki рекомендують програми?
 - б) Яка будова і дія динамометра з круглим циферблатом?
 - в) Як обґрунтувати рівномірність шкали динамометра Бакушинського?
 - г) Як досягається стійкість шкільних демонстраційних приладів? Наведіть приклади.
 - д) Інколи як приклади похилих тіл, що перебувають у рівновазі на горизонтальній площині, наводять «падаючі башти». Чому ці приклади не можна вважати вдалими для даного випадку?

Загальний опис приладів

При демонструванні дослідів із статyki основним приладом є динамометр. Він має бути досить чутливим і зручним для використання. З існуючих динамометрів цим вимогам найбільше відповідають динамометри демонстраційні з круглим циферблатом (рис. 14.1). Для шкіл випускають комплекти, що складаються з двох динамометрів і деяких допоміжних пристроїв (модель двотаврової балки, блоки, столики, тригранні призми, гачки).

Механізм динамометра з круглим циферблатом складається з двох пружин, надітих на стержні, які з'єднані між собою зубчастою рейкою. Рейка має зчеплення з шестірнею, на осі якої закріплено стрілку (рис. 14.2). Під дією сили пружини деформуються, рейка переміщується і повертає шестірню, а разом з нею і стрілку. Шкалу приладу можна повертати. Це дає змогу встановлювати стрілку на нуль навіть у тих випадках, коли пружини динамометра вже перебувають під навантаженням.

Крім динамометрів з круглим циферблатом, для демонстраційних дослідів випускають набір трубчастих динамометрів (рис. 14.3). У набір входять три динамометри, розраховані на різне навантаження: 2,5; 5 і 10 Н. Кожний динамометр складається з двох трубок, вільно вставлених одна в одну і скріплених пружиною. На зовнішню трубку надіто невеликий патрубок — коригуючу муфту. Внаслідок дії сили тяжіння внутрішня трубка динамометра звичайно опускається всередину зовнішньої

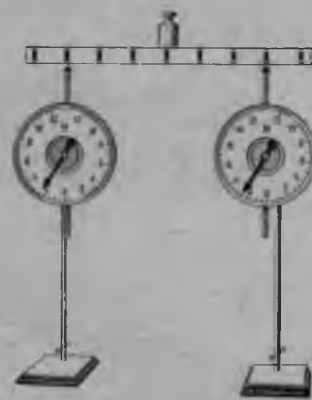


Рис. 14.1



Рис. 14.2

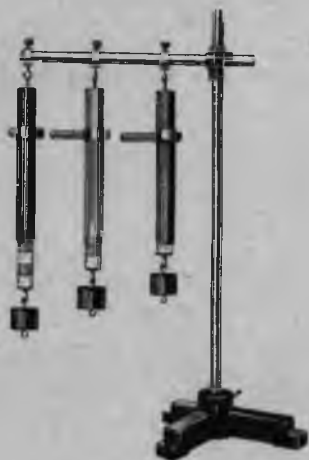


Рис. 14.3



Рис. 14.4

трубки, коли динамометр встановлено гачком угору або виходить назовні, коли гачок повернуто вниз. Тому перед вимірюванням коригуючу муфту встановлюють так, щоб динамометр у цьому положенні показував нуль.

Для проведення лабораторних робіт призначені динамометри конструкції Бакушинського (рис. 14.4). Цей динамометр має шкалу на 4 Н. Ціна поділки 0,1 Н.

Для демонстрування різних дослідів із статичної Головучтехпром випускає спеціальний «Набір із статичної з магнітними тримачами». Основні деталі цього набору мають постійні магніти, за допомогою яких кріпляться на вертикальному щиті, виготовленому з листового заліза. Такий спосіб кріплення дає можливість швидко встановлювати деталі в будь-якому місці щита і переміщувати їх. На щиті можна крейдою робити потрібні помітки, робити побудови, записи тощо.

Набір складається з щита і комплекту деталей, роз-



Рис. 14.5

мічених у спеціальному ящику. У комплект (рис. 14.5) входять:

- 1) три трубчасті динамометри на 3 Н, змонтовані на круглих площадках 1, які можуть обертатися на магнітопроводі постійного магніту;
- 2) два постійні магніти 2 з магнітопроводом для кріплення за їх допомогою блока або штифта;
- 3) два блоки 3;
- 4) два набори 4 із п'яти важків по 50 г;
- 5) пластина неправильної форми 5;
- 6) стержень 6 з петлями на кінцях, розділений чорними рисками: з одного боку на три, а з другого — на чотири рівні відрізки;
- 7) кутник 7 з поділками для вимірювання плечей;
- 8) дві пружини 8;
- 9) п'ять дротяних гачків 9;
- 10) три товсті нитки з петлями на кінцях.

Кожний з трьох трубчастих динамометрів набору має спеціальний поворотний пристрій, який забезпечує йому можливість автоматично розміщуватися вздовж прямої, по якій напрямлена вимірювана сила.

Для проведення дослідів щит підвішують до верхнього краю класної дошки або встановлюють на демонстраційному столі за допомогою універсального штатива.

Завдання I. Провести дослідів на додавання і розкладання сил.

Хід роботи

1. Проілюструйте на досліді додавання сил, що діють по одній прямій (Л. 3, с. 82—83).

2. Виведіть правило додавання сил, що діють під кутом одна до одної, користуючись набором із статики.

На щиті підвішують пружину і відтягують її двома динамометрами так, щоб останні розмістилися під прямим кутом і показували 3 і 4 од. (1,5 і 2Н) (рис. 14.6). Відмічають крейдою положення кілочка пружини і проводять риски за динамометрами. Один динамометр знімають, а другим відтягують пружину в попереднє положення. Рискою відмічають нове положення динамометра і записують його покази (5 од.). Знявши динамометр, проводять крейдою з відміченої точки прямі через три риски і на цих прямих у довільному масштабі будують три вектори сил. З'єднавши кінці векторів, дістають паралелограм сил.

3. Продемонструйте залежність значення рівнодійної сили від кута між складовими. На щиті закріплюють два блоки, через які перекидають нитку з петелькою посередині. До кінців нитки підвішують однакові важки. Зачепивши гачком динамометра петельку, переміщують блоки, зменшуючи кут між нитками. При цьому динамометр показує значення зрівноважувальної сили, яка із зменшенням кута між нитками

поступово зростає і стає рівною сумі складових, коли кут зменшиться до нуля. (Подумайте, як для цього випадку треба розмістити блоки).

4. Покажіть розкладання сили тяжіння автомобіля (візочка) на похилій площині.

Складіть установку за рис. 14.7. Круг з градусними поділками призначений для вимірювання кута нахилу похилої площини. Результати вимірювань сил перевірте теоретичними розрахунками.

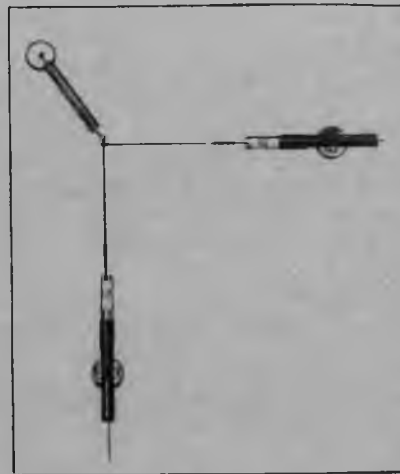


Рис. 14.6

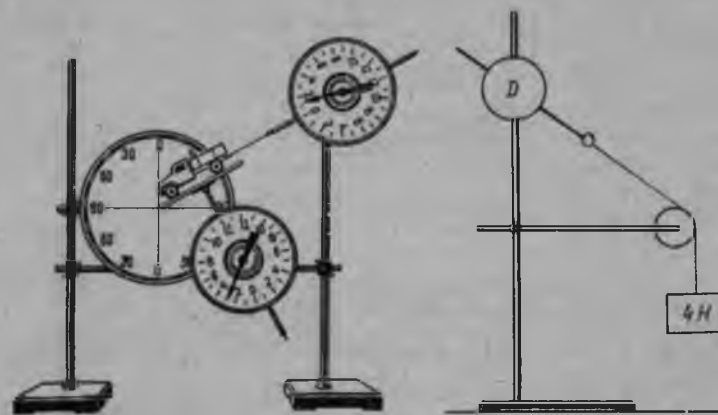


Рис. 14.7

Рис. 14.8

5. Розгляньте установку, зображену на рис. 14.8, і дайте відповіді на запитання:

а) Яке значення сили показує динамометр?

б) Чи можна цю установку розглядати як кронштейн?

Свої міркування перевірте на досліді.

Завдання II. Вивести правило моментів, користуючись набором із статики.

Хід роботи

1. Складають установку, показану на рис. 14.9. Динамометри розміщують так, щоб вони давали покази в цілих одиницях. На пластині відмічають крейдою довільну точку a , відносно якої визначають моменти сил. Для зручності відліку плечей через точки прикладання сил проводять прямі, вздовж яких діють сили (у тому числі й сила тяжіння пластини). Перед проведенням дослі-

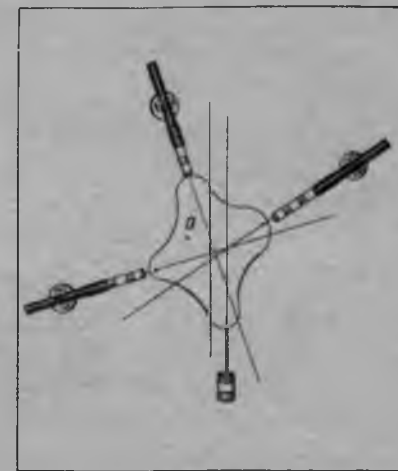


Рис. 14.9

ду пластину зважують, а також показують, що центр її ваги збігається з отвором у середній частині. (Подумайте, як це зробити). За допомогою вимірного циркуля і демонстраційного метра вимірюють плечі сил. Підрахувавши суми моментів сил, напрямлених за і проти годинникової стрілки, виводять правило моментів.

2. Повторіть дослід для випадку, коли точка, відносно якої визначають моменти сил, розміщена поза пластину.

3. Виконайте лабораторну роботу (8 клас) «Вивчення умови рівноваги важеля» (Л. 4, с. 76—78).

Завдання III. Продемонструвати різні види рівноваги тіл.

Хід роботи

1. Покажіть різні види рівноваги однорідного тіла, яке має точку опори.

У середній частині щита з набору із статички встановіть магнітний тримач з штифтом. На штифт повісьте пластину неправильної форми з набору так, щоб:

а) центр ваги пластини перебував на одній вертикалі з точкою опори і був розміщений нижче від неї;

б) центр ваги пластини перебував на одній вертикалі з точкою опори, але був розміщений вище від неї;

в) точка опори збігалася з центром ваги пластини.

Зробіть висновки.

2. Покажіть різні рівноваги кульки на саморобному приладі (рис. 14.10).

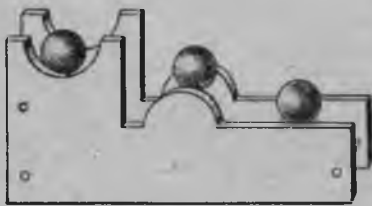


Рис. 14.10

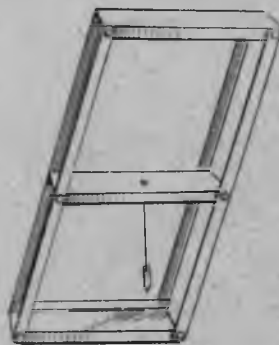


Рис. 14.11

Дайте енергетичне обґрунтування видам рівноваги, що спостерігаються на цьому приладі.

3. Продемонструйте стійкість тіла, яке має площу опори. Використайте для цього шарнірну призму (рис. 14.11).

15. ДОСЛІДИ З ГІДРО- І АЕРОДИНАМІКИ

Мета: ознайомитись з набором приладів для демонстрування руху рідин і газів та виконати основні дослід.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 8 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1. М., Просвещение, 1971.

Обладнання: універсальний проекційний ліхтар; повітродувка з універсальним електродвигуном; мікроманометр демонстраційний; аеродинамічні терези демонстраційні; прилад для демонстрування ліній течії; штатив універсальний; склянка з розведеним крохмалем; прилад для демонстрування тиску в потоці рідини; гумові трубки із затискачами; склянка місткістю 2 л з відростком унизу для витікання води; кювета для збирання води під час виконання дослідів; трубка Піто; трубка-зонд; прилад з каналом різного перерізу; пульверизатор демонстраційний; модель водострумного насоса; манометр водяний демонстраційний; гумова груша від гігрометра або побутового пульверизатора; дві легенькі вигнуті пластинки, закріплені на вилці або просто на двох цвяхах; відцентрова машина; два дерев'яних диски (можна використати диски з картону); прилад для демонстрування розподілу швидкостей у потоці рідини; прилад для демонстрування ламінарної і турбулентної течій; прилад з каналом однакового перерізу і манометричними трубками; прилад для демонстрування явища обтікання з набором тіл різної форми.

Підготовка до роботи

1. Повторіть відповідний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Що таке лінії течії в рідині? Які властивості вони мають?

б) Що ви розумієте під ламінарним і турбулентним рухом?

в) Який принцип дії пульверизатора та як утворюється підіймальна сила крила літака?

Завдання I. Продемонструвати досліди, які розкривають поняття стаціонарного потоку.

Дослід 1. Спостереження ліній течії рідини (Л. 3 с. 224, дослід 95).

Дослід 2. Тиск у потоці рідини (Л. 3 с. 226, дослід 96).

Дослід 3. Тиск у повітряному потоці (Л. 3 с. 228, дослід 97).

Дослід 4. Залежність тиску від швидкості потоку рідини і газу (Л. 3 с. 230, дослід 98).

Дослід 5. Будова і дія пульверизатора та водоструминного насоса (Л. 3 с. 232, дослід 99).

Дослід 6. Зниження тиску в струмені повітря (Л. 3 с. 235, дослід 100). Виконати перший з описаних дослідів.

Завдання II. Виконати досліди з внутрішнього тертя, ламінарного й турбулентного потоків та обтікання тіл.

Дослід 1. Внутрішнє тертя в повітрі (Л. 3 с. 242, дослід 104). Виконати тільки другий дослід.

Дослід 2. Розподіл швидкостей у потоці рідини і газу (Л. 3 с. 245, дослід 105). Виконати перший з описаних дослідів.

Дослід 3. Ламінарна і турбулентна течії рідини (Л. 3 с. 248, дослід 106).

Дослід 4. Зниження тиску в рідині, яка тече по трубі однакового перерізу (Л. 3 с. 251, дослід 107).

Дослід 5. Обтічність тіл різного профілю (Л. 3 с. 253, дослід 108).

Завдання III. Продемонструвати досліди з лобового (аеродинамічного) опору та підйімальної сили крила літака.

Дослід 1. Залежність лобового опору від швидкості повітряного потоку, форми і перерізу тіла (Л. 3 с. 258, дослід 111).

Дослід 2. Підймальна сила крила літака (Л. 3 с. 263, дослід 113).

Контрольні запитання

1. Як за допомогою демонстраційного експерименту ввести поняття повного і динамічного тиску?
2. Коли швидкість літака досягає швидкості звуку, опір рухові різко зростає. Чому?
3. Які домашні завдання можна запропонувати учням з розглянутої теми?

16. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення основних демонстраційних дослідів при вивченні молекулярно-кінетичної теорії.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручники з фізики для 6 і 9 класів.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1. М., Просвещение, 1971 (с. 278, 280—281).

Обладнання: універсальний проєкційний апарат з насадкою для горизонтальної проєкції; прилад для демонстрування моделі броунівського руху; насос Комовського; гумова куля; гумовий шланг; пористий циліндр; апарат Кіппа для добування водню; манометр рідинний; висока циліндрична скляна посудина; скляна пластинка 15×15 см; смужка фільтрувального паперу; розчин фенолфталеїну; жмут вати з дротинкою; нашатирий спирт; штатив; пластинка скляна з гачком; кристалізатор з водою; гумовий шнур або чутлива пружина; свинцеві циліндри; набір гир; кювета з піском; скляна трубка; денатурований спирт; сіль; мензурка місткістю 200 см³; термометр.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмами з фізики для 6 і 9 класів. З'ясуйте місце вивчення основ молекулярно-кінетичної теорії і які досліди передбачають програми.
2. Прочитайте параграфи підручників з фізики для 6 і 9 класів, в яких розглядаються основи молекулярно-кінетичної теорії.
3. Ознайомтесь за наведеним нижче описом з обладнанням для проведення дослідів з даної теми.
4. Продумайте відповіді на такі запитання:
 - а) У чому полягають основні положення молекулярно-кінетичної теорії?
 - б) Які, на вашу думку, демонстраційні досліди є основними під час вивчення в школі основ молекулярно-кінетичної теорії?
 - в) Які демонстраційні досліди з даної теми проводять з використанням проєкції; мікропроєкції?
 - г) Який принцип дії приладу для демонстрування дифузії газів через пористу перегородку?

Загальний опис приладів

Для проведення дослідів, які обґрунтовують основні положення молекулярно-кінетичної теорії, промисловість випускає ряд простих приладів.

1. Прилад для демонстрування моделі броунівського руху (рис. 16.1) дає змогу показати проекцією на екран модель молекулярного руху в газах і рідинах та броунівський рух. Основу приладу становить пружне кільце з тонкої сталльної смужки. Кільце розміщене між двома скляними пластинками і закріплене на міцній металевій рамці з отвором. На рамці з боку кільця прилаштовано ударний механізм, який складається з молоточка і храпового колеса, закріпленого на осі з рукояткою. При обертанні рукоятки храпове колесо чіпляється за д्रोцяну пружину молоточка, який ударяє по кільцю і приводить його в коливання, від чого приходять у хаотичний рух маленькі сталльні кульки, а разом з ними і шматочок пробки, що імітує броунівську частинку.

На рамці приладу є скоба з отворами і затискним гвинтом для кріплення приладу на стояку насадки для горизонтальної проекції.

2. Пористий циліндр (рис. 16.2) дає можливість наочно показати зміну тиску внаслідок дифузії різних газів через пористу перегородку. Прилад складається з циліндричної пористої посудини, закріпленої в пластмасовому цоколі. Цоколь закінчується невеличким патрубком, на

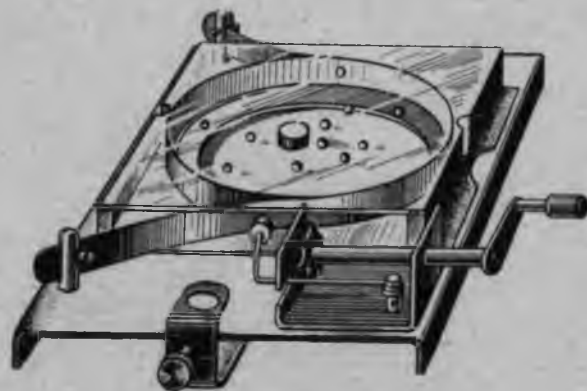


Рис. 16.1



Рис. 16.2



Рис. 16.3

який під час проведення дослідів надівають гумову трубку. Циліндри свинцеві із стругом призначені для демонстрування молекулярного зчеплення. Прилад (рис. 16.3) складається з двох однакових циліндрів 1, кожен з яких має сталльну частину з гачком і свинцеву. У комплект приладу входить і пристрій для зачистки (струг), який складається з торцевого ножа 2 і напрямної трубки 3. Для зачистки свинцевих поверхонь циліндри по черзі вставляють у напрямну трубку і кількома поворотами струга в одному напрямі роблять зачистку.

Завдання 1. Виконати досліди, які підтверджують рух молекул.

Хід роботи

1. Продемонструйте механічну модель броунівського руху.

Прилад, за допомогою якого демонструють модель броунівського руху, встановлюють на насадці проекційного апарата для горизонтальної проекції. Діставши на екрані чітке зображення кульок, обертають рукоятку механізму приладу і спостерігають на екрані хаотичний рух кульок та переміщення пробки.

2. Покажіть явище роздування гумової кулі під ковпаком повітряного насоса (Л. 3, с. 278).

3. Продемонструйте явище взаємної дифузії в газах.

Довгу смужку фільтрувального паперу просочують розчином фенолфталеїну і приліплюють її зсередини до стінки високої скляної посудини. З другого боку на край посудини підвішують дроти-

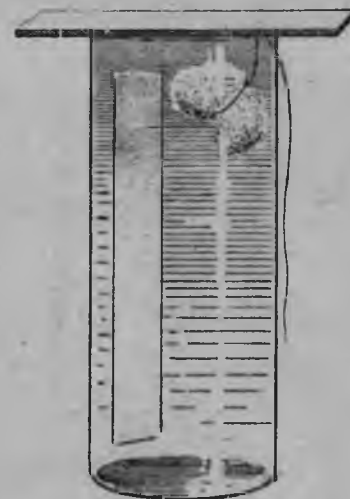


Рис. 16.4

ну з ватою, просоченою нашатирним спиртом (рис. 16.4). Спостерігайте за зміною кольору смужки. Поясніть це явище.

Як довести учням, що в цьому випадку відбувається дифузія, а не опускання парів фенолфталеїну під дією сили тяжіння?

4. Продемонструйте дифузію газів через пористу перегородку (Л. 3, с. 280—281).

Завдання II. Показати досліди, які підтверджують існування міжмолекулярної взаємодії.

Хід роботи

1. Продемонструйте зчеплення свинцевих циліндрів. Циліндри із зачищеними торцями злегка притирають один до одного і підвішують за один гачок до штатива. Під циліндри підставляють кювету з піском (щоб «пом'якшити» удар гирі). Другий гачок навантажують гирями (рис. 16.5). Звичайно сила зчеплення циліндрів витримує гирю 5 кг.

2. Продемонструйте явище прилипання скляної пластинки до води.

На гумовому шнурі або чутливій пружині підвішують скляну пластинку. Під пластинку підносять посудину з водою (рис. 16.6). Після дотикання пластинки до поверхні води посудину повільно опускають.

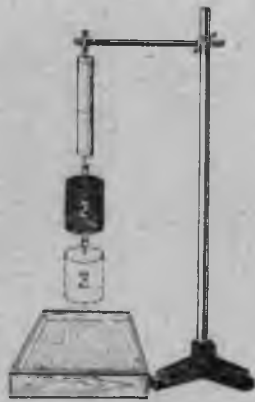


Рис. 16.5



Рис. 16.6

Простежте, при якому розтягу шнура пластинка відірветься від води.

3. Дайте відповіді на запитання:

а) Як (теоретично) оцінити порядок значення сили зчеплення двох свинцевих циліндрів?

б) Який можна чекати результат досліду 2, якщо замість води взяти ртуть? Відповідь обґрунтуйте.

Завдання III. Продемонструвати досліди, які підтверджують існування міжмолекулярних проміжків.

Хід роботи

1. Виконайте дослід на змішування води із спиртом.

У скляну трубку (діаметром 10—12 мм і завдовжки 1 м), заткнуту з одного боку пробкою, наливають до половини підфарбовану воду. Нахиливши трубку, по її стінці повільно вливають спирт так, щоб його рівень не досягав верхнього кінця трубки на 6—8 см. Гумовим кільцем, надітим на трубку, відмічають рівень спирту. Щільно закривають трубку пробкою і кілька разів перевертають її, щоб рідини добре змішалися.

Поставте трубку вертикально і зіставте рівень суміші з початковим рівнем спирту.

Який висновок можна зробити?

2. Покажіть, як зменшується об'єм при розчиненні твердого тіла у воді.

У мензурку (200 см³) з дрібними поділками наливають 100 см³ води і всипають 37 г кухонної солі при температурі води 20°C (або 36 г при 15°C). Коли сіль повністю розчиниться, об'єм розчину зменшиться.

3. Дайте відповіді на запитання:

а) При забиванні в дерев'яний брусок гвіздка останній займає місце дерева. Як пояснити це явище? Що це явище може ілюструвати?

б) Які практичні застосування явища дифузії ви знаєте?

в) Запропонуйте для учнів домашній дослід, за допомогою якого можна було б встановити залежність швидкості дифузії від температури.

17. ВЛАСТИВОСТІ ГАЗУ І ПАРИ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення експерименту при вивченні властивостей газу й пари.

Література

1. Програма з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 9 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1, М., Просвещение, 1971, с. 306—307.
4. Чепуренко В. Г. та ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976, с. 98—100.

Обладнання: сільфон; манометр демонстраційний; гумовий шланг; насос Комовського; електричний термометр; рідинний термометр; скляна посудина на 5—10 л; універсальний проєкційний апарат; екран; прилад для демонстрування критичного стану ефіру; прилад для вивчення властивостей насиченої пари; електрична плитка; посудина для підігрівання води; куля для зважування повітря; технічні терези і набір гир до них; лід; ефір; цупкий білий папір; спиртівка або сухе пальне.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 9 класу. З'ясуйте, в яких темах вивчаються властивості газу і пари та які демонстраційні досліди і лабораторні роботи передбачаються програмою.

2. Прочитайте параграфи підручника з фізики для 9 класу, в яких розглядаються властивості газу і пари.

3. Ознайомтесь за поданим описом з деяким обладнанням для експериментального вивчення властивостей газу і пари.

4. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) Які досліди під час вивчення властивостей газу і пари рекомендує програма з фізики?

б) На які досліди спирається виклад цього матеріалу в підручнику з фізики для 9 класу?

в) За яким принципом діє електричний термометр?

г) Який порядок підготовки електричного термометра до вимірювань?

д) Які, на вашу думку, переваги в навчальному експерименті має електричний термометр порівняно з рідинним?

е) Які правила експлуатації приладу для вивчення газових законів?

е) Які правила техніки безпеки треба виконувати при демонструванні критичного стану ефіру?

Загальний опис приладів

1. Прилад для вивчення газових законів (рис. 17.1) складається з металевого гофрованого циліндра (сильфона) і з'єданого з ним гумовим шлангом демонстраційного манометра. Сильфон 1 за допомогою гвинта 2 можна розтягувати і стискати, причому об'єм повітря в сильфоні змінюється пропорційно зміні висоти сильфона. Шкала 3 дає можливість визначати зміну об'єму сильфона в умовних одиницях. Початковий об'єм сильфона — 5 умовних одиниць, а кінцевий — 10. Щоб запобігти надмірному розтягненню сильфона, на вертикальній стержні 4 надіто дві обмежувальні трубки 5.

Тиск у сильфоні можна вимірювати мановакуумметром, яким комплектується прилад, або манометром на 1,6 ат (160 кПа).

2. Електричний термометр на термісторі призначений для вимірювання температури в демонстраційних дослідах при вивченні теплових явищ, молекулярної фізики, дає змогу ознайомити учнів з електричним методом вимірювання температури.

Прилад складається з датчика температури, вимірювального моста і шкільного демонстраційного гальвано-

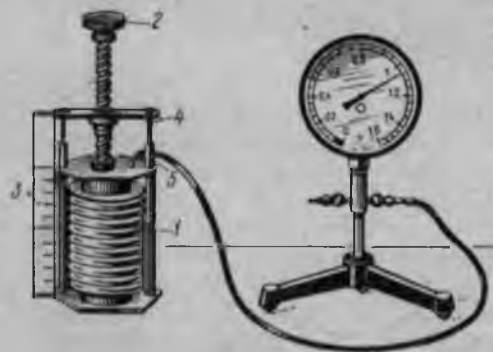


Рис. 17.1

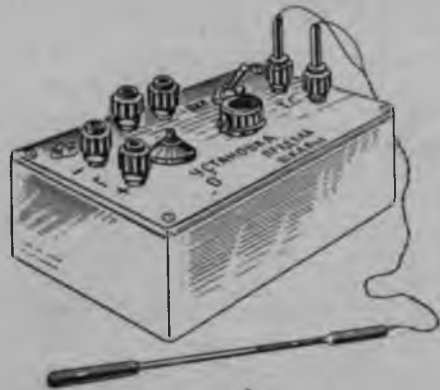


Рис. 17.2

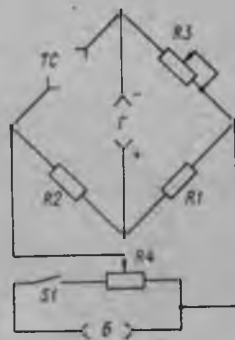


Рис. 17.3

метра від амперметра. Загальний вигляд електричного термометра (без гальванометра) показано на рис. 17.2, а його схему на рис. 17.3.

Датчиком в електричному термометрі є термістор, закріплений на кінці трубки, на яку під час зберігання нагвинчують пластмасовий захисний ковпачок.

Вимірювальний міст змонтовано в пластмасовому корпусі, на лицьовій стороні якого розміщені клеми *TC* (для під'єднання термістора), клеми для під'єднання гальванометра, клеми для під'єднання зовнішнього джерела живлення (при відсутності батареї типу КБС-0,5, яка розміщується всередині корпусу).

Регулювальними елементами приладу є змінні резистори: *R3* (установка на нуль) і *R4* (установка межі шкали).

Шкільний демонстраційний гальванометр не має спеціальної шкали, проградуєваної в градусах Цельсія. Тому таку шкалу доводиться виготовляти (див. «Завдання 1»).

3. Прилад для демонстрування критичного стану ефіру дає можливість спостерігати це явище при проектуванні на екран запаяної ампули з ефіром при нагріванні її.

Основною частиною приладу є невелика скляна ампула, приблизно на $\frac{1}{3}$ заповнена ефіром. Ампулу для безпечності (на випадок вибуху) підвішують усередині металевий камери з вікнами, закритими склом (рис. 17.4).

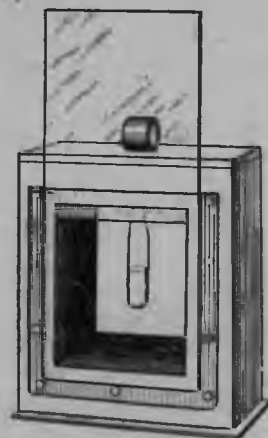


Рис. 17.4

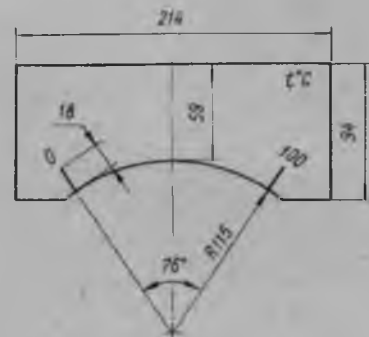


Рис. 17.5

Під час проведення досліду дно камери поступово нагрівають, внаслідок чого нагрівається ефір в ампулі до стання критичного стану. У критичному стані ефір має температуру близько 194°C і тиск 35 ат (3500 кПа).

Завдання 1. Виготовити шкалу для електричного термометра.

Хід роботи

1. Шкалу виготовляють з білого цупкого паперу, дотримуючись розмірів, показаних на рис. 17.5. На шкалу наносять основні точки 0 і 100. Проміжок між ними ділять на 20 рівних поділок, акуратно креслять штрихи і наносять цифри 20, 40, 60, 80. Шкалу наклеюють на вільну сторону одного з підшкальників, які додаються до демонстраційного гальванометра.

2. Виготовлену шкалу вставляють у гальванометр. Складають електричне коло з датчика, вимірювального моста і гальванометра.

3. Коректором гальванометра встановлюють стрілку на нуль. Термістор (без захисного ковпачка) опускають у танучий лід разом з рідинним термометром. Вмикають тумблером живлення моста. Коли рідинний термометр покаже 0°C , обертанням ручки змінного резистора *R3* (установка на нуль) стрілку переводять на нуль шкали.

4. Датчик і термометр опускають в посудину з киплячою водою, і коли термометр покаже 100°C , обертаючи ручку змінного резистора $R4$ (установка межі шкали), переводять стрілку на поділку 100.

Після цього електричний термометр буде готовий до використання.

Зауваження. Виготовлена в такий спосіб шкала буде порівняно приблизною. Для виготовлення більш точної шкали потрібно, встановивши кінцеві точки шкали 0 і 100, проміжні поділки її наносити на шкалу за допомогою рідинного термометра, наприклад, через кожні 5°C . Проте таке градування потребує значної витрати часу.

Поясніть, чому при такому способі градування шкала буде більш точною.

Завдання II. Ознайомитись з використанням приладу для вивчення газових законів у навчальному експерименті.

Хід роботи

1. Проілюструйте залежність тиску деякої маси газу від його об'єму при сталій температурі (установку показано на рис. 17.1). Запишіть покази манометра при 6, 7, 8, 9 умовних одиницях об'єму. Обчисліть за одержаними даними добутки. Зробіть висновок.

2. Покажіть залежність між об'ємом, тиском і температурою газу.

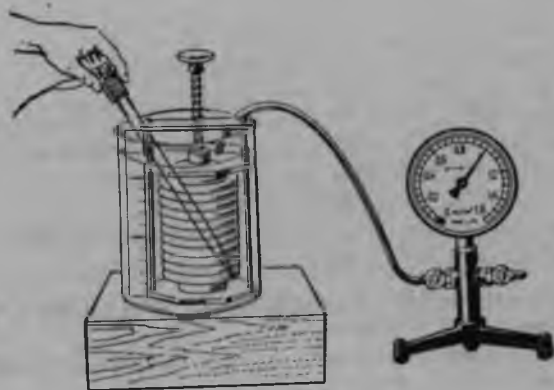


Рис. 17.6

Складають установку, як показано на рис. 17.6. Встановлюють об'єм сильфона, наприклад, 7 одиниць. Закривають вільний кран у манометра (він показує 1 ат) і вимірюють електричним термометром температуру повітря (вона дорівнює кімнатній).

Результати заносять у таблицю¹.

№ досліду	V	T	p	$\frac{pV}{T}$	Примітка
1	7		1		Кімнатна температура
2					Тепла вода
3					Холодна вода

Потім у банку наливають теплу воду ($45\text{--}50^{\circ}\text{C}$) і довільно змінюють об'єм у сильфоні. Коли сильфон прогріється, знову вимірюють об'єм, тиск і температуру. Результати заносять у таблицю.

Після цього дослід повторюють, замінивши воду в банці холодною (приблизно на $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$ нижче від кімнатної). Знову довільно змінюють об'єм повітря в сильфоні і вимірюють об'єм, тиск і температуру. Результати вимірювань також заносять у таблицю.

За знайденими даними обчислюють значення $\frac{pV}{T}$ для кожного стану. Роблять висновок.

3. Виконайте лабораторну роботу фізичного практикуму «Вимірювання універсальної газової сталої» (Л. 4, с. 98—100).

4. Дайте відповіді на запитання:

а) Який вигляд має графік, побудований за даними досліду п. 1?

б) Які доповнення треба зробити до установки (рис. 17.6), щоб на ній можна було показати залежність об'єму газу від температури при сталому тиску і залежність тиску газу від температури при сталому об'ємі?

в) Які основні етапи демонстрування залежності об'єму газу від температури при сталому тиску?

Завдання III. Проілюструвати властивості насиченої пари (Л. 3, с. 306—307).

Завдання IV. Покажати критичний стан ефіру.

¹ Виконуючи дослід на уроці, таку таблицю креслять на дошці.

Хід роботи

1. Спроектуйте ампулу на екран так, щоб чітко було видно меніск ефіру (рис. 17.7).

2. Нагрійте прилад спиртівкою або сухим пальним. Простежте за всіма стадіями зміни стану ефіру при нагріванні й охолодженні ампули.

Контрольні запитання

1) У процесі охолодження ампули з ефіром буває такий момент, коли ампула стає на короткий час непрозорою. Чим це пояснюється?

2) При користуванні установкою (рис. 17.7) зображення ампули на екрані буде оберненим. Як зробити його прямим?

18. ЕЛЕКТРОСТАТИКА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення основних дослідів при вивченні електростатики.

Література

1. Програма з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 9 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972, с. 24—25; 33—35.

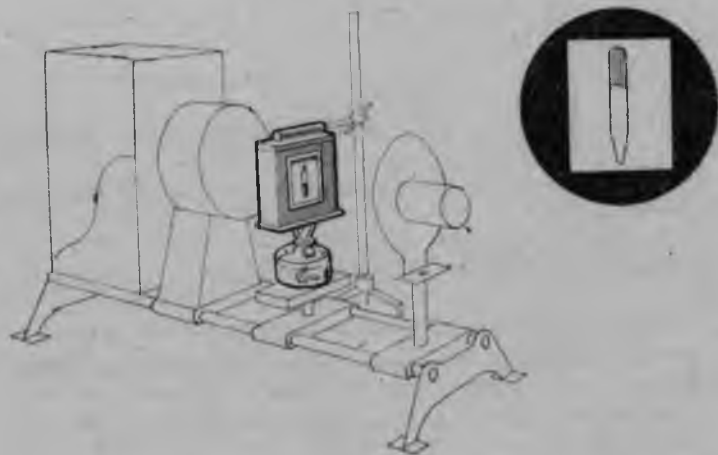


Рис. 17.7

Обладнання: електрофорна машина; перетворювач «Розряд»; електрометри з приладдям; комплект паличок для електризації; пластинки на ізолюючих ручках; сітка Кольбе; універсальний проекційний апарат з насадкою для горизонтальної проекції; султани; два ізолюючих штативи; два звичайних штативи; універсальний штатив; конденсатор розбірний (електрофор); прилад для демонстрування спектрів електричних полів; випрямляч ВС-24М; нитки; папір, хутро, капронова тканина, шовк, вата.

Хід роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 9 класу. З'ясуйте місце вивчення питань електростатики і які досліди рекомендує програма.

2. Прочитайте розділ «Електростатика» в підручнику з фізики для 9 класу.

3. Ознайомтесь за наведеним нижче описом з особливостями проведення демонстраційних дослідів з електростатики і основним обладнанням для виконання їх.

4. Продумайте відповіді на запитання:

а) Які досліди з електростатики рекомендує програма з фізики?

б) На яких дослідах, описаних у підручнику, ґрунтується формування понять заряду і електричного поля?

в) Як пояснити стікання зарядів із загострених місць заряджених провідників? Де це явище має практичне значення?

г) Чому заряджений провідник, покритий пилом, швидко втрачає заряд?

д) Як можна зменшити заряд електропровідної кулі в 3 рази?

е) У чому полягає відмінність електроскопа від електрометра?

є) У чому полягають труднощі в проведенні дослідів з електростатики?

Основні правила проведення дослідів з електростатики

У дослідів з електростатики доводиться мати справу з незначними кількостями електрики і високими різницями потенціалів. Тому якість дослідів з електростатики значною мірою залежить від стану атмосфери, чистоти повітря в приміщенні, чистоти та сухості приладів, ізолюючих підставок тощо. Ця особливість дослідів з елек-

тростатики вимагає для успішного проведення їх дотримання певних правил:

1. Перед вивченням теми треба ретельно промити у воді з милом і просушити всі ізолятори приладів з електростатики.

2. Прилади з електростатики ні в якому разі не можна брати руками за ізолятори, а тільки за підставки.

3. Прилади з ебонітовими частинами, ебонітові палички зберігають у темному місці або закривають від сонячного світла чохлами, бо ебоніт під дією світла вкривається зеленуватою електропровідною плівкою і втрачає свої ізоляційні властивості. Щоб відновити ці властивості, плівку з ебоніту зчищають дрібним скляним папером, а потім полірують сукном, трохи змочивши його в чистому машинному маслі.

4. Для поліпшення ізоляційних властивостей скляні частини приладів рекомендується покрити шелачним лаком.

5. Класне приміщення перед дослідом мусить бути добре провітрене (навіть тоді, коли на вулиці сира або дощова погода).

6. Безпосередньо перед дослідом прилади треба просушувати в потоці теплого повітря від електроплитки, фена або рефлекторного нагрівника.

Загальний опис приладів

1. Палички для електризації випускаються завдовжки 280 мм з органічного скла, ебоніту та з латуні (на ізольованій ручці). Для електризації цих паличок беруть відповідно: для скла — папір, шовк, шерсть, капронову тканину; для ебоніту — шерсть, хутро, капронову тканину; для латуні — гуму, капронову тканину.

Крім паличок, для утворення зарядів з успіхом використовують скляні трубки, лінійки з органічного скла, пластмаси та ін.

2. Пластинки на ізольованих ручках (рис. 18.1) дають змогу демонструвати одночасне виникнення однакових кількостей позитивних і негативних зарядів при терті двох різноідних тіл. Набір складається з трьох прямокутних пластинок, виготовлених з металу, ебоніту й органічного скла.

3. Машина електрофорна — демонстраційно-допо-

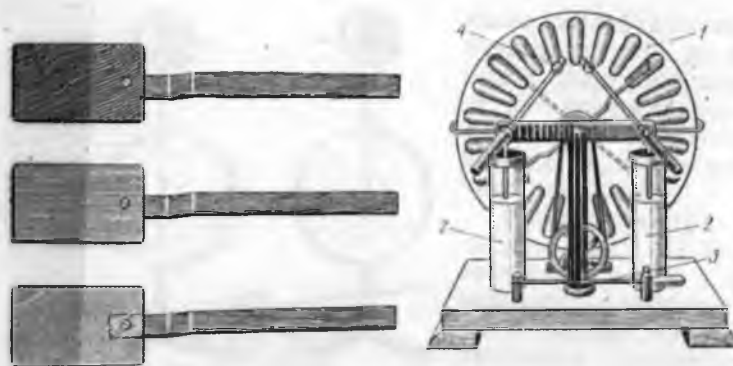


Рис. 18.1

Рис. 18.2

міжний прилад; призначена для утворення значних зарядів і високих різниць потенціалів (рис. 18.2).

Робота машини ґрунтується на явищі електризації тертям і електростатичної індукції. Основними частинами електрофорної машини є: два диски з органічного скла 1, які обертаються у протилежні сторони; дві лейденські банки 2, зовнішні обкладки яких з'єднані між собою стержнем (або пластинкою) 3, а внутрішні з'єднані з окремими кондукторами 4. За допомогою ізольованих ручок можна змінювати відстань між кондукторами.

На зовнішні сторони дисків нанесені алюмінієві сектори, до яких дотикаються щітки, закріплені на стержнях.

Машина в справному стані забезпечує добування іскри не менш як 50 мм¹.

Умовами успішної роботи машини є:

а) Чистота машини.

б) Справність пасової передачі.

в) Правильне розміщення стержнів з щітками. Стержні мають бути розміщені під прямим кутом один до одного, причому стержень з боку ручки потрібно встановити під кутом 45° до горизонту і так, щоб верхня щітка була праворуч від вертикалі.

г) Машина з дисками з органічного скла не потребує просушування і, як правило, швидко збуджується. Проте,

¹ У дослідах з електростатики замість електрофорної машини може бути використаний високовольтний перетворювач типу «Розряд-1» (будову приладу описано в роботі 2).



Рис. 18.3

якщо самозбудження не відбувається, слід до приведених в обертання дисків піднести наелектризовану паличку. Цього, звичайно, буває досить, щоб машина почала працювати.

4. Електрометри з приладдям (рис. 18.3). Комплект складається з двох однакових електрометрів з алюмінієвими майже зрівноваженими стрілками. До електрометрів додаються такі деталі: дві порожнисті кулі; дві конденсаторні пластини; два вістря, які можуть

бути вставлені в спеціальні отвори на кулях; провідник на ізолюваній ручці (розрядник); пробна кулька з ізолюваною ручкою.

Завдання 1. Виконати досліди, пов'язані з формуванням поняття електричного заряду.

Хід роботи

1. Покажіть процес електризації тіл: електризацію діелектриків (органічне скло, звичайне скло, ебоніт) і провідників (латунна паличка).

Як індикатор електризації використайте дрібні клаптики паперу і шматочок вати, підвішений на довгій нитці.

2. Покажіть існування двох видів електричних зарядів і їх взаємодію.

Висновок про існування двох видів електричних зарядів можна зробити, показавши учням, що електричні заряди відштовхуються і притягуються.

Для досліду наелектризовану ебонітову паличку встановлюють на вістря, закріплене на ізолюваному штативі (для цього в паличці, у її середній частині, повинен бути отвір діаметром 1—1,5 мм і глибиною близько $\frac{3}{4}$ діаметра палички). Наближають до неї другу ебонітову паличку, наелектризовану таким самим способом. Спостерігають відштовхування палички на вістрі. Дослід повторюють, використавши палички з органічного скла.



Після цього, встановивши наелектризовані палички з ебоніту і органічного скла на вістрях, закріплених у штативах, переміщують їх назустріч одна одній і помічають взаємне притягання.

Роблять висновок про існування двох видів зарядів і формулюють правило взаємодії їх.

3. Покажіть подільність електричних зарядів.

Заряджають один з електрометрів і з'єднують його розрядником з другим. Звертають увагу, що покази першого електрометра зменшились на кілька поділок, а покази другого на стільки ж поділок зросли. Знявши розрядник, один з електрометрів розряджають. Повторивши дослід 2—3 рази, роблять висновок про подільність електричного заряду і необхідність встановлення його кількісної міри.

4. Покажіть одночасну електризацію різномісними зарядами тіл при терті (Л. 3, с. 24—25).

5. Покажіть розподіл електричного заряду на поверхні провідника.

Сітку Кольбе (рис. 18.4) з'єднують з одним із кондукторів електрофорної машини або високовольтного перетворювача і надають їй заряду.

Досліди проводять у послідовності, показаній на рис. 18.4, а, б, в. Після кожного досліду роблять висновок.

6. Дайте відповіді на запитання:

а) Як заряд з пробної кульки повністю передати електрометру?

б) Як зарядити тіло негативно, маючи позитивно заряджену паличку?

в) Що таке «електричний вітер» і як його продемонструвати?



Рис. 18.4

Завдання II. Продемонструвати досліди, пов'язані з формуванням поняття електричного поля.

Хід роботи

1. Складіть установку, як показано на рис. 18.5. Металеві диски з'єднують з кондукторами високовольтного перетворювача. Увімкнувши живлення перетворювача, спостерігають коливальний рух кулі.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Чому куля прийшла в коливальний рух? Поясніть усі стадії цього руху.

б) Який висновок можна зробити з того, що в проміжку між дисками куля прийшла в прискорений рух?

в) Який висновок можна зробити з того, що прискорення кулі збігається за напрямом

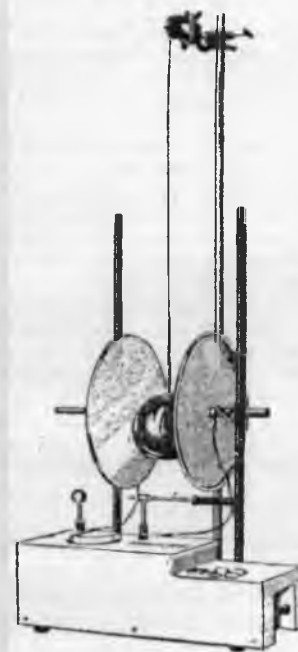


Рис. 18.5

з переміщенням кулі?

г) Як ви розумієте, що поле існує в просторі і часі?

3. Повторіть дослід п. 1, замінивши високовольтний перетворювач електрофорною машиною.

4. Дайте відповіді на запитання:

а) Який, за вашу думку, варіант досліду з високовольтним перетворювачем чи з електрофорною машиною більш методично цінний?

б) Розгляньте всі перетворення енергії, які мають місце в досліді з електрофорною машиною.

5. Покажіть силові лінії електричного поля (Л. 3, с. 33—35).

19. ЗАКОНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Мета: навчитись виконувати навчальний експеримент при вивченні законів Ома, послідовного та паралельного з'єднання провідників.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручники з фізики для 7 і 9 класів.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: електрометр демонстраційний з конденсатором, що входить до його комплекту; випрямляч високовольтний; випрямляч універсальний; автотрансформатор; батарея акумуляторів; провідник на ізолюваній ручці; електрометри з кульовими кондукторами — 2 шт.; електрофорна машина; гальванометр демонстраційний дзеркальний; розрядник на ізолюваній ручці з неоновю лампою; ебонітова та скляна палички; штативи ізолювані — 2 шт.; газорозрядна трубка на підставці; механічна модель електричного кола; підставка ізолювана; два відрізки паперової стрічки довжиною по 80—100 см; пробна кулька на ізолюваній ручці; індикатор з алюмінієвої фольги на дротяному гачку; гальванічний елемент демонстраційний; вольтметр демонстраційний з додатковим опором на 1 В; амперметр демонстраційний з шунтом на 1 А; реостат на 20 Ом; резистор на 9 кОм; вимикач демонстраційний; батарея 3336; три однакових гальванічних елементи або акумулятори; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть відповідний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.
2. Дайте відповіді на запитання:
 - а) Яка природа електричного струму в металах?
 - б) Поясніть закон Ома для однорідної ділянки кола з точки зору класичної електронної теорії?
 - в) Який фізичний зміст понять: електрорушійна сила, напруга і спад напруги?
 - г) Які методи визначення електрорушійної сили та внутрішнього опору джерела струму ви знаєте?

Завдання 1. Продемонструвати досліди, пов'язані з вивченням умов існування струму.

Дослід 1. Вимірювання напруги різних джерел струму за допомогою демонстраційного електрометра (Л. 3, с. 46, дослід 14).

Дослід 2. Умови існування електричного струму в провіднику (Л. 3, с. 48, дослід 15).

Дослід 3. Спад потенціалу вздовж провідника із струмом (Л. 3, с. 51, дослід 16).

Завдання II. Виконати досліди, пов'язані з вивченням поняття про електрорушійну силу та закону Ома для повного кола.

Дослід 1. Електрорушійна сила і внутрішній опір джерела струму. Закон Ома для повного кола (Л. 3, с. 53, дослід 17).

Дослід 2. Залежність напруги на полюсах джерела струму від навантаження. Визначте внутрішній опір джерела (Л. 3, с. 55, дослід 55).

Дослід 3. З'єднання елементів у батареї (Л. 3, с. 57, дослід 19).

Завдання III. Розробити методику лабораторної роботи «Визначення електрорушійної сили та внутрішнього опору джерела струму».

Під час виконання роботи учні повинні дослідити залежність між напругою на зовнішній частині кола і силою струму в колі, побудувати графік такої залежності і вказати, що ми матимемо при продовженні перетину графіка до осей напруг і сил струмів. Виконайте таку роботу для батареї 3336.

Завдання IV. Розробити методику навчального експерименту при вивченні закону Ома для однорідної ділянки кола у 7 класі.

Завдання V. Запропонувати методику демонстраційного експерименту до вивчення законів послідовного і паралельного з'єднання провідників. Виконати досліди і перевірити їх ефективність.

Контрольні запитання

1. Як виникає електричне поле в провіднику?
2. Які аналогії ви можете навести при введенні понять електрорушійної сили, напруги і спаду напруг?
3. Як визначити максимальний розрядний струм гальванічного елемента, акумулятора, батареї?
4. Що таке коефіцієнт корисної дії джерела струму і як його визначити? Запропонуйте експериментальне завдання для учнів на дослідження залежності к.к.д. батареї від сили струму в навантаженні.

20. ЗАЛЕЖНІСТЬ ОПОРУ ПРОВІДНИКІВ ВІД ЇХ РОЗМІРІВ, РЕЧОВИНИ, ТЕМПЕРАТУРИ

Мета: навчитись демонструвати досліди на виявлення залежності опору металевих провідників від різних факторів та проводити лабораторні роботи по визначенню питомого опору провідників і їх температурного коефіцієнта опору.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручники з фізики для 7 і 9 класів.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: демонстраційна дошка з провідниками різного поперечного перерізу та з різних матеріалів; амперметр демонстраційний з шунтами; вольтметр демонстраційний з додатковими опорами; батарея акумуляторів; вимикач демонстраційний; реостат демонстраційний важільний; реостат з ковзним контактом; магазини опорів — демонстраційний та лабораторний; дві маловольтних лампочки на підставках з клемами; реохорд демонстраційний; телеграфний ключ; прилад для демонстрування залежності опору металевих провідників від температури (зручно використати електричну лампу значної потужності, наприклад автомобільну, без скляного балона); спиртівка, свічка або сірники; реостат лабораторний шкільний; лінійка з міліметровими поділками; штангенциркуль; амперметр лабораторний шкільний; прилад для визначення температурного коефіцієнта опору провідників (котушка в пробірці з клемами); термометр; електрична плитка; склянка з водою; авометр шкільний або омметр; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть відповідний матеріал за шкільними та вузівськими підручниками.
2. Дайте відповіді на такі запитання:
 - а) Що називають питомим опором провідника?
 - б) Якими приладами можна скористатися для вимірювання діаметрів провідників, які використовуються у дослідах?
 - в) Що називають температурним коефіцієнтом опору провідників?

Завдання I. Продемонструвати такі досліди:

- 1) Залежність опору провідника від його довжини;
- 2) Залежність опору провідника від його площі поперечного перерізу;
- 3) Залежність опору провідників від роду їх речовини.

Завдання II. Продемонструвати залежність опору металевих провідників від їх температури (Л. 3, с. 65, дослід 23). Запропонуйте свої варіанти дослідів.

Завдання III. Продемонструвати дію і будову реостатів, потенціометрів, магазинів опору (Л. 3, с. 58, дослід 20).

Завдання IV. Показати принцип дії містка Уїтстона (Л. 3, с. 63, дослід 22).

Завдання V. Розробити інструкцію та виконати лабораторну роботу «Визначення питомого опору провідника, з якого виготовлено шкільний лабораторний реостат».

Завдання VI. Розробити інструкцію та виконати лабораторну роботу «Визначення температурного коефіцієнта опору металевго провідника».

Контрольні запитання

1. У чому полягає принцип дії містка Уїтстона?
2. В яких одиницях вимірюється питомий опір?
3. Як можна визначити робочу температуру спіралі електричної лампи?

21. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В ЕЛЕКТРОЛІТАХ І ГАЗАХ

Мета: оволодіти методикою і технікою основних дослідів тем «Електричний струм в електролітах» та «Електричний струм у газах».

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 9 класу.
3. Буров В. А. і др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., «Просвещение». 1972.

Обладнання: набір деталей для дослідів з електролізу (див. загальний опис приладів нижче); склянки з дистильованою водою — 3 шт.; лампа електрична потужністю 15—25 Вт у патроні, закріпленому на підставці з двома універсальними клемами; сіль кухонна, цукор, розчин сірчаної кислоти в пробірці; піпетка; провідник на ізольованій ручці (розрядник); скляна паличка або трубка довжиною 10—15 см і діаметром 5—7 мм; лампа електрична на 100—150 Вт; штатив універсальний; два мідних провідники діаметром 1—1,5 мм; газовий вольтметр Гофмана; шкільний розподільний щит; амперметр демонстраційний; батарея акумуляторів; вимикач; розбірний конденсатор; електрометр; ебонітова і скляна палички для заряджання конденсатора; високовольтний випрямляч «Розряд-1» або електрофорна машина; спиртівка; лампа неона ТН-20; лампа дугова для дослідів з універсальним проєкційним апаратом (регулятор електричної дуги); два провідники діаметром 0,3—0,5 мм для зварювання в полум'ї електричної дуги; реостат на 20 Ом і на силу струму не менш як 10 А; прилад для демонстрування електроіскрової обробки металів; універсальний проєкційний ліхтар (оптична лава); реостат на 200 Ом; батарея конденсаторів БК-58 чи БК-60;

електродна трубка для демонстрування розряду в газі при відлачуванні повітря; вакуум-насос ротаційний або Комовського; гумовий товстостінний шланг для з'єднання насоса з трубою; індуктор високовольтний ІВ-100; випрямляч універсальний ВУП-1 або ВУП-2.

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал, що стосується електропровідності електролітів і газів, за шкільним та вузівським підручниками.

2. Дайте відповіді на такі запитання:

а) Яка природа електропровідності електролітів і газів? Що тут є спільного і чим ці типи електропровідності відрізняються?

б) Які види розрядів у газах ви знаєте? Як вони практично застосовуються?

в) Які практичні застосування електролізу ви знаєте? Які з них можна досить просто продемонструвати на уроках?

г) Чи можна застосовувати закон Ома до проходження струму через електроліти і гази? Накресліть графіки залежності сили струму в електролітах і газах від прикладеної напруги. Поясніть особливості цих графіків.

Загальний опис приладів

Для проведення демонстраційних дослідів і лабораторних робіт використовують набір деталей з електролізу. До цього набору входить кришка-тримач для електродів. Він виготовлений у вигляді круглої кришки з пластмаси, розміри якої відповідають розмірам стандартної скляної банки на 0,5 л. Кришка має дві клеми-тримачі, за допомогою яких кріпляться різні електроди і приєднуються останні до електричних кіл. У дослідях потрібно мати два мідних електроди (пластинки розмірами 50×110 мм, до яких припаяні стержні з провідника для закріплення в кришці), два вугільних електроди діаметром 20 мм і довжиною 110 мм, два алюмінієвих електроди (провідники відповідної довжини) та один цинковий електрод, що має такі самі розміри, як і мідні електроди.

Для демонстрування електричної дуги та дослідів з нею використовують прилад «Дугова лампа» (регулятор електричної дуги), який випускається Головучтехпромом. Кожух приладу має два вікна, одне з яких закрито темним склом і призначене для візуального спостереження

за полум'ям дуги. З протилежного боку кожуха є вікно, через яке в дугу можна вводити різні речовини, наприклад два скручених провідники для зварювання їх.

Дугову лампу вставляють у рейтер оптичної лави або в муфту будь-якого штатива. У приладі є два ходових гвинти з конічними шестернями, зв'язаними з тримачами для вугільних стержнів. Вугільні стержні для дуги мають діаметр 5—10 мм і довжину 125 мм. Стержні вставляють у пружинні тримачі під кутом 90° один до одного.

При підготовці лампи до роботи відповідно до заводської інструкції потрібно:

1. Перевірити справність дії регулювального механізму.

2. Вставити вугільні стержні. Між їх кінцями має бути відстань 5—6 мм. Кінці стержнів повинні бути зачищеними.

3. Закріпити провідники, що йдуть до джерела живлення дуги.

4. Обертаючи за годинниковою стрілкою ручку ходового гвинта, доведіть кінці вугільних стержнів до зіткнення і відразу повільно відводьте їх один від одного. При цьому між стержнями виникне дуга. Відстань між стержнями підберіть таку, щоб дуга горіла найбільш спокійно.

Дугу можна живити як постійним, так і змінним струмом. Для цього найзручніше користуватися шкільним розподільним щитом. Під час дослідів встановіть напругу близько 50 В. При цьому послідовно з дуговою лампою обов'язково треба вмикати реостат, розрахований на силу струму більш як 5 А. Дуга повинна живитися струмом силою 5—6 А.

За свіченням дуги можна спостерігати лише через вікно з темним склом, оскільки промені дуги дуже шкідливі для очей. Це слід мати на увазі і при демонструванні дослідів з дугою на уроках. Слід також пам'ятати, що кожух дуги при горінні її сильно нагрівається, що також може бути причиною опіків при необережному поводженні з приладом.

Завдання I. Порівняйте електропровідності води і розчинів солі й кислоти (Л. 3, с. 204, дослід 73).

Завдання II. Показати виникнення електропровідності скла при нагріванні його (Л. 3, с. 207, дослід 76).

Завдання III. Виконати досліди з електролізу підкисленої води (Л. 3, с. 208, дослід 77).

доповідання IV. Продемонструвати електроліз мідного купоросу (Л. 3, с. 209, дослід 78).

Завдання V. Скласти інструкцію до лабораторної роботи для учнів 9 класу «Визначення електрохімічного еквівалента міді». Виконати роботу і оцінити оптимальний режим електролізу в ній.

Завдання VI. Продемонструвати іонізацію газів (Л. 3, с. 214, дослід 82).

Завдання VII. Продемонструвати несамостійну провідність повітря (Л. 3, с. 216, дослід 83).

Завдання VIII. Показати електричну дугу та застосування її для зварювання металів (Л. 3, с. 221, дослід 86).

Завдання IX. Показати іскровий розряд та застосування його для обробки металів (Л. 3, с. 224, дослід 87).

Завдання X. Продемонструвати проходження електричного струму через повітря при поступовому розрідженні його (Л. 3, с. 226, дослід 88).

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється явище дисоціації молекул в електролітах від іонізації газових молекул?
2. Як залежить опір електролітів від температури? Чим така залежність пояснюється?
3. Що таке плазма? Які застосування плазми ви знаєте?
4. Яка будова і принцип дії ламп денного світла?
5. Як продемонструвати тліючий розряд в люмінесцентній лампі?

22. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У ВАКУУМІ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення дослідів при вивченні електричного струму у вакуумі.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 9 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: діод електровакуумний демонстраційний; триод електровакуумний демонстраційний; батарея акумуляторів на 6 В; реостат на 10 Ом 2 А; електрометр; вимикач; провідник з ізоляційною ручкою (розрядник); палички ебонітова і скляна для електризації; випрямляч універсальний ВУП-1 або ВУП-2; гальванометр-

амперметр демонстраційний; гальванометр-вольтметр демонстраційний із саморобними додатковими опорами на 33 кОм; резистор 82 кОм; резистор на 20—40 кОм; динамічний гучномовець демонстраційний; програвач з грампластинкою; кондуктор кульовий на ізолюваній підставці; трансформатор універсальний і дросельна котушка до нього; проєкційний ліхтар; з'єднувальні провідники; трубка електронно-променева демонстраційна.

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал, що стосується електричного струму у вакуумі, за шкільним підручником та за конспектом і підручником з курсу загальної фізики.

2. Дайте відповіді на такі запитання:

а) Які досліді передбачені програмами для середньої школи як обов'язкові при вивченні електричного струму у вакуумі?

б) Які умови потрібні для проходження струму у вакуумі?

в) Чи справджується закон Ома для ділянки кола катод — анод електровакуумного діода?

г) Як пов'язаний струм насичення із струмом розжарення катода і як цю залежність можна пояснити?

Загальний опис приладів

Тріод (рис. 22.1, а) і діод (рис. 22.1, б) використовують як демонстраційні прилади при вивченні електричного струму у вакуумі та його практичних застосувань. Тріод складається з катода 4 (рис. 22.1, а), анода 2 і сітки 3, вміщених у скляний прозорий балон, у якому утворено досить високий вакуум (повітря відкачують до тиску близько 10^{-3} Па). Катод прямого розжарювання виготовлений у вигляді спіралі з вольфрамового дроту, яку кріплять на двох молібденових траверсах. Виводи від катода приєднані до клем 8, встановлених на цоколі 7 тріода. За

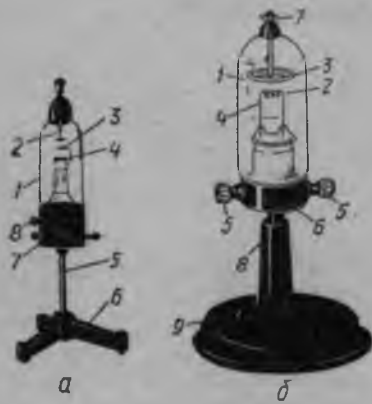


Рис. 22.1

допомогою стержня 5 тріод вставляють у підставку 6 або в рейтер проєкційного апарата.

Демонстраційний діод має також скляний балон 1 (рис. 22.1, б) діаметром 45 і висотою 90 мм, в якому містяться катод 2 та анод 3. Вакуум у балоні діода — порядку 10^{-4} Па. Катод прямого розжарювання закріплений на траверсах, приєднаний до клем 5, що встановлені на цоколі 6 діода.

Напруга розжарювання катодів приладів (номінальна) 6,3 В при силі струму близько 3 А (відповідно до цього слід підбирати джерело розжарювання постійного чи змінного струму). Напруга в анодному колі становить не більш як 250 В, сила струму — не менш як 0,5 мА (при виборі анодного джерела живлення останнє повинно бути розраховане на силу струму не менш як 10 мА). Запірна негативна напруга на сітці тріода становить не більш як 50 В.

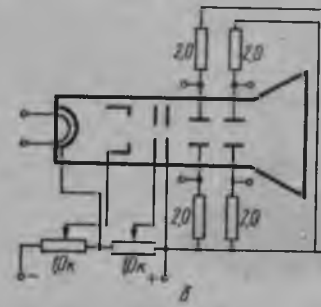
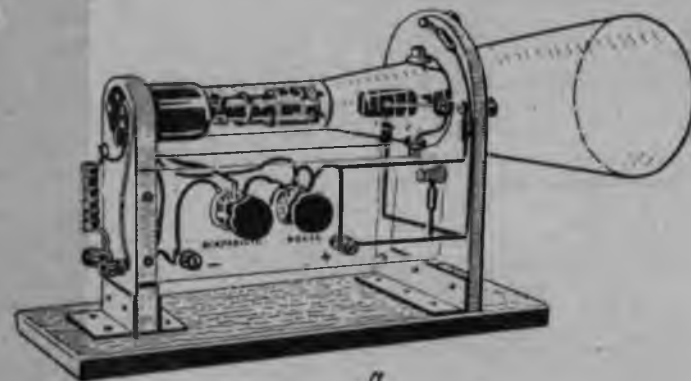


Рис. 22.2

Для демонстрування важливих властивостей електронних пучків зручно користуватися трубкою електронно-променевою демонстраційною, зовнішній вигляд і схему якої показано на рис. 22.2. Прилад дає можливість утворити і сфокусувати пучок електронів, показати принципи керування пучком за допомогою електричного та магнітного полів, прямолінійність поширення пучка і збудження за його допомогою люмінофорів. З трубкою можна також продемонструвати осцилограми змінного струму.

Основною частиною приладу є електронно-променева трубка типу ЛО709А, змонтована на підставці. Через скляний балон трубки добре видно горизонтальні та вертикальні відхиляючі пластини, а також катод з іншими пристосуваннями для утворення електронного пучка. Для розжарювання катода приладу потрібна напруга 2,5 В, тому при живленні кола розжарювання від напруги 6,3 В у коло розжарювання потрібно включати додатковий опір. Для утворення електронного пучка треба мати постійну напругу близько 400 В. Щоб можна було зміщувати промінь у середню частину екрана, на горловину трубки надіто намагнічену сталюну дрозину у вигляді кільця.

Завдання I. Виконати досліди з діодом демонстраційним.

Хід роботи

Дослід 1. Продемонструвати явище термоелектронної емісії (Л. 3, с. 120, дослід 44).

Дослід 2. Показати односторонню провідність діода (Л. 3, с. 124, дослід 45).

Дослід 3. Зняти вольт-амперну характеристику діода (Л. 3, с. 126, дослід 46).

Дослід 4. Показати, що вакуумний діод можна використати для випрямлення змінного струму (Л. 3, с. 128, дослід 47).

Завдання II. Виконати досліди з тріодом електровакuumним демонстраційним.

Хід роботи

Дослід 1. Показати дію сітки в трьохелектродній електронній лампі (Л. 3, с. 130, дослід 48).

Дослід 2. Продемонструвати підсилювальну дію тріода (Л. 3, с. 133, дослід 49).

Завдання III. Продемонструвати досліди з електронно-променевою демонстраційною трубкою.

Хід роботи

Дослід 1. Показати будову і принцип дії електронно-променевої трубки з електростатичним відхиленням (Л. 3, с. 140, дослід 51).

Дослід 2. Продемонструвати можливості керування електронним променем за допомогою магнітного поля (Л. 3, с. 143, дослід 52).

Завдання IV. Виконати досліди з подвійним тріодом 6Н7С на демонстраційній панелі, що входить до набору приймально-підсилювальних радіоприладів.

Хід роботи

Дослід 1. Явище термоелектронної емісії. Одностороння провідність діода.

Накресліть схему електричного кола, до складу якого входить вакуумний діод (тріод типу 6Н7С на демонстраційній панелі, у якого потрібно з'єднати між собою клемми, до яких приєднані анод і керуюча сітка), джерело розжарювання катода лампи (6,3 В постійного або змінного струму), джерело анодної напруги (батарея для кишенькового ліхтарика 3336), гальванометр-амперметр демонстраційний без шунта, реостат шкільний лабораторний для регулювання сили струму розжарювання катода.

Покажіть, що струм в анодному колі існує тільки при розжарюванні катода і що сила анодного струму залежить від сили струму в колі розжарювання.

За допомогою дослідів створіть умови для того, щоб учні могли самостійно зробити висновок про знак заряду носіїв у проміжку катод-анод.

Дослід 2. Продемонструйте принцип дії термоемісійного перетворювача теплової енергії в електричну.

У схемі попереднього дослідів видаліть джерело анодної напруги й увімкніть розжарення катода. Коли останній розігріється, в анодному колі спостерігатимемо певної сили струм, тобто відбувається безпосереднє перетво-

рення теплової енергії в енергію електричного струму. Це явище, яке дістало назву ефекту Едісона, знайшло застосування в так званих термоємійних перетворювачах, які є досить ефективними джерелами постійного струму для автономних установок. Джерела тепла можуть бути найрізноманітніші: від спалювання малоцінних сортів палива — до тепла, яке виділяється в ході ядерних реакцій.

Дослід 3. Утворення незатухаючих електромагнітних коливань з використанням вакуумного триода (Л. 3, с. 136, дослід 50).

Контрольні запитання

1. Які загальні умови існування електричного струму? Як ці умови реалізуються при проходженні електричного струму у вакуумі?
2. Які властивості електронних пучків ви знаєте? Які з цих властивостей можна продемонструвати на уроках фізики?
3. Як працюють установки для електронно-променевого зварювання металів? В яких галузях таке зварювання має перспективи?
4. Які переваги термоємійних перетворювачів над іншими автономними джерелами постійного струму?

23. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У НАПІВПРОВІДНИКАХ

Мета: ознайомитись з набором напівпровідникових приладів та методикою і технікою проведення навчального експерименту при вивченні властивостей та застосувань напівпровідників.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 9 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: набір напівпровідникових приладів; гальванометр-амперметр демонстраційний — 2 шт.; гальванометр-вольтметр демонстраційний; батарея 3336 і батарея акумуляторів; реле поляризоване на підставці РП-5 (випускається Головучтехпромом під назвою «Радіореле»); вимикач демонстраційний; реостат на 300 Ом і більше; реостат на 10 Ом і більше; електрична лампа в патроні на підставці з клемми потужністю до 100 Вт; паяльник електричний невеликої потужності; реостат на 3 кОм і більше; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал, що стосується електричних властивостей напівпровідників і їх застосувань, який вивчається у школі та в курсі загальної фізики. Докладно ознайомтесь з літературою, вказаною в цій інструкції, до кожного досліду.

2. Дайте відповіді на такі запитання:

- а) Яке означення напівпровідників ви можете дати?
- б) Які найхарактерніші властивості мають напівпровідникові речовини?
- в) Що таке власна і домішкова провідність напівпровідників?
- г) Що таке $p-n$ -перехід та які методи його одержання ви знаєте? Які основні властивості має $p-n$ -перехід?

Загальний опис приладів

Для демонстрування властивостей напівпровідників та напівпровідникових приладів Головучтехпром випускає набір, показаний на рис. 23.1, до складу якого входять термістор 1 типу ММТ-4, фоторезистор 2 типу ФСК-1, термоелемент 3, фотоелемент селеновий 4 типу СФ-10, два діоди площинні 5 типу Д7 або інші аналогічні, транзистор 6.

Кожний напівпровідниковий прилад змонтований на окремій металевій панелі розміром 100×150 мм і з'єднаний за допомогою монтажних провідників з універсальними клемми, встановленими на панелях. Діоди і тран-

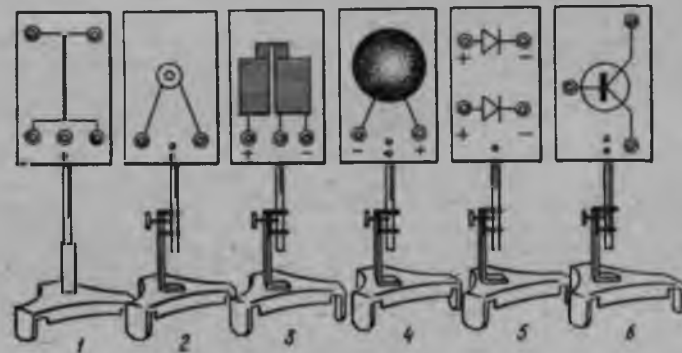


Рис. 23.1

зистор змонтовані на панелях, що мають рисунки з схематичними зображеннями цих приладів.

Термістор має холодний опір (опір при температурі $+20^{\circ}\text{C}$) $10\text{--}12\text{ кОм}$; температурний коефіцієнт опору — від $-2,4$ до $-3,4\%$ на градус; інтервал робочих температур — від -70 до $+120^{\circ}\text{C}$; максимально допустима потужність розсіювання $0,4\text{ Вт}$; стала часу в повітрі 115 с екунд.

Термістор змонтований на панелі, яка складається з двох частин. Верхня частина кріпиться до нижньої за допомогою гвинта, і на ній закріплено спіраль для нагрівання термістора електричним струмом, опір якої 4 Ом . Між середньою і правою клемми увімкнено резистор опором $1,3\text{ кОм}$ для обмеження струму через терморезистор. Якщо немає набору напівпровідникових приладів, для демонстрування дослідів можна використати практично термістор будь-якого типу, виготовивши відповідну підставку для його кріплення.

Фоторезистор має світлочутливий шар товщиною близько одного мікрметра з сірчистого кадмію. Його темновий опір становить більш як 10^7 Ом , а питома чутливість $3000\text{ мкА/лм}\cdot\text{В}$. Максимальна робоча напруга 400 В .

Термоелемент демонстраційний складається з двох термоелементів, один з яких виготовлено з напівпровідникової речовини з електронною провідністю, а інший — з речовини з дірковою провідністю. Напівпровідник з електронною провідністю є сплавом вісмуту, телуру і селену, а напівпровідник з дірковою провідністю — це сплав вісмуту, телуру і сурми.

Напівпровідникові елементи зверху припаяні до пластинки, яку при виконанні дослідів можна нагрівати паяльником. Внизу до напівпровідникових елементів припаяні металеві радіатори, які відводять тепло від елементів у повітря. Так підтримується різниця температур на кінцях напівпровідникових речовин, яка потрібна для утворення термоелектрорушійної сили.

Діоди використовують для демонстрування односторонньої провідності $p\text{--}n$ -переходу та для показу застосування цього явища у випрямлячах.

Транзистор, що входить до набору, дає можливість показати підсилення електричного сигналу цим важливим приладом, утворення та використання незатухаючих електромагнітних коливань тощо. Якщо немає набору напівпровідникових приладів, то діоди, транзистор можна

самостійно закріпити на відповідних панелях і з успіхом використовувати в навчальному експерименті.

У наборі використано селеновий фотоелемент з активною площею $12,3\text{ см}^2$. Якщо фотоелемента немає, то для демонстрування появи фотоелектрорушійної сили можна використати будь-який діод, в якому є можливість освітлювати $p\text{--}n$ -перехід. Наприклад, у діода Д7 напильником можна зробити отвір і освітити перехід. При зовнішньому навантаженні 500 Ом чутливість фотоелемента становить близько 500 мкА/лм . У холостому режимі електрорушійна сила фотоелемента СФ-10 дорівнює 250 мВ . При температурі понад $+50^{\circ}\text{C}$ фотоелемент не працює. Зовнішня напруга, яку можна прикладати до фотоелемента, не повинна перевищувати $0,2\text{ В}$, що потрібно пам'ятати при виконанні дослідів з ним.

З а в д а н н я І. Продемонструвати залежність опору напівпровідникової речовини від температури.

Хід роботи

Для демонстрування залежності опору напівпровідникової речовини від температури складіть електричне коло з послідовно з'єднаних термістора, демонстраційного гальванометра-амперметра та батареї 3336. Якщо при цьому стрілка гальванометра зашкалює, то установку слід скласти за схемою, показаною на рис. 23.2, у якій використано реостат як подільник напруги. Реостат може мати опір 20 Ом і більше. При використанні такої схеми в досліді можна брати термістор з будь-яким значенням холодного опору. Підігріваючи термістор над полум'ям сірника або спиртівки, можна спостерігати зростання сили струму в колі, що свідчить про зменшення опору напівпровідникової речовини при нагріванні її. На цьому опис дослідів можна було б і закінчити. Але ми спинимось на деяких моментах методики проведення демонстраційних дослідів на уроках.

Найбільший ефект дають ті дослідів, з яких учні самостійно можуть зробити ті чи інші висновки, звичайно, під керівництвом учителя. На жаль, так буває не завжди. У багатьох

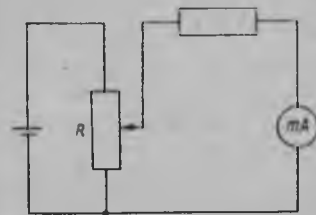


Рис. 23.2

випадках досліди на уроках є тільки демонструванням ілюстрацій до повідомленого вчителем матеріалу. Наведено фрагмент уроку, на якому дослід примушує учнів міркувати над матеріалом, порівнювати, робити висновки.

Потрібно ознайомити учнів з температурною залежністю опору напівпровідникових матеріалів. Спочатку учні повинні відповісти на запитання, як залежить від температури опір металевих провідників і чим така залежність зумовлена. А яка ж залежність опору напівпровідників від температури? Щоб дістати відповідь на це запитання, виконаємо дослід. З дослідів учні повинні самостійно зробити висновок: при нагріванні опір напівпровідникових речовин зменшується, на відміну від металевих провідників, тобто напівпровідники мають від'ємний температурний коефіцієнт опору.

Після цього можна сказати, що така залежність характерна для всіх напівпровідникових речовин принаймні у певному діапазоні температур. Таку залежність вперше спостерігав М. Фарадей при дослідженні властивостей сріблястого срібла ще в 1833 р.

Далі треба запитати учнів, де можна застосувати таку властивість напівпровідників. Учні за аналогією із залежністю опору металевих провідників від температури скажуть, що показану в досліді установку можна використати для вимірювання температур, якщо відповідно проградувати шкалу гальванометра. А проаналізувавши таку відповідь, перед учнями слід поставити запитання, чим відрізнятимуться шкали електричних термометрів з використанням напівпровідникового і металевого терморезисторів? Вони повинні сказати, що такі термометри матимуть обернені шкали і, можливо, різну чутливість, оскільки опір напівпровідників залежить від температури значно сильніше, ніж опір металевих провідників.

Частина учнів вказує на можливість застосування такої установки для автоматичного регулювання температури, якщо замість гальванометра в електричне коло ввести електромагнітне реле. Отже, у цьому фрагменті вивчення матеріалу забезпечена необхідна активність учнів при постановці демонстраційного експерименту, що є найбільш важливим у вдосконаленні сучасного навчального процесу.

Демонструючи перший дослід, пов'язаний з властивос-

тями напівпровідників, варто провести ще такий експеримент. Учні в 9 класі вже мають певні уявлення про напівпровідники та їх застосування, хоч тема ще й не вивчалась. Тому на самому початку слід запитати учнів, що вони розуміють під терміном напівпровідники. Як показує досвід, переважна більшість учнів вважають, що напівпровідники мають односторонню провідність. Це цілком природно, бо учні в різних джерелах зустрічались з розповідями про напівпровідникові прилади, зокрема діоди, які саме таку властивість і мають. Тому доцільно увімкнути в розглянутому вище колі термістор і запропонувати учням відмітити покази гальванометра при цьому. Тепер змініть на протилежне вмикання термістора в електричне коло. Сила струму встановиться такою ж. Це свідчить про те, що напівпровідникові речовини односторонньої провідності не мають. Таку властивість мають тільки прилади з $p-n$ -переходами, про що учні дізнаються пізніше.

При виконанні дослідів на уроках, коли це можливо, треба подбати про те, щоб досліди не були простими ілюстраціями, а давали можливість учням максимально можливу кількість висновків зробити самостійно. Тільки така методика підніматиме на вищий рівень самостійність учнів у пізнанні явищ навколишнього середовища, привчатиме їх до самостійного дослідження природи, до встановлення тих або інших закономірностей.

Завдання II. Продемонструвати дію та можливість застосування автоматичного сигналізатора і регулятора температури (Л. 3, с. 161, дослід 57).

Завдання III. Виконати досліди з фоторезистором.

Дослід 1. Залежність опору напівпровідників від освітленості (Л. 3, с. 166, дослід 59).

Дослід 2. Дія простого фотореле (Л. 3, с. 168, дослід 60).

Дослід 3. Автоматичне рахування і сортування деталей за допомогою фотореле (Л. 3, с. 171, дослід 61).

Завдання IV. Виконати демонстраційні досліди з термоелементом.

Дослід 1. Електронна і діркова провідність напівпровідників (Л. 3, с. 174, дослід 62).

Дослід 2. Дія напівпровідникового термоелемента (Л. 3, с. 182, дослід 65).

Завдання V. Продемонструвати досліди з напівпровідниковими діодами (Л. 3, с. 17, дослід 63).

Завдання VI. Продемонструвати процес виникнення фотоелектрорушійної сили при освітленні фотоелемента ($p-n$ -переходу) (Л. 3, с. 187, дослід 67, наявність $p-n$ -переходу у вентильному фотоелементі не демонструвати).

Завдання VII. Виконати досліди з транзистором.
Дослід 1. Наявність двох $p-n$ -переходів у транзисторі (Л. 3, с. 190, дослід 68).

Дослід 2. Підсилення постійного струму за допомогою транзистора (Л. 3, с. 193, дослід 69).

Завдання VIII. Скласти інструкцію для учнів до лабораторної роботи «Знімання температурної характеристики термістора та визначення середнього значення його температурного коефіцієнта опору».

Завдання IX. Підготувати інструкцію до лабораторної роботи «Знімання вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода».

Контрольні запитання

1. Які електричні термометри ви знаєте? Які з них можна виготовити і використати в умовах школи? Чи можна як датчик температури використати напівпровідниковий діод?

2. Як використати залежність опору напівпровідників від освітленості при вивченні оптичних явищ, наприклад, для порівняння сили світла двох джерел?

3. Які застосування напівпровідникових фотоелементів ви знаєте?

4. Відомо, що опір напівпровідникових речовин залежить від напруженості поля в них. Це явище використовують у напівпровідникових приладах, які називаються варисторами. Як продемонструвати таку властивість з використанням варистора?

5. Які застосування транзисторів ви знаєте? Які прості прилади на транзисторах під час позакласних занять з фізики в школі ви зможете виготовити?

6. Як залежить ємність $p-n$ -переходу від напруги? Де цю залежність використовують у техніці?

24. МАГНІТНЕ ПОЛЕ. МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИНИ

Мета: оволодіти методикою і технікою шкільного фізичного експерименту, що ставиться при вивченні електромагнетизму та магнетизму речовини.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручники з фізики для 7 і 9 класів.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: прилад для демонстрування магнітного поля колового струму; моделі для демонстрування спектрів магнітного поля струму; моделі для демонстрування спектрів магнітного поля струму; магніти смугові; магніт підковоподібний; штатив універсальний; батарея акумуляторів; стрічки з фольги або довгі багатожильні еластичні провідники — 2 шт.; трансформатор універсальний; набір стерженьків з діа- і парамагнітних речовин; модель будови феромагнетика; підсилювач коливань звукової частоти; динамічний гучномовець; осцилограф електронний; реостат на 8—10 Ом 2 А; конденсатор ємністю 0,25—0,5 мкФ і послідовно з'єднаний з ним резистор опором 0,5—1,0 МОм, що закріплені на панелі з діелектрика з трьома універсальними клемами; електромагніт розбірний; стальна лінійка довжиною 300 мм; штатив ізольований з двома контактами; лампа електрична в патроні на підставці з двома клемами — 2 шт.; вимикач; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Повторіть за шкільними підручниками для 7 і 9 класів питання, що стосуються магнетизму речовини та електромагнетизму. Відновіть у пам'яті аналогічні питання з курсу загальної фізики.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Яка природа діа-, пара- і феромагнетизму?

б) Від чого і як залежить магнітна проникність феромагнетиків?

в) Від чого і як залежить індукція магнітного поля прямого і колового струму, соленоїда?

Загальний опис приладів

Модель будови феромагнетика використовують для пояснення процесу утворення доменів у феромагнетиках і їх переорієнтації при намагнічуванні. Прилад (рис. 24.1) складається з рамки з дном, виготовленим з органічного скла. На дні встановлено 20 вістер, розмішених у 4 ряди на відстані близько 15 мм одне від одного. На кожне вістря насаджений намагнічений циліндрик з одним заокругленим кінцем. Зверху рамка

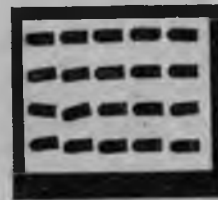


Рис. 24.1

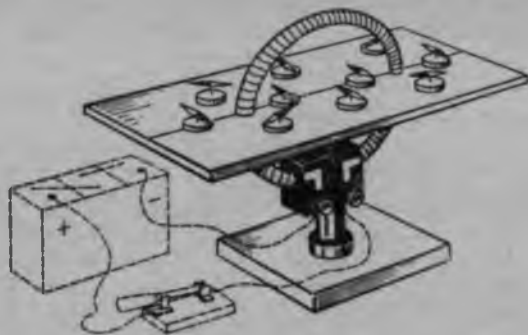


Рис. 24.2

закрита склом. Прилад пристосований для горизонтальної проекції за допомогою універсального проекційного ліхтаря. У модернізованому варіанті сталеві циліндрики замінені на магнітні стрілки.

Прилад для демонстрування магнітного поля колового струму (рис. 24.2) дає змогу показувати спектр магнітного поля за допомогою залізних ошукрок, а також магнітних стрілок. Прилад може бути використаний і для демонстрування інших дослідів — явища електромагнітної індукції тощо. Обмотка приладу має близько 160 витків дроту діаметром 0,7 мм. Опір обмотки — близько 3 Ом, обмотка розрахована на силу струму до 1,5 А. До приладу додається столик з пластмаси, що складається з двох половинок, які кріпляться на витку. Принцип демонстрування дослідів з приладом зрозумілий з рисунка.

Моделі для демонстрування спектрів магнітних полів (рис. 24.3) призначені для використання разом з універсальним проекційним ліхтарем, що дає можливість показувати їх у горизонтальній проекції. До набору входять три моделі, виготовлені у вигляді столиків з орга-



Рис. 24.3

нічного скла. На столиках закріплено кілька витків, за допомогою яких можна показати спектр магнітного поля прямого і колового струму та струму соленоїда. Такі моделі можна виготовити самостійно.

Набір стерженьків з діа-, пара- і феромагнітних речовин використовують для демонстрування поведінки різних речовин у магнітному полі. Діаметр стерженьків 3 мм, довжина 15 мм. До кожного стерженька приклеєна нитка довжиною 30 см. Другий кінець нитки прикріплений до стержня, встановленого в отвір корка, який зручно закріплювати в лапці штатива.

При демонструванні дослідів той чи інший зразок вставляють у лапку штатива і вміщують між конічними наконечниками універсального трансформатора, до якого подають постійний струм. Стерженьки проєктують на екран за допомогою універсального ліхтаря.

Завдання I. Продемонструвати спектри магнітного поля струмів.

Дослід 1. Магнітне поле колового струму продемонструйте за допомогою приладу, показаного на рис. 24.2, і магнітних стрілок, а також з використанням залізних ошукрок.

Дослід 2. Покажіть магнітні спектри полів струму в проекції на екран (Л. 3, с. 69, дослід 25).

Завдання II. Показати взаємодію двох паралельних струмів (Л. 3, с. 76, дослід 28).

Завдання III. Продемонструвати магнітні властивості різних речовин (Л. 3, с. 85, дослід 30).

Завдання IV. Вивчити властивості феромагнетиків.

Дослід 1. Доменна структура феромагнетиків (Л. 3, с. 90, дослід 33).

Дослід 2. Стрибокподібне намагнічування феромагнетиків (Л. 3, с. 91, дослід 34).

Закріпіть у лапці штатива прямий чи підковоподібний магніт і до одного з його кінців піднесіть кілька сталевих гайок або болтиків та кілька феромагнітних кілець, які досить широко використовують в сучасній електроніці. Усі ці тіла намагнітяться в магнітному полі постійного магніту і притягнуться до нього. Тепер піднесіть до цих тіл полум'я свічки або спиртівки. При нагріванні до певної температури феритові кільця почнуть відпадати від магніту, а сталеві деталі продовжуватимуть висіти біля нього. Поясніть таку поведінку різних феромагнетиків.

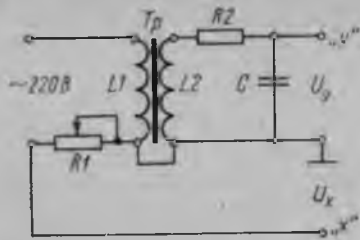


Рис. 24.4

Завдання V. Продемонструвати петлю гістерезису за допомогою електронного осцилографа.

Хід роботи

Складіть електричне коло за схемою, показаною на рис. 24.4. Зовнішній вигляд установки показано на рис.

24.5. При використанні в установці шкільного електронного осцилографа типу ОЕШ-61 відстань від трансформатора до осцилографа повинна становити не менш як 0,75—1,0 м, оскільки останній не захищений від дії зовнішніх магнітних полів.

Змінна напруга подається до обмотки $L1$ (нижня і верхня клеми котушки на 220/120 В універсального трансформатора) через реостат.

При живленні установки змінним синусоїдальним струмом за один період відбуваються всі процеси, необхідні для спостереження петлі гістерезису: намагнічування осердя трансформатора до насичення, розмагнічування, намагнічування струмом протилежного напрямку і знову розмагнічування. На екрані можна спостерігати залежність індукції магнітного поля B в осерді від індукції намагнічувального поля B_0 котушки $L1$. На пластини горизонтального відхилення подають напругу U_x , пропорційну намагнічувальному струму в котушці $L1$, що знімається з реостата $R1$, за допомогою якого можна

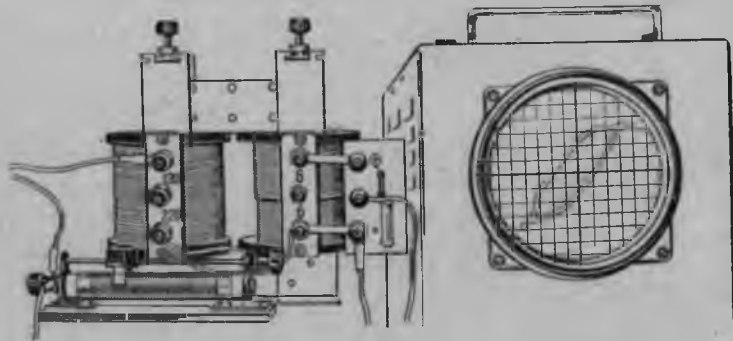


Рис. 24.5

досягти насичення осердя. На пластини вертикального відхилення подається напруга, пропорційна індукції поля в осерді. Магнітна індукція B_0 , яка утворюється струмом, пропорційна силі струму I_1 . Маючи на увазі, що $U_x = I_1 R_1$, можна стверджувати, що $U_x \sim B_0$.

Покажемо, що напруга U_y пропорційна B . У вторинній обмотці $L2$ виникає електрорушійна сила індукції, яка залежить від швидкості зміни індукції поля в осерді:

$$E = -k \frac{\Delta B}{\Delta t},$$

де коефіцієнт k залежить від параметрів трансформатора. Спад напруги на конденсаторі

$$U_c = U_y = \frac{q}{C} = \frac{I_2 \Delta t}{C},$$

де q — заряд конденсатора, C — його ємність.

Повний опір вторинного кола $Z = \sqrt{R_2^2 + (X_{L2} - X_C)^2}$.

Але в досліді опір резистора $R2$ значно більший від реактивного опору $X_{L2} - X_C$, тому останнім можна знехтувати. Отже, $Z = R_2$ і можна вважати, що $I_2 = \frac{E}{R_2}$. Підставимо значення I_2 і E у формулу для U_y :

$$U_y = - \frac{k \Delta B \Delta t}{C R_2 \Delta t} = - \frac{k}{C R_2} \Delta B.$$

Оскільки магнітна індукція змінюється від 0 до B , то $\Delta B = B$ і $U_y = \frac{k}{C R_2} B$, тобто $U_y \sim B$.

Завдання VI. Продемонструвати будову і принцип дії електромагнітного реле (Л. 3, с. 109, дослід 42).

Контрольні запитання

1. Як можна продемонструвати вплив феромагнітного осердя на магнітне поле соленоїда?
2. За допомогою яких правил визначають напрям індукції магнітного поля прямого провідника із струмом і соленоїда?
3. Як продемонструвати на уроці загальновідомий дослід Ерстеда?
4. Які датчики індукції магнітного поля ви знаєте? Які з них можна використати в шкільній практиці?

25. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ. САМОІНДУКЦІЯ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення основних дослідів при вивченні явищ електромагнітної індукції та самоіндукції.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 9 класу.
3. Буров В. А. і др. Демонстраційний експеримент по фізиці, т. 2. Просвещение, М., 1972 (с. 231—246).

Обладнання: гальванометр демонстраційний від амперметра; магніт підковоподібний; магніт прямолінійний; реостат на 30 Ом; вимикач; батарея акумуляторів; трансформатор універсальний; прилад для демонстрування правила Ленца; дві лампочки на 3,5 В на підставках; лампа неонева СН-1 або СН-2 на підставці; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 9 класу. З'ясуйте місце вивчення явищ електромагнітної індукції та самоіндукції, а також проведення яких дослідів рекомендує програма.
2. Прочитайте розділ «Електромагнітна індукція» в підручнику з фізики для 9 класу.
3. Продумайте відповіді на запитання:
 - а) Які досліди передбачені програмою при вивченні явищ електромагнітної індукції та самоіндукції?
 - б) Які досліди до розділу «Електромагнітна індукція» описано в посібнику Л. 3?
 - в) Що головне, на вашу думку, в явищі електромагнітної індукції?

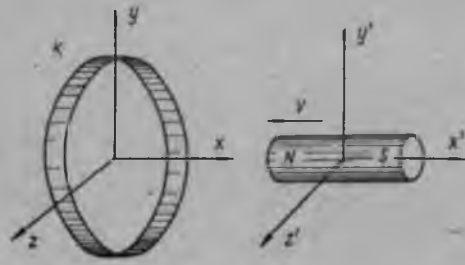


Рис. 25.1

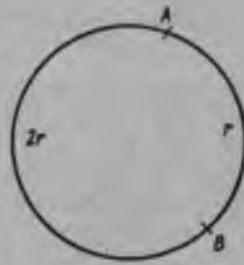


Рис. 25.2

г) На рис. 25.1 зображено замкнутий електропровідний контур K і магніт, який рухається в напрямі до контура.

Поясніть, як виникає струм у контурі з точки зору спостерігача, що перебуває: а) у системі відліку, пов'язаній з контуром; б) у системі відліку, пов'язаній з магнітом.

д) По кільцевому провіднику (рис. 25.2) проходить індукційний струм. Нехай опір меншої частини кільця між точками A і B дорівнює r , а більшої — $2r$. За законом Ома сила струму в розглядуваний момент часу в меншій частині кільця $I = \frac{U_{AB}}{r}$, а в більшій — $I = \frac{U_{BA}}{2r}$.

Враховуючи, що $U_{AB} = -U_{BA}$, дістанемо $I = -2I$!

Знайдіть помилку в постановці питання або в міркуваннях.

Завдання I. Показати явище електромагнітної індукції.

Хід роботи

1. Покажіть дослід 90 (Л. 3, с. 231—233, п. 1—3).
2. Дайте відповіді на запитання:
 - а) Яку роль у досліді (Л. 3, рис. 244) відіграють гальванометр і котушка?
 - б) Чи матиме місце явище електромагнітної індукції, якщо в указаному вище досліді гальванометр і котушку з досліді усунути?
 - в) Як підвищити ефективність досліді (Л. 3, рис. 243)?

✓ **Завдання II.** Проілюструвати правило Ленца.

Хід роботи

1. Для ілюстрації правила Ленца Головучтехпром випускає спеціальний прилад, який складається з двох алюмінієвих кілець, одне з яких має поперечний розріз. Кільця приклепані до алюмінієвої пластинки, у центрі якої закріплено підшипник для надівання на вістря голки (рис. 25.3).

Проводячи дослід, у суцільне кільце вставляють кінець сильного прямолінійного магніту і спостерігають, як відштовхується кільце при цьому русі. Коли кільце зу-

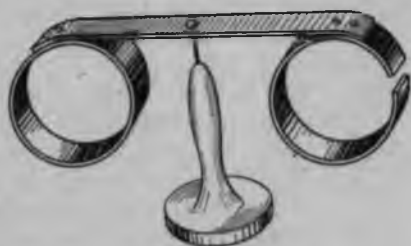


Рис. 25.3

Завдання III. Показати, як виникають індукційні струми в суцільних тілах.

Хід роботи

1. Покажіть принцип дії індукційної печі низької частоти.

На один із стержнів сердечника універсального трансформатора надівають сіткову котушку, а на другий — мідний кільцевий жолоб у теплоізоляційній основі (рис. 25.4). Відповідну обмотку котушки (на 127 або 220 В) через вимикач з'єднують з мережею змінного електричного струму. У жолоб кладуть шматочки олова. Увімкнувши живлення, показують, як плавиться олово.

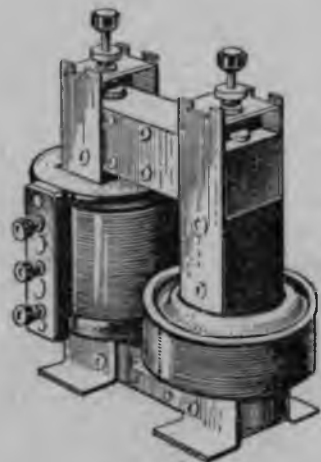


Рис. 25.4

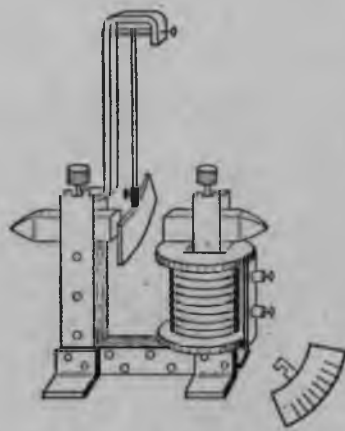


Рис. 25.5

пиниться, магніт швидко виймають з нього і кільце рухається за магнітом.

2. Повторіть дослід з розрізним кільцем.

3. Зробіть порівняння результатів дослідів 1 і 2 і дайте їм пояснення.

2. Покажіть спосіб зменшення сили індукційних струмів у суцільних тілах.

Складають установку, показану на рис. 25.5. Обмотку котушки на 127 В під'єднують до батареї акумуляторів (6—8 В). Маятник приводять у рух; при вмиканні струму спостерігається різке гальмування коливань. Замінивши суцільну пластинку маятника пластинкою з поперечними прорізами і повторюючи дослід, спостерігають, що гальмування коливань тепер значно слабкіше, ніж у досліді з суцільною пластинкою.

3. Дайте відповіді на запитання:

а) Як пояснити дію індукційної печі низької частоти?

б) Як пояснити результат досліду 2?

в) Де на практиці використовують спосіб зменшення сили індукційних струмів у суцільних тілах, описаний у досліді 2?

Завдання IV. Виконати досліди із самоіндукції.

Хід роботи

1. Доведіть, що при замиканні кола постійного струму в ньому виникає е. р. с. самоіндукції.

Складають установку за схемою, показаною на рис. 25.6. Лампочки $L1$ і $L2$ — на 3,5 В. Реостат R — на 20—30 Ом. Сіткова котушка від універсального трансформатора (на 220 В) з замкнутим осердям. Джерелом постійної напруги є акумулятор на 6 В. Опір реостата підбирають так, щоб розжарення лампочок було однакове (він повинен дорівнювати активному опору котушки індуктивності). Замикають коло і спостерігають, що лампочка в розгалуженні з котушкою індуктивності загоряє-

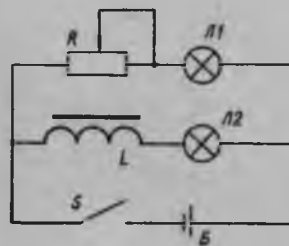


Рис. 25.6

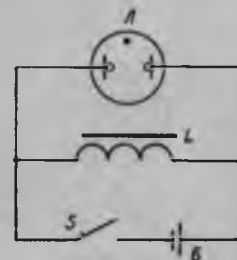


Рис. 25.7

ться значно пізніше, ніж лампочка в розгалуженні з реостатом.

2. Продумайте, як за допомогою описаної вище установки показати, що індуктивність котушки (певних розмірів) залежить від кількості витків і магнітних властивостей середовища.

3. Покажіть, як збуджується е. р. с. самоіндукції при розмиканні кола постійного струму.

Складають установку за схемою, показаною на рис. 25.7. L — котушка універсального трансформатора на 220 В із замкнутим осердям. L — неонова лампа на 220 або 127 В. Джерелом постійної напруги є акумулятор на 6 В. Замикають коло і показують, що лампа не світиться. Якщо розімкнути коло, лампа спалахує. Як пояснити це явище?

4. Якщо в установці (рис. 25.7) змінити індуктивність, наприклад зменшити її зсуванням ярма осердя трансформатора, то яскравість спалахів лампи у моменти розмикання кола зменшиться. В багатьох методичних посібниках і підручниках цей ефект пояснюють зменшенням е. р. с. самоіндукції внаслідок зменшення індуктивності кола. Як довести помилковість такого пояснення? Як правильно пояснити цей ефект?

26. МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою навчального експерименту при вивченні механічних коливань і хвиль.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1, М., Просвещение, 1972.

Обладнання: нитяний маятник (стальна кулька на нерозтяжній нитці); набір пружин з тримачем, пружина від відерця Архімеда (або інша подібна); набір гир демонстраційний; штатив універсальний — 2 шт.; лінійка демонстраційна; маятник Айрі (біфілярно підвішена до штатива лійка з піском); аркуш картону або цупкого паперу; трансляційний динамік або мікрофон; камертон на підставці та камертон з вістрям; закопчене скло; проекційний ліхтар; динамометр демонстраційний; секундомір; універсальний трансформатор; акумулятор; установка для демонстрування вимушених коливань; маятник півсекундний; реостат; лампа електрична; лінійка

металева; модель резонансного тахометра; хвильова машина конструкції Б. С. Зворикіна; хвильова ванна з дзеркальним дном і набором деталей.

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал, що стосується механічних коливань і хвиль, за підручником для 10 класу. Поясніть механізм утворення поздовжніх і поперечних хвиль.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Якими величинами характеризується коливальний рух? Дайте означення їх.

б) Які перетворення енергії спостерігаються в коливальному механічному русі? За яких умов справджується закон збереження механічної енергії?

Завдання I. Виконати досліди з вільними коливаннями нитяного маятника та тягарця на пружині

Хід роботи

Для ознайомлення учнів з умовами виникнення коливань продемонструйте виникнення їх під дією сили пружності та сили тяжіння. Коли до пружини, закріпленої на штативі, підвісити тягарець (рис. 26.1), то пружина розтягнеться до певної довжини. При цьому сила пружності зрівноважить силу тяжіння і тягарець перебуватиме в спокої. Якщо тепер тягарець вивести з положення рівноваги і відпустити, він почне коливатися. З часом його коливання затухатимуть і припиняться зовсім. Так само просто продемонструйте коливання тягарця на нитці (нитяний маятник). Для цього виведіть маятник з положення рівноваги і відпустіть. На основі спостереження й аналізу розглянутих коливань учні мусять зрозуміти, що коливання відбуваються тут лише за рахунок внутрішніх сил системи, але, щоб вони почалися, систему треба вивести з положення рівноваги. Такі коливання вважаються вільними.

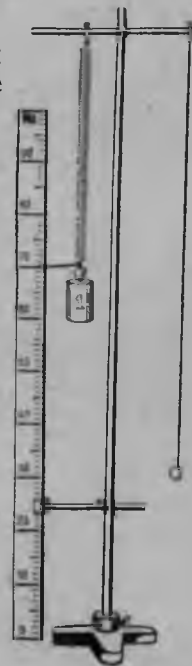


Рис. 26.1

Розглянуті досліди дають можливість встановити умови, потрібні для виникнення вільних коливань. Коли тіло вивести з положення рівноваги, у системі виникає сила, напрямлена до положення рівноваги. Проте цієї умови ще недостатньо. Треба, щоб втрати енергії в системі були не дуже великими. Щоб пересвідчитись у цьому, можна опустити тягарець на пружині в посудину з водою відповідних розмірів. Коливання при цьому припиняються значно швидше, ніж у повітрі.

Завдання II. Продемонструвати способи записування коливального руху, зокрема затухаючих коливань.

Хід роботи

Насипте в маятник Айрі (рис. 26.2,а) дрібного піску, закривши отвір унизу пальцем. Виведіть маятник з положення рівноваги і відпустіть. Тоненький струмочок піску креслить на картоні пряму лінію. Тепер рівномірно рухайте картон у напрямі, перпендикулярному до площини коливань маятника. Пісок на картоні креслить графік коливань. Можна бачити, що коливання поступово затухають. Зрозуміло, що в цьому досліді з часом також змінюється період коливань маятника, оскільки внаслідок висипання піску змінюється положення центра мас маятника. Але в такому досить грубому досліді цими змінами можна знехтувати.

Лійку для досліді можна взяти скляну або виготовлену з жерсті чи цупко-

го паперу. Щоб учні краще бачили графік коливань, можна користуватися великим дзеркалом або пронести картон з графіком по класу.

Іншим простим способом записування механічних коливань є записування їх на закопченій скляній пластинці. Закоптіть над полум'ям свічки скло, збудіть коливання камертона з вістрям і швидко проведіть вістрям по закопченому склу (рис. 26.2, б). Після належного тренування на склі можна дістати графік затухаючих коливань. Продемонструйте графік на екрані за допомогою проєкційного ліхтаря.

Продемонструйте можливість спостереження графіків коливань за допомогою електронного осцилографа, оскільки осцилографічний метод дослідження коливань один з найперспективніших. Для досліді скористайтесь камертоном, осцилографом і мікрофоном (замість мікрофона можна взяти трансляційний динамік). Приєднайте мікрофон (чи динамік) до вертикального входу осцилографа, встановіть потрібне підсилення і збудіть перед мікрофоном камертон. На екрані спостерігається графік коливань, амплітуда яких поступово зменшується.

Завдання III. Продемонструвати закони коливань нитяного маятника та тягарця на пружині.

Хід роботи

Щоб показати незалежність періоду коливань нитяного маятника від їх амплітуди, виведіть маятник (рис. 26.1) з положення рівноваги і відпустіть. Скориставшись секундоміром, знайдіть час десяти (чи іншої кількості) коливань і за одержаними даними визначте період коливань. Дещо збільшивши кут відхилення маятника від положення рівноваги (збільшивши амплітуду коливань), повторіть дослід на визначення періоду коливань. Виконавши дослід 3—4 рази, можете запропонувати учням зробити відповідні висновки.

Виконуючи такі досліди, слід намагатися побудувати роботу так, щоб учні не знали результату наперед. Тоді в них підтримуватиметься інтерес до вивчення явищ. Учитель так повинен будувати процес навчання, щоб учні якнайбільше дізнавалися самі, аналізуючи спостережувані явища, а не просто дізнавалися про ті чи інші закономірності у готовому вигляді.

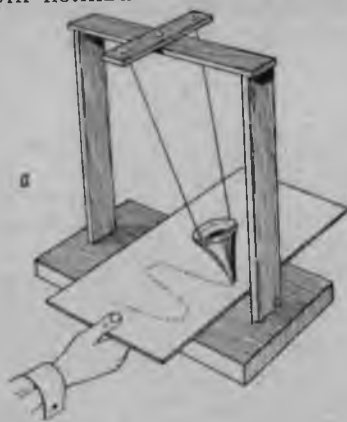


Рис. 26.2

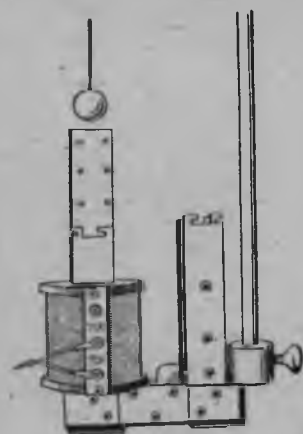


Рис. 26.3

Щоб показати незалежність періоду коливань маятника від його маси, визначте періоди коливання маятників однакової довжини, але різних мас. З цією метою використайте кульки по можливості однакового об'єму, але виготовлені з речовин різної густини (сталь, дерево, пластилін тощо).

Продемонструйте залежність періоду коливань від довжини маятника. Запропонуйте учням зробити висновки про залежність періоду коливань від довжини маятника на основі спостережень за коливаннями маятників довжиною l , $l/2$ і $l/4$.

Відомо, що період коливань нитяного маятника залежить від прискорення вільного падіння у даному місці. Щоб показати, що це справді так, можна імітувати дію сили тяжіння за допомогою дії електромагніту на сталю кульку маятника. Складіть електромагніт з котушки і осердя універсального трансформатора (рис. 26.3). До котушки приєднайте акумулятор чи подайте постійний струм від розподільного щита або іншого випрямляча. Визначте період коливань маятника при розімкненому колі електромагніту і при замкненому. Запропонуйте учням зробити висновки самостійно.

Покажіть, що період коливань тягарця на пружині не залежить від амплітуди коливань, скориставшись пружинним маятником — кілограмовою гирею на пружині від відерця Архімеда.

Дослідіть залежність періоду коливань тягарця на пружині від його маси. Для цього скористайтесь гирями, маси яких 0,5, 1,0 і 2,0 кг. Виконуючи досліди на уроках, пропонуйте учням зробити висновки самостійно.

Дослідіть залежність періоду коливань від коефіцієнта жорсткості пружини. Для цього потрібно використати дві однакові пружини. Якщо коефіцієнт пружності однієї пружини прийняти таким, що дорівнює одиниці, то при послідовно з'єднаних двох пружинах коефіцієнт дорівнюватиме 0,5, а при паралельно з'єднаних — 2,0.

Завдання IV. Продемонструвати вимушені коливання, резонанс.

Хід роботи

Для виконання дослідів зручно скористатись установкою, показаною на рис. 26.4. Тут використано дві спіральні пружини, два тягарці по 100 г, один з яких прикріплений до багатожильної дротини. Цей тягарець може здійснювати тільки вимушені коливання. Другий тягарець, закріплений між пружинами, може здійснювати як вимушені, так і вільні коливання. Тягарці за допомогою багатожильної еластичної дротини з'єднують з ексцентриком від універсального електродвигуна, з'єданого з відцентровою машиною, яка використовується як редуктор для зменшення кількості коливань. Кількість обертів електродвигуна можна змінювати за допомогою автотрансформатора або реостата. Систему можна приводити в рух і вручну.

Якщо ввімкнути джерело живлення електродвигуна, то на тягарці почне діяти періодична сила. Верхній тягарець здійснюватиме тільки вимушені коливання, а нижній від першого поштовху почне коливатись самостійно, і до цих коливань ще додаватимуться вимушені коливання. Через деякий час амплітуда коливань нижнього тягарця також встановиться і він коливатиметься з частотою змушуючої сили.

Тепер змініть частоту змушуючої сили і простежте, як при цьому зміниться амплітуда коливань нижнього тягарця. Дослідіть, як залежить амплітуда вимушених коливань, що встановилися, від частоти змушуючої сили. Спочатку визначте частоту вільних коливань,



Рис. 26.4

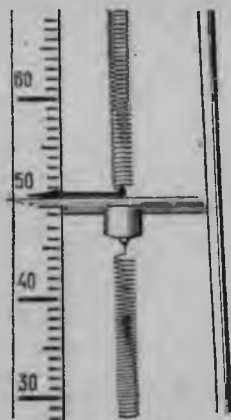


Рис. 26.5

які може здійснювати нижній тягарець, коли його вивести з положення рівноваги. Тепер увімкніть електродвигун, що приводить у рух ексцентриковий механізм, і поступово змінійте частоту коливань змушуючої сили. Як показує дослід, його зручніше розпочинати з більш високих частот, а потім поступово зменшувати кількість обертів електродвигуна, спостерігаючи одночасно, як змінюється амплітуда вимушених коливань нижнього тягарця. Можна бачити, що амплітуда коливань спочатку зростає, при певній частоті змушуючої сили досягає максимуму, а потім починає зменшуватись. Одержавши максимальну амплітуду вимушених коливань, визначте їх частоту. Виявиться, що ця частота дорівнює частоті вільних коливань, які може здійснювати тягарець. Після таких дослідів вводиться поняття про резонанс та умови його виникнення.

За допомогою установки можна показати, що резонанс у системі тим яскравіше виявлений, чим менше тертя в ній. Для цього відмітьте амплітуду коливань тягарця при резонансі, а потім встановіть на тягарці демпфер з картону (рис. 26.5). Демпфер значно збільшує тертя в системі (втрати механічної енергії), і амплітуда коливань при резонансі буде вже значно меншою. Чим більші втрати енергії в системі (чим швидше затухають у ній вільні коливання), тим слабкіше в ній виявляються резонансні явища.

Скориставшись моделлю резонансного тахометра, продемонструйте один із способів використання явища механічного резонансу в техніці. Дослід виконайте відповідно до опису в Л. 3 (дослід 65, с. 144).

Завдання V. Продемонструвати дію маятника в годиннику.

Хід роботи

Вивчення принципу дії маятника в механічному годиннику дає можливість ознайомити учнів з автоколивальними системами, тобто системами, які можуть здійснювати вільні коливання, мають власне джерело енергії і можуть регулювати надходження енергії до коливного тіла для компенсації втрат енергії в системі.

Розгляньте будову півсекундного маятника (на уроках його зображення за допомогою проекційного ліхтаря проектується на екран), поясніть його дію і запустіть. Продумайте, як пояснити принцип дії механізму на уроці.

Завдання VI. Скориставшись хвильовою машиною, продемонструвати такі досліди: 1) коливання однієї частинки; 2) коливання двох частинок з різними фазами; 3) поширення поперечних і поздовжніх хвиль; 4) стоячі хвилі (досліди описано в Л. 3).

Завдання VII. Скориставшись хвильовою ванною, виконати такі досліди: 1) хвилі на поверхні води; 2) інтерференція хвиль; 3) принцип Гюйгенса; 4) відбиття хвиль; 5) стоячі хвилі; 6) заломлення хвиль; 7) дифракція хвиль (досліди описано в Л. 3).

Контрольні запитання

1. Які способи демонстрування запису коливальних рухів ви знаєте?
2. Поясніть на прикладі механізму механічного годинника умови, потрібні для утворення незатухаючих коливань в автоколивальних системах. Накресліть загальну схему автоколивальної системи, показавши основні її складові частини та зв'язки між ними. Які приклади автоколивальних систем ви знаєте?
3. Які явища дають змогу відрізнити поздовжні хвилі від поперечних?

27. ЗВУКОВІ ТА УЛЬТРАЗВУКОВІ КОЛИВАННЯ

Мета: навчитись демонструвати основні досліди з акустики.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 1, М., Просвещение, 1972.

Обладнання: генератор звукових коливань ГЗШ; генератор звукових коливань на одному транзисторі (саморобний); осцилограф електронний; динамік трансляційний; приставка для демонстрування складних звуків (саморобна); генератор ультразвукових коливань демонстраційний; камертон на резонуючому ящику — 2 шт.; гумовий молоток для збудження коливань камертона; сирени дискова і зуб-

часта; відцентрова машина; скляна або металева кулька на нитці, підвишеній на штативі; висока скляна посудина; стержні — дерев'яний, металевий, скляний; скляна трубка діаметром 3—4 см; корок.

Підготовка до роботи

1. Повторіть матеріал, що стосується питань акустики, за шкільним підручником та за конспектом лекцій з курсу загальної фізики.

2. Дайте відповіді на такі запитання:

а) Які коливання називаються звуковими, ультразвуковими та інфразвуковими?

б) Поясніть смисл основних характеристик звуку: інтенсивність, гучність, частота, висота тону, спектральний склад, тембр.

в) Які способи утворення звукових та ультразвукових коливань ви знаєте?

Загальний опис приладів

Для проведення значної кількості дослідів з різних тем курсу фізики треба мати нескладний генератор синусоїдальних коливань звукової частоти. Такий генератор можна виготовити у вигляді компактної конструкції, оскільки у багатьох випадках його використовують як допоміжний прилад (не є об'єктом вивчення). Коли потрібно вивчати будову генератора, то його зручніше скласти з окремих деталей. У цій лабораторній роботі генератор використовується разом з генератором промислового зразка, але фактично всі досліди з акустики можна продемонструвати і на саморобних генераторах, підсиливши їх коливання за допомогою якого-небудь підсилювача низької частоти. Схему такого генератора показано на рис. 31.1. У генераторі можна використати транзистори типу $p-n-p$ малої та середньої потужності (МП13—МП16, МП39—МП42 або будь-які інші). Використовуючи транзистори типу $n-p-n$, треба поміняти місцями провідники, що йдуть до джерела живлення (поміняти полярність вмикання джерела).

Живиться генератор від батареї 3336 або від будь-якого іншого джерела постійного струму напругою від 1,5 до 10 В. Конденсатор С1 може мати ємність 0,25—0,5 мкФ, а резистор R — опір 4—10 кОм. Котушка коливального контура генератора має 1000—1200 витків дро-

ту діаметром 0,15—0,35 мм. Вивід зроблено від середини котушки. Внутрішній діаметр котушки 10—12 мм, оскільки в отвір вільно повинні входити феритові або залізні осердя для зміни частоти коливань, які дає генератор. Як каркас можна використати котушку з-під ниток або від кіноплівки 2×8 мм.

Конденсатор коливального контура має ємність 0,25 мкФ. Коли генератор складають з окремих деталей, то як котушку коливального контура беруть котушку універсального трансформатора на 120/220 В. При цьому слід мати на увазі, що вивід від середини котушки приєднаний не до середньої клеми, а до верхньої. Можна використати також котушку на 6/12 В універсального трансформатора (в ній вивід від середньої клеми приєднаний до середини котушки). При цьому можна одержувати коливання звукового діапазону (коли котушка міститься на залізному осерді універсального трансформатора), а також коливання ультразвукові (котушка без осердя).

Як конденсатор у коливальному контурі можна використати демонстраційну батарею конденсаторів ємністю 0,25÷8 або 0,5÷58 мкФ. Зовнішній вигляд такого генератора показано на рис. 27.1. На вихід генератора можна приєднувати трансляційний динамік, електронний осцилограф, телефони (залежно від умов досліду).

Для демонстрування складних звуків (додавання коливань) використовують два генератори. Щоб їх можна було одночасно приєднувати до вертикального входу осцилографа і трансляційного динаміка, можна використати просту комутаційну приставку, схему якої подано на рис. 27.2, а, а зовнішній вигляд на рис. 27.2, б.

У приставці використано два змінні резистори на 5—30 кОм та два конденсатори ємністю 0,25—0,5 мкФ. За

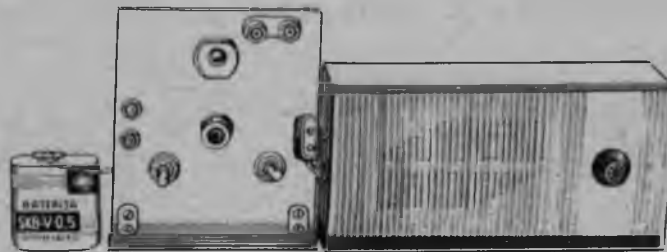


Рис. 27.1

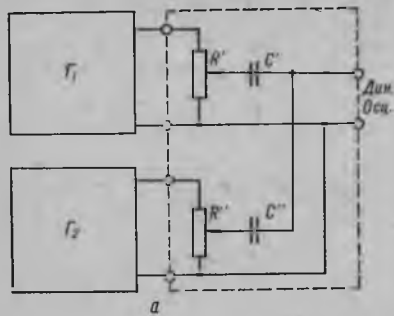


Рис. 27.2

допомогою резисторів можна змінювати амплітуди коливань, що додаються. До входів приставки подаються коливання від двох генераторів, наприклад від генератора ГЗШ та саморобного генератора.

Завдання 1. Продемонструвати досліди, пов'язані з вивченням простих коливань, висоти тону та гучності звуку.

Хід роботи

Дослід 1. Демонстрування простих коливань.

Для демонстрування простих звукових коливань до виходу генератора звукових коливань приєднайте трансляційний динамік і вертикальний вхід осцилографа. Увімкніть генератор. У динаміку чути звук певної висоти тону, а на екрані осцилографа видно графік простого тону — синусоїду. Змінюйте частоту коливань генератора. Зверніть увагу: хоч звуки мають однакову амплітуду (рис. 27.3), але вони якісно відмінні, що відчувається на слух. Порівнявши різні прості звуки між собою, можна зробити висновок, що вони з фізичної точки зору відрізняються за частотою. Фізичній характеристиці звукових коливань — частоті — відповідає фізіологічна характеристика, яку називають висотою тону. Чим більша частота

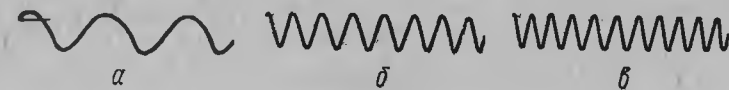


Рис. 27.3

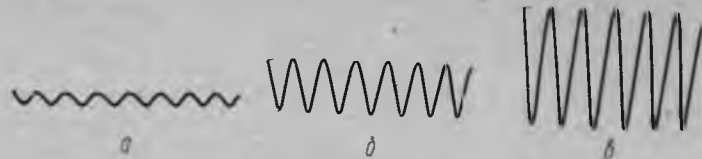
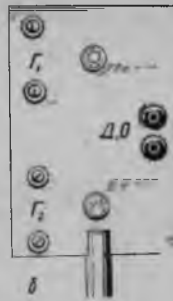


Рис. 27.4

коливань тіла, тим вищий тон звуку, який це тіло збуджує.

Дослід 2. Показати зв'язок між амплітудою коливань і гучністю звуку.

Змінюйте поступово амплітуду коливань, які дає генератор, спостерігаючи за зміною амплітуди коливань (рис. 27.4) та за гучністю коливань у гучномовці. Використовуючи саморобний генератор у цьому досліді, коливання від нього до динаміка і вертикального входу осцилографа треба подавати через резистор на 5—30 кОм (рис. 27.5). З досліду можна зробити висновок, що більшій амплітуді коливань відповідає більша гучність звуку. Зробіть висновок про залежність гучності (фізіологічної характеристики звуку) від сили звуку (фізичної характеристики), яка визначається амплітудою коливань.

Дослід 3. Демонстрування звукових, інфразвукових та ультразвукових коливань.

Щоб продемонструвати існування звукових, інфразвукових та ультразвукових коливань, увімкніть генератор, до якого приєднаний трансляційний динамік і вертикальний вхід осцилографа. Діставши на екрані осцилограму звукових коливань, поступово зменшуйте частоту коливань. При цьому тон звуку буде все нижчим і при певній частоті коливань ми звуку не чути, хоч на екрані спостерігається синусоїда, що свідчить про наявність коливань у динаміку. Тепер поступово збільшуйте частоту коливань, одержавши знову коливання звукової частоти. При дальшому збільшенні частоти коливань тон звуку зростає. Досягнувши певної частоти, ми перестаємо відчувати звук, хоч коливання

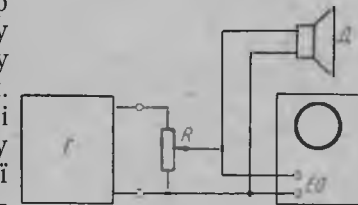


Рис. 27.5

й існують. Спостерігається перехід до коливань ультразвукового діапазону.

Виконуючи цей дослід у класі, важливо показати, що різні люди відчують звукові коливання в різному частотному діапазоні. Це можна зробити так. Одержуєте звукові коливання і поступово збільшуєте їх частоту. Учні повинні підняти руку тоді, коли перестануть чути звук. Можна побачити, що одні учні піднімуть руки раніше (при більш низьких частотах), а інші — пізніше.

Після такого дослідів вводять поняття про поділ коливань на інфразвукові (частота коливань до 16—20 Гц), звукові (частота коливань від 16—20 Гц до 20 кГц) і ультразвукові (частота коливань понад 20 кГц).

Завдання II. Продемонструвати складні звуки, тембр звуку, биття, консонанс і дисонанс.

Хід роботи

Дослід 1. Показати механізм утворення складних звуків.

До приставки (рис. 27.2) приєднайте два генератори. На вихід увімкніть трансляційний динамік і вертикальний вхід осцилографа. Увімкнувши один з генераторів, побачимо на екрані графік коливань, які він дає (рис. 27.6, а). Бажано, щоб ці коливання мали невелику частоту, але щоб звук у динаміку було чути добре.

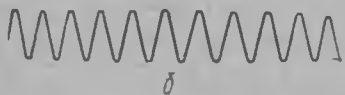


Рис. 27.6

Вимкніть перший генератор і увімкніть другий. Підберіть частоту його коливань так, щоб вона була в кілька разів більшою за частоту коливань першого генератора (рис. 27.6, б). Тепер увімкніть обидва генератори одночасно і плавно підберіть частоту другого генератора так, щоб на екрані осцилографа була стійка картина коливань (рис. 27.6, в). У динаміку чути складний звук.

Після демонстрування дослідів можна дати поняття

про основний тон як найнижчий тон складного звуку. Вважається, що складний звук має такий самий період коливань, як і основний тон. Інші прості тони, що входять до складного звуку і мають частоти, більші від частоти основного тону (у ціле число разів), називаються вищими гармонічними тонами, або обертонами.

Змінюючи частоту коливань другого генератора, продемонструйте складений з двох коливань звук при різних частотах обертону. Зверніть увагу на те, що при тій самій частоті основного тону і однакової амплітуді коливань при різних частотах обертону ми відчуваємо відмінність у звуках, що виявляється у їх своєрідному забарвленні. Після цього можна ввести поняття про тембр звуку та спектральний склад звуку. Спектральний склад звуку визначає його тембр, який також залежить від амплітуди обертонів.

Дослід 2. Демонстрування явища биття.

Коли додавати коливання, частоти яких мало відрізняються одна від одної, спостерігається явище биття, яке полягає в періодичному посиленні й послабленні коливань (зокрема, звукових). Увімкніть по черзі обидва генератори і підберіть їх частоти так, щоб вони були близькими (рис. 27.7, а, б). Амплітуди обох коливань зробіть однаковими. Увімкніть обидва генератори одночасно. Частоту одного з генераторів плавно підберіть так, щоб картина на екрані була стійкою (рис. 27.7, в). Видно, що амплітуда результуючого коливання періодично змінюється. У динаміку чути періодичне посилення й послаблення звуку, яке відбувається з певною частотою, що називається частотою биття.

Змінюючи частоту коливань одного з генераторів, продемонструйте явище биття різних частот. Явище бит-

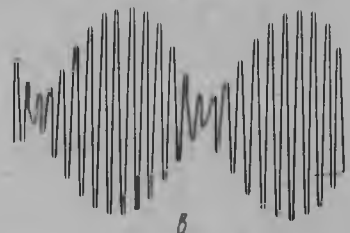
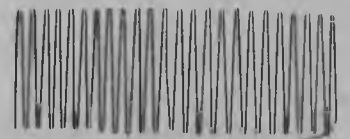


Рис. 27.7

тя використовують при настроюванні музичних інструментів, коли за відсутністю биття судять про збіг частоти коливань інструмента з частотою коливань еталонного джерела звуку, наприклад камертона. Явище биття досить широко використовують у радіотехніці.

Щоб демонструвати явище биття, візьміть два камертони на резонуючих ящиках (камертони повинні мати однакову частоту коливань). Розмістіть камертони на відстані 20—30 см один від одного так, щоб ящики своїми отворами були повернуті до спостерігачів. Щоб дещо змінити частоту коливань одного з генераторів звуку — камертонів, надіньте на вітку камертона гумове кільце або спеціальний хомутик, який кріпиться за допомогою болтика.

Збудіть обидва камертони за допомогою гумового молоточка. При цьому спостерігатиметься періодичне підсилення і послаблення звуку, що поширюється від камертонів. Зміну амплітуди звукових коливань у цьому досліді можна спостерігати і на екрані осцилографа, якщо на його вертикальний вхід приєднати трансляційний динамік як мікрофон і підібрати потрібну чутливість осцилографа. Биття можна продемонструвати і з використанням звукового генератора з динаміком та одного камертона.

Завдання III. Показати, як утворюються звукові коливання за допомогою зубчастої та дискової сирен.

Хід роботи

Закріпіть зубчасту сирену в патроні відцентрової машини, приведіть її в рух і до зубців прикладіть аркуш картону. Почуєте звук певної висоти тону. Частота коливань визначається числом зубців у сирени та швидкістю її обертання.

Закріпіть у патроні дискову сирену, приведіть її в обертання і продувайте крізь отвори сирени повітря за допомогою трубочки (або системи трубок). При цьому виникає звук, частоту якого можна змінювати, змінюючи число отворів, через які продувається повітря, та число обертів сирени. В обох випадках звукові коливання виникають внаслідок вимушених коливань.

Завдання IV. Продемонструвати звукопровідність різних тіл.

Хід роботи

Продемонструйте звукопровідність дерев'яного, металевого та скляного стержнів, а також води, скориставшись описом дослідів у Л. 3 (дослід 78).

Завдання V. Продемонструвати явище звукового резонансу.

Хід роботи

Розмістіть два однакових камертони на резонуючих ящиках на відстані 20—30 см один від одного так, щоб отвори ящиків були спрямовані один до одного. За допомогою гумового молоточка збудіть один з камертонів і через кілька секунд припиніть рукою коливання його. При цьому можна почути коливання другого камертона. Дослід повторіть кілька разів, добившись його надійності й ефективності.

Тепер надіньте на один з камертонів гумове кільце (змінить частоту його коливань) і спробуйте знову відтворити дослід. При цьому другий генератор коливатись не буде. Резонансу немає.

Продемонструйте явище резонансу з використанням ГЗШ, динаміка (одне джерело звуку) і камертона на резонуючому ящику. Динамік розмістіть проти отвору резонуючого ящика камертона. Підвісьте на довгій нитці скляну або металеву кульку, яка повинна доторкатися до однієї з ніжок камертона.

Увімкніть генератор і поступово змінюйте частоту звукових коливань, які він дає. Гучність коливань повинна бути досить значною. Коли частота звуку буде близькою до частоти власних коливань камертона, останній почне збуджуватись. При цьому кулька відскакуватиме від ніжки камертона. Якщо вимкнути при цьому генератор, то можна почути звук, який дає камертон, збуджений при резонансі.

Завдання VI. Утворити ультразвукові коливання та показати їх основні властивості.

Хід роботи

Ознайомтесь з будовою і принципом дії демонстраційної ультразвукової установки УД-1.

За допомогою установки продемонструйте такі досліді:

1. Утворення фонтану рідини під дією ультразвуку.
2. Одержання емульсії з води й трансформаторного масла.
3. Ультразвукове очищення дрібних деталей.

Контрольні запитання

1. Як показати, що в безповітряному просторі звукові коливання не поширюються?
2. Які принципи утворення ультразвукових коливань за допомогою електро- та магнітострикційного ефекту?
3. Які застосування ультразвукових коливань ви знаєте?
4. Як можна продемонструвати принципи ультразвукової дефектоскопії?
5. Як продемонструвати інтерференцію і дифракцію звукових хвиль, а також відбиття їх та утворення стоячих хвиль?
6. Які методи визначення швидкості поширення звукових хвиль ви знаєте?

28. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЗАТУХАЮЧІ КОЛИВАННЯ

Мета: оволодіти методикою і технікою проведення навчального експерименту під час вивчення затухаючих електромагнітних коливань.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе, т. 2. М., Просвещение, 1979.

Обладнання: осцилограф електронний шкільний; котушка на 120/220 В від універсального або розбірного трансформатора; батарея конденсаторів демонстраційна ємністю $0,25 \div 8,0$ або $0,5 \div 58,0$ мкФ; реостат з опором 20 Ом і більше; діод типу Д7, Д226 або інший подібний на панелі з клемми; котушка дросельна на осерді універсального трансформатора; конденсатор електrolітичний ємністю 500,0—5000,0 мкФ, закріплений на панелі з клемми; гальванометр-вольтметр з набором додаткових опорів; гальванометр-амперметр демонстраційний з реостатом-шунтом (реостат приєднується паралельно для вибору потрібної чутливості гальванометра; опір реостата 20 Ом і більше); джерело змінної напруги на 4—6 В; джерело постійної напруги на 4—5 В (батарея 3336).

Підготовка до роботи

1. Повторіть такі питання:
 - а) Вільні й вимушені електромагнітні коливання;
 - б) Коливальний контур, явища, що відбуваються в контурі;
 - в) Період вільних електромагнітних коливань в ідеальному і реальному коливальних контурах.
2. Дайте відповіді на такі запитання:
 - а) Які енергетичні перетворення відбуваються при виникненні електромагнітних коливань в ідеальному і реальному коливальних контурах?
 - б) Від чого залежить швидкість затухання коливань? Як можна встановити умови, за яких коливання в контурі взагалі неможливі?
 - в) Які фазові співвідношення коливань заряду, напруги та сили струму в коливальному контурі?

Загальний опис приладів

Для демонстрування повільних затухаючих коливань зручно користуватись установкою, схему якої показано на рис. 28.1, а зовнішній вигляд на рис. 28.2. Тут використано дросельну котушку L на замкненому залізному осерді універсального трансформатора, конденсатор C ємністю від 500 до 5000 мкФ, перемикач Π , демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 5 або 15 В і батарею 3336. У вольтметра використовується шкала гальванометра з нульовою поділкою посередині. Під час дослідів стрілку гальванометра ставлять на нульову поділку коректором гальванометра.

За допомогою розглянутої установки можна показати розряд конденсатора через вольтметр; виникнення затухаючих коливань у контурі, період яких досягає кількох секунд; перетворення енергії в контурі (енергії електричного поля конденсатора

$\frac{CU^2}{2}$ в енергію магнітного поля котушки із струмом $\frac{LI^2}{2}$

і навпаки. У дослідах зручно спостерігати фазові співвідношення між значеннями сили струму і напруги.

Найпростішою установкою для дослідження затухаючих коливань у коли-

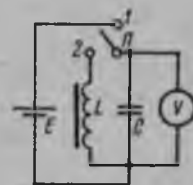


Рис. 28.1

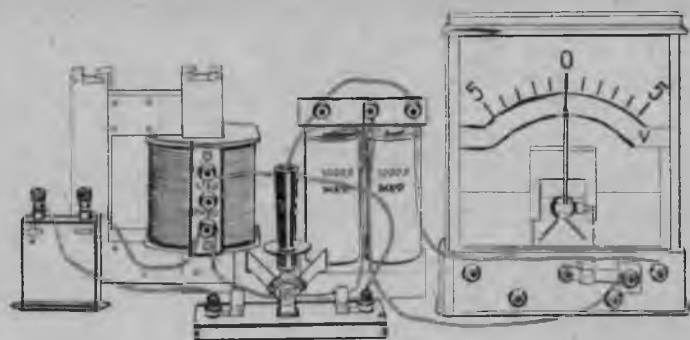


Рис. 28.2

вальному контуру за допомогою електронного осцилографа є установка з використанням напівпровідникового діода. Схему установки показано на рис. 2 у першому розділі книжки, де також докладно описано досліди, які треба виконувати на уроках.

З а в д а н н я I. Продемонструвати повільні затухаючі коливання у коливальному контурі.

Хід роботи

Склавши електричне коло за схемою, зображеною на рис. 28.1, поставте перемикач у положення 1. При цьому конденсатор коливального контура зарядиться. Якщо після цього перемикач поставити у нейтральне положення, то конденсатор поступово розряджатиметься через вольтметр — напруга на конденсаторі повільно зменшуватиметься до нуля.

Знову зарядіть конденсатор від батареї і поставте перемикач у положення 2. При цьому спостерігаються коливання напруги на обкладках конденсатора, амплітуда яких швидко зменшується. Здійснивши кілька коливань, напруга на конденсаторі стає рівною нулю.

Спостерігаючи за змінами напруги на конденсаторі, можна судити про зміни заряду $q = CU$ і енергії електричного поля конденсатора $\frac{CU^2}{2}$.

Дослід ставиться на першому уроці з теми «Електромагнітні коливання», де розглядаються питання про вільні і вимушені коливання. Звертають увагу учнів на те,

що досліджувані коливання є вільними, оскільки вони виникають після того, як систему вивели із стану рівноваги (зарядили конденсатор). Доцільно порівняти принцип заряджання конденсатора від джерела постійного струму з виведенням маятника (або тягарця на пружині) з положення рівноваги (з наданням їм потенціальної енергії).

З а в д а н н я II. Продемонструвати процес перетворення енергії у коливальному контурі.

Хід роботи

До схеми попереднього досліду введіть амперметр-гальванометр (рис. 28.3) з реостатом-шунтом (рис. 28.4). У попередньому досліді можна було спостерігати зміни енергії електричного поля конденсатора $\frac{CU^2}{2}$. Але якщо змінюється енергія одного виду, то постає питання про те, в які інші види енергії перетворюється періодично енергія електричного поля конденсатора. Оскільки при перезаряджанні конденсатора в котушці проходить електричний струм, то можна припустити, що таким видом енергії є енергія магнітного поля струму $\frac{LI^2}{2}$. Щоб встановити, чи це справді так, у досліджуване коло введіть амперметр. За допомогою реостата-шунта підберіть потрібну чутливість амперметра, щоб при коливаннях сили струму стрілка відхилялася до кінців шкали.

У положенні 1 перемикача, коли конденсатор вже зарядився, напруга максимальна, а сила струму в колі дорівнює нулю. Поставте перемикач у положення 2. Можна бачити, що коливання напруги і сили струму відбуваються із зсувом фаз $\pi/2$: коли напруга максимальна, сила струму дорівнює нулю, а коли сила струму максимальна, то напруга дорівнює нулю.

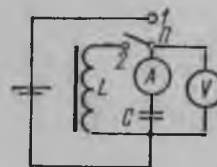


Рис. 28.3

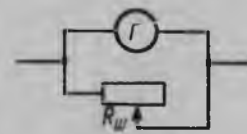


Рис. 28.4

Звідси робимо висновок, що в досліджуваному коливальному контурі справді перетворюється енергія електричного поля конденсатора в енергію магнітного поля котушки із струмом і навпаки.

Такі коливання швидко затухають, що зумовлено втратами енергії на нагрівання провідників, перемагнічування феромагнітного осердя, випромінювання в простір тощо. Тільки в ідеальному випадку електромагнітна енергія в контурі залишалася б незмінною і коливання відбувалися б нескінченно довго.

Демонструючи дослід, слід пригадати, які перетворення енергії відбуваються при коливаннях тягарця на пружині та нитяного (математичного) маятника і провести аналогії у перетвореннях енергії.

Завдання III. Дослідити затухаючі електромагнітні коливання за допомогою електронного осцилографа.

Хід роботи

Виконайте досліди у такій послідовності, як описано в § 6 розділу I. При використанні батареї конденсаторів БК-8 запишіть кількість коливань за інтервал часу 1/100 секунди для всіх значень ємності, які можна дістати з використанням батареї: 0,25, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 і 8,0 мкФ. Виконайте досліди з обмотками на 220 і 120 В універсального трансформатора. За одержаними даними побудуйте графіки залежності періоду коливань (відкладайте значення періоду на осі ординат) від ємності батареї конденсаторів (значення ємності відкладайте по осі абсцис). На основі даних дослідів дістанете дві характерних криві (для обмоток на 220 і 120 В).

Щоб впевнитись у тому, що період коливань пропорційний кореню квадратному із значення ємності контура, побудуйте графіки залежності періоду коливань для обох обмоток від кореня квадратного із значення ємності. Дістанете дві прямих ліній. Аналогічні завдання варто запропонувати учням в дослідях на уроках. При цьому учні набувають певних умінь і навичок математично опрацьовувати результати експерименту.

За даними виконаних дослідів знайдіть значення індуктивностей обмоток на 220 і 120 В універсального трансформатора.

Якщо виготовити фотознімки з окремих етапів дослі-

дів, то за допомогою їх можна поставити для учнів ряд завдань як при вивченні основного курсу фізики, так і при організації факультативних та позакласних занять, у класах і школах з поглибленим вивченням фізики. Виконайте такі завдання за даними дослідів:

1. На яку довжину хвилі настроєно даний коливальний контур?

$$\lambda = vT; \quad T = \frac{t}{n}; \quad \lambda = v \frac{t}{n},$$

де n — кількість коливань, що відбуваються за інтервал часу t , а v — швидкість поширення електромагнітних хвиль ($3 \cdot 10^8$ м/с для вакууму і повітря).

2. Визначте логарифмічний декремент затухання утворених коливань.

Логарифмічний декремент затухання, що показує, яка частина енергії витрачається в контурі за половину періоду, визначають за формулою

$$\lambda = \ln \frac{A_1}{A_2} = 2,3 \lg \frac{A_1}{A_2},$$

де A_1 і A_2 — значення двох послідовних амплітуд, що відстоять одна від одної на цілий період.

3. Визначте коефіцієнт затухання коливань.

Коефіцієнт затухання β легко можна знайти за значенням логарифмічного декременту затухання λ та періоду коливань T :

$$\lambda = \beta T; \quad \beta = \frac{\lambda}{T}.$$

4. Знайдіть сталу часу.

Стала часу, що показує, протягом якого інтервалу часу амплітуда коливань зменшується в $e=2,72\dots$ разів, є оберненою величиною до коефіцієнта затухання:

$$\tau_0 = \frac{1}{\beta}.$$

5. Знайдіть значення активного опору контура.

Активний опір контура пов'язаний з коефіцієнтом затухання коливань та індуктивністю контура співвідношенням

$$R = 2\beta L.$$

6. Який хвильовий опір контура? Хвильовий (характеристичний) опір коливального контура визначають за формулою

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

7. Визначте затухання контура за формулою

$$d = \frac{R}{\rho}$$

8. Яке значення має добротність контура? Добротність є оберненою до затухання величиною:

$$Q = \frac{\rho}{R}$$

Контрольні запитання

1. Чи залежить період затухаючих коливань від їх амплітуди?
2. Які фізичні величини визначають енергію електричного поля конденсатора та енергію магнітного поля котушки із струмом?
3. Якими рівняннями описуються затухаючі електромагнітні коливання? Запишіть рівняння для коливань напруги і заряду.
4. Який фізичний зміст коефіцієнта затухання коливань та хвильового опору контура?
5. Що треба зробити, щоб коливання в коливальному контурі стали незатухаючими?

29. ВИНИКНЕННЯ НЕЗАТУХАЮЧИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОЛИВАНЬ. ДОСЛІДИ З ГЕНЕРАТОРОМ ПОВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Мета: навчитись демонструвати досліди, які розкривають принципи виникнення незатухаючих електромагнітних коливань, показують фізичну суть роботи найпростішого генератора, а також можливості використання в навчальному процесі генераторів повільних коливань.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.

Обладнання: дросельна котушка на замкненому осерді універсального трансформатора — 2 шт.; конденсатор ємністю 500+

5000 мкФ; конденсатор ємністю 300—500 мкФ; вольтметр демонстраційний з набором додаткових опорів; амперметр демонстраційний з реостатом-шунтом; котушка на 120/220 В універсального трансформатора; транзистор на панелі з трьома клемами з набору напівпровідникових приладів; електромагнітне реле РП-5 на підставці (так зване «Радіореле», що випускається Головучтехпромом); конденсатор ємністю 300—500 мкФ і резистор на 4—10 кОм на панелі з клемами (саморобна приставка); батарея 3336 або інше джерело постійного струму на 3—6 В.

Підготовка до роботи

1. Повторіть такі питання:
 - а) принципи виникнення незатухаючих електромагнітних коливань в автоколивальних системах;
 - б) енергетичні перетворення, що відбуваються в автоколивальних системах (зокрема, в генераторах незатухаючих електромагнітних коливань).
2. Ознайомтесь з викладом матеріалу про виникнення незатухаючих електромагнітних коливань за підручником для 10 класу, а також з докладним описом дослідів, наведених у цій інструкції.
3. Дайте відповідь на такі запитання:
 - а) Що треба зробити, щоб коливання, які виникають у коливальному контурі після заряджання конденсатора і від'єднання джерела постійного струму, були незатухаючими?
 - б) Яку роль відіграють електронні лампи або транзистори в генераторах незатухаючих електромагнітних коливань?
 - в) Які функції виконує в автоколивальних системах зворотний зв'язок?
 - г) Які способи здійснення зворотного зв'язку в генераторах електромагнітних коливань ви знаєте?

Загальний опис приладів

Мета дослідів — сформулювати в учнів уявлення про те, як можна утворити незатухаючі електромагнітні коливання за допомогою автоколивальної системи, а також провести аналогію в дії генератора і механічної автоколивальної системи, з якою учні вже ознайомились (механічний годинник, електричний дзвінок).

Учні чітко розуміють принцип утворення електромагнітних коливань за допомогою автогенераторів тільки тоді, коли досліди демонструються у певній послідовності і з докладним поясненням. При цьому треба використати

знання учнів, яких вони набули після вивчення інших автоколебальних систем.

За певних умов у коливальних контурах можуть відбуватися електромагнітні коливання. Але такі коливання швидко затухають і припиняються, тому їх неможливо використати для практичних потреб. У техніці потрібні незатухаючі коливання. Як же їх добути? Один з можливих способів нам відомий — це електричні коливання, які дають генератори на електричних станціях. Але такі генератори неспроможні давати коливання високих частот, які потрібні у радіозв'язку, телебаченні, радіолокації, промисловості (високочастотна плавка, гартування тощо), медицині та інших галузях народного господарства.

Добре відомо, як виникають незатухаючі механічні коливання, наприклад коливання гойдалки. Щоб дістати незатухаючі коливання гойдалки, треба мати насамперед саму гойдалку, тобто систему, в якій можуть відбуватися вільні коливання. Крім того, оскільки механічна енергія гойдалки поступово втрачається, її треба поповнювати. Це й роблять, періодично підштовхуючи гойдалку. У цьому разі джерелом механічної енергії є людина. Потрібен також механізм, який подає енергію в систему. У випадку гойдалки таким механізмом є руки людини. Проте, якщо ми гойдалку підштовхували безсистемно, то незатухаючі коливання дістати не вдалося б. Підштовхуємо ми гойдалку тоді, коли вона рухається «від нас», а дізнаємося про стан її руху в процесі безпосереднього спостереження. Пристрій, який керує процесом поповнення енергії в системі, називають зворотним зв'язком.

Для добування незатухаючих електромагнітних коливань потрібні: коливальний контур, джерело струму, вимикач і пристрій, що керує роботою вимикача.

Складають електричне коло, схему якого показано на рис. 29.1. Вмикають за допомогою кнопки (вимикача) джерело живлення. Конденсатор при цьому зарядиться і вольтметр покаже напругу на його обкладках. Вольтметр вмикають для вимірювання напруг у колах постійного струму; додатковий опір беруть на 5 або 15 В; використовують шкалу гальванометра з нульовою поділкою посередині. Це роблять для того, щоб за допомогою вольтметра можна було виявити коливання напруги на обкладках конденсатора.

Вмикають джерело живлення: конденсатор розряджається через котушку індуктивності і вольтметр пока-

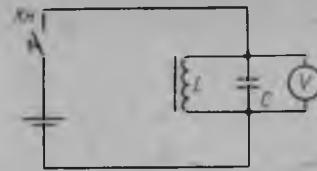


Рис. 29.1

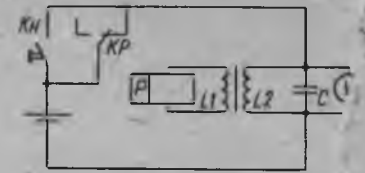


Рис. 29.2

зує наявність затухаючих коливань напруги в коливальному контурі. Тепер періодично вмикають джерело живлення за допомогою кнопки, але незатухаючі коливання при цьому не виникають. Вони виникнуть лише тоді, коли джерело вмикатиметься у такт з коливаннями, що відбуваються в контурі.

Коли потрібно вмикати джерело живлення? Очевидно, це слід робити в ті моменти, коли верхня (на схемі) обкладка конденсатора заряджена позитивно. А якщо вона при коливаннях, які виникли, у даний момент заряджена негативно, то кнопка повинна бути розімкнена.

Проте тут з технічного боку не розв'язане ще одне питання — здійснення зворотного зв'язку. У розглянутому досліді зворотний зв'язок здійснює сам експериментатор: спостерігаючи за змінами напруги на обкладках конденсатора (за показами вольтметра), у відповідні моменти часу натискають на кнопку, і від джерела конденсатор підзаряджається, у ньому поповнюється енергія, яка втрачається на нагрівання провідників, перемагнічування феромагнітного осердя, випромінювання в простір тощо. Але треба знати способи автоматичного здійснення зворотного зв'язку.

Складають електричне коло за схемою, зображеною на рис. 29.2. Використовуючи в цій установці поляризоване реле РП-5, треба на панелі відпаяти провідник, що з'єднує контакти *L* і *П*.

Дія установки досить проста. Коли у коливальному контурі виникають коливання, то в колі «котушка зворотного зв'язку *L1* (котушка на 220 В універсального трансформатора надіта на замкнуте залізне осердя трансформатора, на якому розміщена котушка *L2*) — обмотка реле» виникає індукційний струм. Рухомий контакт реле (якір) почне коливатись, замикаючи по черзі лівий або правий нерухомі контакти реле. Струм від

джерела при цьому імпульсами надходить до коливально-знаю контура.

Демонструючи дослід, за допомогою кнопки (або провідника) спочатку замикають контакти реле. При цьому конденсатор заряджається, і після відпускання кнопки в швидкості виникають коливання. Спрацьовує зворотний зв'язок, і коливання стають незатухаючими. Проте якщо знову виконуються всі зазначені вище дії, незатухаючі коливання можуть не виникнути. Чому?

Це зумовлено, мабуть, тим, що контакти реле замикаються не тоді, коли потрібно. Щоб виправити таке становище в нашому досліді, досить поміняти місцями провідники, що йдуть до котушки зворотного зв'язку. Коли при виконанні досліду незатухаючі коливання виникають відразу, то і в цьому випадку доцільно поміняти місцями провідники, які йдуть до котушки зворотного зв'язку, щоб докладно проаналізувати дію зворотного зв'язку.

Наголошуємо, що електромагнітне реле не може вмикати джерело живлення з високою частотою, тому треба використовувати такі автоматичні вимикачі (ключі), які працюють практично безінерційно. Такими вимикачами можуть бути електронні лампи, транзистори, тунельні діоди тощо.

Під час досліду пропонуємо використовувати транзистор, а не електронну лампу. Це зумовлено простотою установки з транзистором, її повною безпечністю і надійністю. Разом з тим дія генератора на транзисторі принципіально нічим не відрізняється від дії генератора на лампі.

Складають генератор, схему якого показано на рис. 1 (§ 4, розділ I). Скориставшись описом генератора в § 4, треба утворити за його допомогою незатухаючі коливання і показати роль транзистора як автоматичного вимикача (ключа), що пропускає імпульси струму до коливального контура і керується системою зворотного зв'язку.

Коли генератор складено і він дає коливання, то важливо ще раз повернутися до розгляду перетворень енергії в коливальному контурі (це питання вже розглядалось при вивченні затухаючих коливань). Щоб показати, як періодично енергія електричного поля конденсатора перетворюється в енергію магнітного поля котушки із струмом, потрібно спостерігати зміни напруги на обкладках конденсатора (енергія електричного поля конденса-

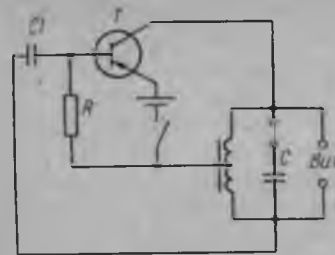


Рис. 29.3

тора $\frac{CU^2}{2}$) і сили струму в контурі (енергія магнітного поля $\frac{LI^2}{2}$). При цьому гальванометр-амперметр з реостатом-шунтом вмикають у точку 1.

Амперметр має шкалу з нульовою поділкою посередині і використовується, як і в колах постійного струму. Можна легко бачити, що при досягненні напругою максимального значення сила струму дорівнюватиме нулю і навпаки, коли напруга дорівнює нулю, сила струму досягає максимуму. Отже, можна ще раз упевнитись у тому, що в коливальному контурі відбуваються періодичні перетворення енергії електричного поля конденсатора в енергію магнітного поля котушки із струмом і навпаки. Через транзистор відбувається поповнення втрат енергії в контурі за рахунок енергії джерела постійного струму.

Досить простий генератор повільних коливань можна скласти й за іншою схемою (рис. 29.3), де всі деталі залишаються такими, як і в попередньому генераторі, але зворотний зв'язок здійснюється через конденсатор $C1$ ємністю 300—500 мкФ. Цей конденсатор разом з резистором R на 4—10 кОм можна закріпити на невеликій панелі, яка під час дослідів кріпиться до базової клеми транзистора з набору напівпровідникових приладів (рис. 29.4). Такий генератор працює досить надійно, але на ньому пояснювати принцип виникнення незатухаючих коливань значно складніше, ніж на генераторі, складеному за схемою з трансформаторним зворотним зв'язком. Тому такий генератор ми рекомендуємо використовувати як допоміжний прилад, вивчаючи фазові співвідношення в колах змінного струму, розглядаючи питання про дода-

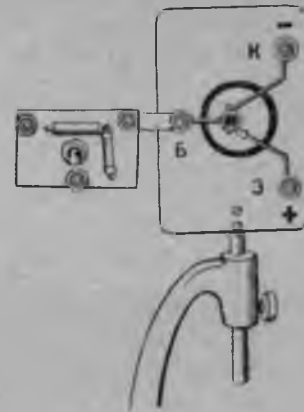


Рис. 29.4

Якщо
Робити
Висвітлює!

вання коливальних тощо. У цьому випадку для зручності ми пропонуємо транзистор, резистор і обидва конденсатори (коливального контура і зворотного зв'язку) закріпити на пластині з діелектрика. На цій пластині встановлюють три вилки, за допомогою яких усі згадані деталі з'єднують з клемми дросельної котушки. На пластині встановлюють пару клем для приєднання джерела живлення, іншу пару — для знімання напруги з коливального контура, а також вимикач джерела живлення.

Завдання I. Виконати досліди з генератором повільних коливань у такій послідовності:

- 1) затухаючі коливання в коливальному контурі;
- 2) виникнення незатухаючих повільних коливань при періодичному приєднанні до коливального контура джерела постійного струму вручну;
- 3) утворення незатухаючих електромагнітних коливань за допомогою генератора з електромагнітним реле;
- 4) утворення незатухаючих коливань за допомогою генератора на транзисторі;
- 5) необхідність правильного вмикання котушки зворотного зв'язку для виникнення незатухаючих коливань;
- 6) перетворення енергії у коливальному контурі;
- 7) роль транзистора в генераторі незатухаючих коливань.

Завдання II. Виконати досліди з генератором незатухаючих коливань, складених за триточковою схемою.

Хід роботи

1. Складіть генератор повільних електромагнітних коливань за схемою, у якій зворотний зв'язок здійснюється за допомогою конденсатора. На вихід генератора приєднайте демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 5 або 15 В і з шкалою гальванометра. Вольтметр показуватиме зміну напруги на конденсаторі коливального контура.

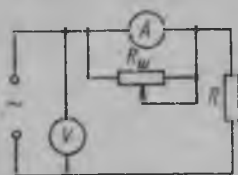


Рис. 29.5

2. Продемонструйте відсутність зсуву фаз напруги і сили струму в колі змінного струму з активним навантаженням. Для цього складіть електричне коло за схемою, показаною на рис. 29. 5, де A — ампер-

метр-гальванометр з реостатом-шунтом, R — резистор з опором 400—600 Ом. Приєднайте складене коло до генератора повільних коливань й увімкніть джерело живлення. За допомогою реостата-шунта підберіть таку чутливість амперметра, щоб його стрілка відхилялася на такі самі кути, як і стрілка вольтметра. У цьому випадку зручніше спостерігати за показами приладів. Можна бачити, що стрілки обох вимірювальних приладів коливаються синхронно, а це свідчить про відсутність зсуву фаз напруги і сили струму в колі змінного струму з активним навантаженням.

3. Замість резистора в попередній схемі увімкніть конденсатор ємністю 300—500 мкФ. Тепер можна бачити, що в колі з ємнісним навантаженням сила струму випереджає напругу за фазою на чверть періоду.

4. Тепер замість конденсатора увімкніть у те саме коло дросельну котушку на замкненому осерді універсального трансформатора. Підберіть чутливість амперметра так, щоб його стрілка відхилялася на однакову кількість поділок із стрілкою вольтметра. Можна бачити, що в цьому разі сила струму відстає за фазою від напруги, але це відставання вже дорівнюватиме менше чверті періоду. Отже, в колі змінного струму з індуктивністю сила струму відстає від напруги за фазою.

Контрольні запитання

1. Поясніть принцип дії автоколивальних систем. Накресліть схему такої системи.
2. Поясніть дію генератора, в якому зворотний зв'язок здійснюється за допомогою конденсатора.
3. Чому в досліді 4 (завдання 2) зсув фаз напруги і сили струму становить менше $\pi/2$?
4. Коли, на вашу думку, можна застосувати генератори повільних коливань у навчальному фізичному експерименті?

30. ЗМІННИЙ СТРУМ. ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРУМУ

Мета: навчитись демонструвати досліди, пов'язані з виникненням, трансформацією та випрямленням змінного струму.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: магнітоелектрична машина; вольтметр демонстраційний з набором додаткових опорів — 2 шт.; осцилограф електронний; напівпровідниковий діод типу Д7, Д226 — 2 шт.; резистор на панелі з клемами на 20 Ом і більше; батарея конденсаторів з максимальною ємністю 58—60 мкФ або окремий конденсатор ємністю 50—100 мкФ; універсальний трансформатор — 2 шт.; електролітичний конденсатор ємністю 200 мкФ і більше; амперметр демонстраційний з набором шунтів; лампочка на 2,5 або 3,5 В; довгий багатожильний ізольований провідник; вимикач.

Підготовка до роботи

1. Повторіть такі питання:

а) Принципи виникнення змінних струмів промислової частоти;

б) Трансформація змінного струму;

в) Передавання змінного струму на значні відстані;

г) Випрямлення змінного струму.

2. Ознайомтесь з відповідним матеріалом, викладеним у підручнику для 10 класу.

3. Дайте відповіді на такі запитання:

а) Які є способи одержання змінного струму? Які з цих способів можна продемонструвати в шкільних умовах?

б) Як можна продемонструвати зв'язок між діючим і амплітудним значеннями змінного струму?

в) Які фізичні закономірності використовують при конструюванні трансформаторів змінного струму промислової частоти?

г) Які шкільні трансформатори ви знаєте та які можливості використання їх у навчальному фізичному експерименті?

д) Які типи випрямлячів ви знаєте?

Загальний опис приладів

Основним комплектом приладів, який використовують у дослідах із змінним струмом, є набір «Трансформатор універсальний» (рис. 30.1). До набору входять: U-подібне осердя з ярмом (а), виготовлене з пластин електротехнічної сталі; котушка на 120/220 В (б), що має дві обмотки, з'єднані між собою так, як показано на рис. 30.2; котушка на 6/6 В (в), яка також складається з двох обмоток, з'єднаних послідовно (кінці обмоток, на відміну від котушки на 120/220 В, приєднані до крайніх клем котушки, а середина обмотки — до середньої кле-

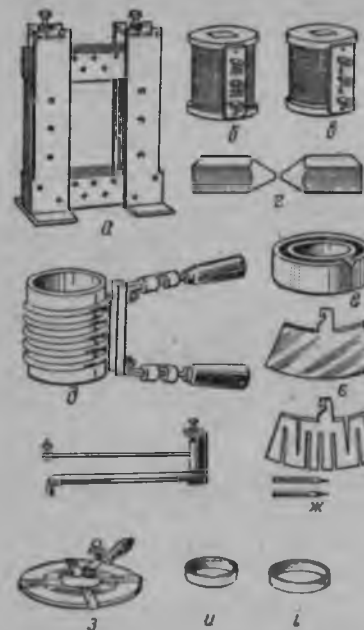


Рис. 30.1

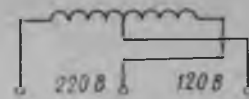


Рис. 30.2

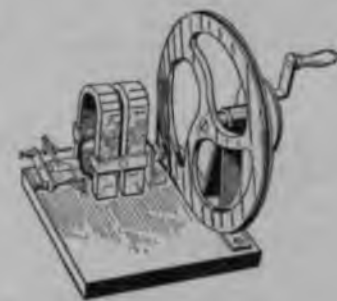


Рис. 30.3

ми); два наконечники конусоподібної форми (z), котушка, що використовується для демонстрування дії електрозварювального апарата (d); кільце-жолоб (e), виготовлене з міді, приклеєної до вогнетривкої підставки (жолоб використовують для демонстрування електричного плавлення); маятник з двома пластинами (e), одна з яких суцільна, а друга має розрізи; два електроди (ж); плоска котушка (z), закріплена на пластмасовій пластині з патроном для лампочки на 3,5 В; кільце мідне (u) і кільце алюмінієве (i).

Усі деталі набору зберігаються в спеціальному ящику. Деталі набору можна використати під час демонстрування дослідів з електромагнетизму, змінного струму, електромагнітних коливань і хвиль. Щоб успішно проводити досліди, у фізичному кабінеті варто мати два комплекти набору.

Для демонстрування принципів одержання змінного струму, будови і дії генераторів змінного й постійного

(пульсуючого) струму, а також для ряду інших дослідів використовують машину магнітоелектричну (рис. 30.3). Індуктором машини є два змінних U -подібних магніти, насаджені на полюсні наконечники однойменними полюсами. Якір має осердя з м'якої сталі, на який намотано обмотку. Кінці обмотки приєднані до колектора, який зроблено так, що за допомогою двох щіток можна одержати змінний (щітки входять у контакт з кільцями колектора) і постійний пульсуючий струм (щітки входять у контакт з півкільцями колектора).

Якір машини приводиться в рух за допомогою пасової передачі. Пас надівається на шків якоря і великий шків, який приводять у рух вручну. При обертанні привода машини з швидкістю близько 120 об/хв на виході дістають електрорушійну силу 3,5 В.

Завдання I. Продемонструвати процес добування змінного струму за допомогою магнітоелектричної машини.

Хід роботи

Змінний струм — це не що інше, як вимушені коливання в електричних колах. Такі коливання виникають під дією змінної електрорушійної сили. Найпростішим генератором змінного струму є індукційний генератор, прикладом якого може бути магнітоелектрична машина.

Щоб показати процес добування змінного струму за допомогою індукційного генератора, установіть щітки магнітоелектричної машини так, щоб вони дотикалися до кілець колектора. Машину із знятою пасовою передачею приєднайте до гальванометра-вольтметра (без додаткового опору). Повільно обертайте ротор машини. При цьому гальванометр показує струм, який змінюється як за значенням сили струму, так і за напрямом. Обертати ротор машини слід якомога повільніше і рівномірніше.

Після цього надіньте пасову передачу і до машини замість гальванометра приєднайте лампочку на 2,5 або 3,5 В. Обертаючи ручку машини, спостерігайте за яскравістю світіння лампочки. Слід мати на увазі, що в потужних промислових генераторах струм індукується не в рухомій частині машини, а в нерухомих провідниках. Рухомою частиною таких генераторів є індуктором, що створює магнітне поле.

Завдання II. Продемонструвати осцилограми змінного струму.

Хід роботи

Приєднайте до вертикального входу електронного осцилографа лампочку на 6,3 В (рис. 30.4, а). Подайте до лампочки змінну напругу промислової частоти з шести-вольтової обмотки універсального трансформатора, первинну обмотку якого увімкнено в мережу змінного струму. За допомогою ручок керування роботою осцилографа одержіть на екрані стійку осцилограму 1—2 періодів змінного струму (рис. 30.4, б). Зверніть увагу на те, що промисловий змінний струм синусоїдний.

Тепер приєднайте до лампочки магнітоелектричну машину і обертайте її з такою швидкістю, щоб на екрані утворилась осцилограма 1—2 періодів змінного струму, який дає машина (рис. 30.4, в). Оскільки в машині дістати однорідне магнітне поле, в якому обертається рамка, практично неможливо, то струм не має синусоїдального характеру. Зробіть кілька спроб дістати стійку картину осцилограми змінного струму, щоб повправлятися у рівномірному обертанні машини в оптимальному режимі.

Завдання III. Показати зв'язок між діючим (ефективним) і амплітудним значеннями напруги змінного струму.

Хід роботи

Складіть електричне коло за схемою, показаною на рис. 30.5, а. Зовнішній вигляд установки показано на рис. 30.5, б. Тут використовуються два демонстраційних вольтметри, один з яких $\sim V1$ вимірює ефективні значення змінної напруги до 15 В, яка подається на вихід установки, а другий — $V2$ — амплітудні значення змінної напруги (максимальну напругу, до якої зарядиться конденсатор C на 50—100 мкФ через діод $D226$, $D7$ і т. п.).

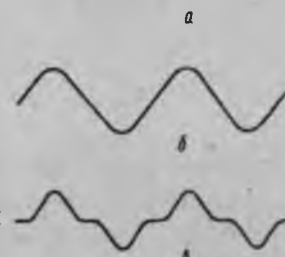
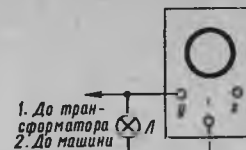


Рис. 30.4

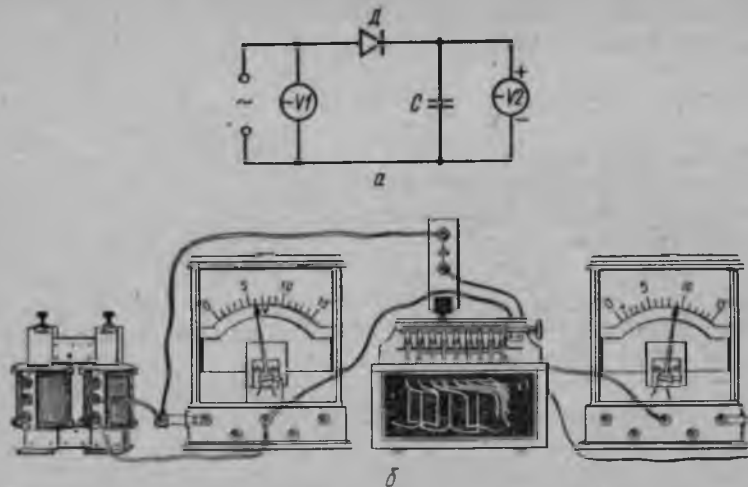


Рис. 30.5

Дослід ґрунтується на порівнянні діючого значення змінної напруги (покази вольтметра $V1$) з амплітудним значенням (покази вольтметра $V2$). Якщо опір вольтметра $V2$ порівняно великий і ємність конденсатора C також досить значна, то останній вольтметр покаже практично амплітудне значення напруги.

До складеного кола змінну напругу найпростіше і найзручніше подавати від автотрансформатора. Встановіть за показами першого вольтметра напругу 5 В. Другий вольтметр при цьому покаже близько 7 В. Тепер збільшуйте першу напругу до 10 В, спостерігаючи, як друга напруга зростає до 14 В. За одержаними даними можна встановити співвідношення між амплітудними U_0 і діючими U значеннями напруги змінного струму: амплітудне значення напруги більше від діючого в $\sqrt{2} \approx 1,4$ рази.

З а в д а н н я IV. Продемонструвати досліди з одно- і двопівперіодного випрямлення змінного струму.

Хід роботи

Близько третини змінного струму, який виробляється на електростанціях нашої країни, перед безпосереднім використанням перетворюють у постійний за допомогою

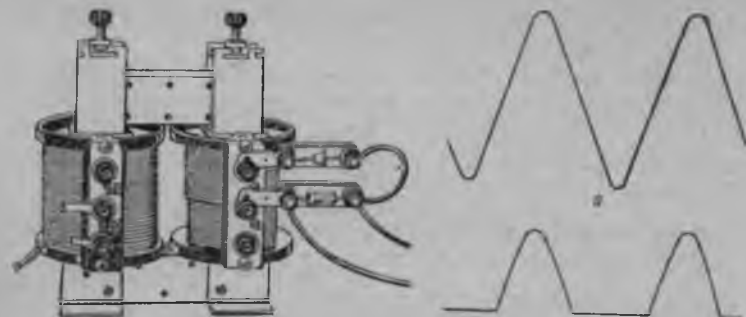


Рис. 30.6

випрямлячів. Найбільш поширеними і економічними випрямлячами в наш час є випрямлячі з використанням напівпровідникових приладів, в основному діодів. Щоб продемонструвати дію найпростішого однопівперіодного випрямляча, складіть установку, зовнішній вигляд якої показано на рис. 30. 6. Тут використано один діод на панелі та постійний резистор на 20 Ом і більше. З резистора подайте напругу на вертикальний вхід осцилографа. Закоротіть діод провідником і одержіть на екрані осцилограму змінного струму (рис. 30. 7, а). Тепер розімкніть провідник, що закорочував діод, і на екрані спостерігатиметься осцилограма випрямленого струму (рис. 30. 7, б). Це так зване однопівперіодне випрямлення.

Для демонстрування двопівперіодного випрямлення потрібно до нижньої клемі вторинної обмотки універсального трансформатора приєднати ще один діод у такому самому напрямі, як і перший. Другий вивід діода приєднують до резистора, як і аналогічний вивід першого діода. При вмиканні струму спостерігається двопівперіодне випрямлення (рис. 30.7, в).

Щоб показати дію фільтра у випрямлячах, одержавши однопівперіодне випрямлення, приєднайте паралельно резистору електролітичний конденсатор ємністю 100—1000 мкФ. При цьому конденсатор в один з півперіодів змінного струму заряджатиметься, а в наступний — роз-

Рис. 30.7

ряджатиметься через навантаження. Пульсації струму згладжуватимуться (рис. 30.7, *г*).

У випрямлячах можна застосовувати і більш складні фільтри, до яких входять конденсатори, котушки індуктивності та інші прилади. Демонстрування дослідів доцільно супроводжувати кресленням відповідних схем і осцилограм учнями.

З а в д а н н я V. Продемонструвати принцип передачі електричної енергії на значні відстані.

Хід роботи

Цей демонстраційний дослід доцільно проводити перед вивченням питань, пов'язаних з трансформацією струму, щоб показати необхідність підвищувати напругу в лініях електропередач.

Складіть установку, схему якої показано на рис. 30.8, *а*. Два реостати в установці імітують лінію електропередачі. Обертаючи ротор магнітоелектричної машини, яка тут є джерелом змінного струму, підберіть такий опір «лінії», щоб лампочка в кінці передачі на 2,5—3,5 В ледь горіла. При цьому в лінії втрачається значна частина енергії.

Тепер введіть в установку підвищувальний і знижувальний трансформатори (рис. 30.8, *б*), залишаючи незмінним опір лінії (реостатів). Обертаючи ротор машини, можна бачити, що лампочка світиться досить яскраво. Учні повинні самостійно зробити висновок про те, що втрати енергії в лінії значно зменшилися, якщо в ній підвищилась напруга. Доцільно при цьому навести відповідні розрахунки. Найкраще це зробити, розв'язавши загальновідому задачу: «З одного пункту в інший передається потужність 62 кВт. Опір лінійних проводів 5 Ом.

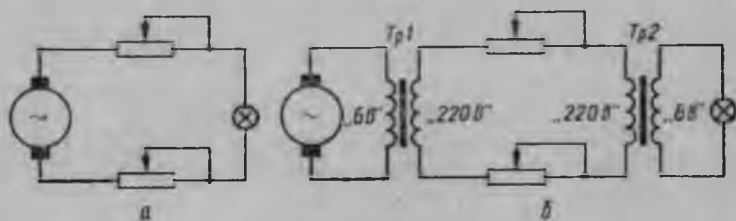


Рис. 30.8

Визначити втрату напруги і потужності в лінійних проводах та коефіцієнт корисної дії передачі енергії у випадках, коли передача здійснюється при напрузі 620 і 6200 В.

Після такої підготовчої роботи учні з інтересом вивчають матеріал про трансформацію струму.

З а в д а н н я VI. Вивчити будову і дію трансформатора.

Хід роботи

Щоб продемонструвати складові частини трансформатора та його дію, складіть установку, яку показано на рис. 30.9. Увімкніть котушку на 220 В у мережу змінного струму і піднесіть до осердя плоску котушку з лампочкою. Індукційний струм, що виникає у плоскій котушці, викликає світіння лампочки. На цій установці зручно розглядати будову і призначення деталей, з яких складається трансформатор.

Важливим моментом у поясненні принципу дії трансформатора є встановлення того, що струм у вторинній обмотці відрізняється за фазою від струму в первинній обмотці на π . У цьому можна пересвідчитись на досліді, якщо на осердя (рис. 30.9) надіти суцільне мідне або алюмінієве кільце. Коли увімкнати струм у первинній обмотці, то кільце злітає з осердя. Якщо під час вмикання струму кільце притримати рукою, то пізніше воно висітиме над первинною обмоткою. Про існування індукційного струму в кільці учні можуть судити за його досить сильним нагріванням.

Залишається встановити, чому кільце висить у повітрі. Під керівництвом учителя учні можуть зробити висновок, що індукційний струм створює таке магнітне поле, яке протидіє полю первинної обмотки, тобто цей струм має напрям, протилежний до напрямку струму в первинній обмотці. Зрозуміло, що перед вивченням трансформації струму учням слід запропонувати повторити питання, що стосуються явища електромагнітної індукції.

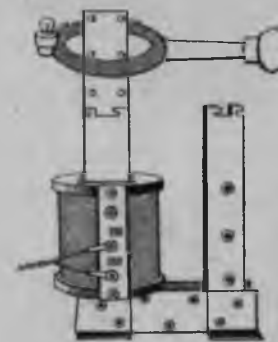


Рис. 30.9

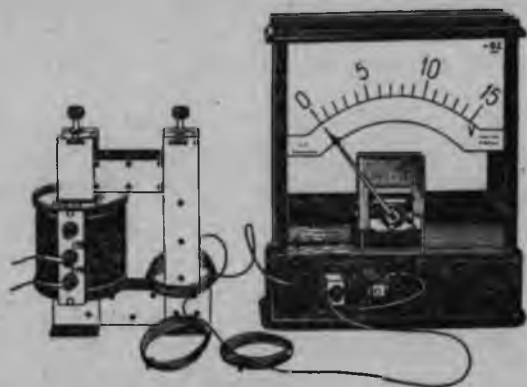


Рис. 30.10

Щоб показати, як напруга на вторинній обмотці залежить від співвідношення кількості витків в обмотках, продемонструйте такі досліди. З довгого ізолюваного провідника намотайте обмотку з трьох секцій по 10 витків у кожній. Діаметр обмотки зробіть таким, щоб вона вільно надівалась на осердя універсального трансформатора (рис. 30.10). До первинної обмотки подайте напругу з мережі змінного струму, а до вторинної приєднайте вольтметр демонстраційний з додатковим опором на 15 В змінного струму. Потім на осердя надівайте до першої, другої і третьої секції обмотки, визначаючи щоразу напругу за показами вольтметра. На основі дослідів учні зможуть зробити висновок про залежність напруги на вторинній обмотці від кількості її витків.

За даними дослідів обчисліть кількість витків в обмотках котушки на 120/220 В, а також в обмотках на 6/12 В.

Вивчаючи дію трансформатора, важливо продемонструвати холостий хід трансформатора та його роботу під навантаженням. Складіть установку (рис. 30.11), до якої входить амперметр демонстраційний (для змінного струму) з шунтом і шкалою на 3 А — А1, увімкнений послідовно з первинною обмоткою універсального трансформатора на 220 В, амперметр на 10 А (А2), увімкнений послідовно з

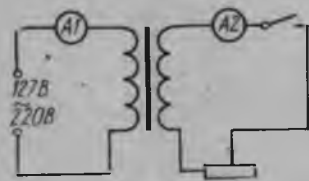


Рис. 30.11

вторинною обмоткою на 6 або 12 В і реостатом, який є навантаженням вторинної обмотки.

Холостий хід трансформатора спостерігають тоді, коли коло вторинної обмотки розімкнуте. При цьому сила струму в первинній обмотці невелика. Тепер замкніть коло вторинної обмотки і за допомогою реостата поступово збільшуйте силу струму в ньому. При цьому зростає також сила струму в первинній обмотці. Зверніть увагу учнів на те, що сили струму в обмотках трансформатора обернено пропорційні до кількості витків у них.

На основі розглянутих дослідів вводять поняття про коефіцієнт трансформації, а також про коефіцієнт корисної дії трансформатора.

З а в д а н н я VII. Продемонструвати дію моделі електрозварювального апарата.

Хід роботи

На осердя як вторинну обмотку надіньте модель електрозварювального апарата, яка входить до набору «Універсальний трансформатор». У затискачі котушки для електрозварювання міцно закріпіть електроди з вістрями (можна використати два гвіздки відповідних розмірів, діаметром близько 2 мм). Увімкніть первинну обмотку в мережу змінного струму і приведіть в контакт електроди. У місці контакту опір значний і контакт нагрівається. Міцно стиснувши електроди, від'єднайте первинну обмотку від мережі. Контакти зварюються.

Контрольні запитання

1. Як можна встановити, що в певному електричному колі проходить постійний чи змінний струм?
2. Як за допомогою вольтметра постійного струму визначити кількість витків у обмотках трансформатора, не розмотуючи їх?
3. Від чого залежить коефіцієнт корисної дії лінії електропередачі і як його можна підвищити?
4. Як продемонструвати фазові співвідношення напруг в обмотках трансформатора, користуючись електронним осцилографом?

31. ОПОРИ В КОЛАХ ЗМІННОГО СТРУМУ

Мета: оволодіти методикою і технікою проведення демонстраційних дослідів та лабораторних робіт під час вивчення опорів у колах змінного струму.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: ватметр демонстраційний з набором додаткових опорів; амперметр демонстраційний з набором шунтів — 3 шт.; вольтметр демонстраційний з набором додаткових опорів; осцилограф електронний ОЕШ-61 або будь-який інший; комутатор електронний до осцилографа; звуковий генератор шкільний ЗГШ; батарея конденсаторів демонстраційна БК-58 або БК-60; котушка універсального трансформатора на 220/120 В і залізне осердя цього трансформатора; саморобна установка, що складається з генератора, підсилювача і трансляційного динаміка.

Підготовка до роботи

1. Повторіть такі питання:
 - а) Активне, індуктивне та ємнісне навантаження в колах змінного струму;
 - б) Мішані навантаження в колах змінного струму, резонанс;
 - в) Як використовують на практиці резонанс у послідовних і паралельних колах змінного струму?
2. Дайте відповіді на такі запитання:
 - а) Як на уроках фізики ввести поняття про активні й реактивні навантаження у колах змінного струму?
 - б) Які комутатори до осцилографів ви знаєте та який їх принцип дії?

Загальний опис приладів

У дослідах використовують електронний осцилограф ОЕШ-61 (або інший) і звуковий генератор ЗГШ, описані у роботі 6. У тій же роботі подано загальний опис комутаторів за допомогою яких на екрані однопроменевого осцилографа можна дістати дві осцилограми. Для демонстрування явищ, що відбуваються у колах змінного струму, а також для ряду дослідів з акустики та інших тем досить зручно замість звукового генератора ЗГШ використовувати саморобний генератор звукових коливань на одному транзисторі, схему якого показано на рис. 31.1, разом з простим підсилювачем на двох транзисторах (рис. 31.2) і трансляційним динаміком. Загальний вигляд установки показано на рис. 31.3. Трансляційний ди-

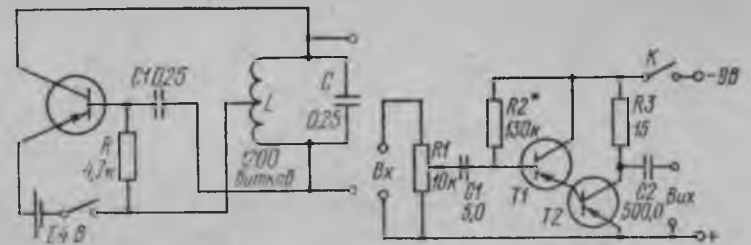


Рис. 31.1

Рис. 31.2

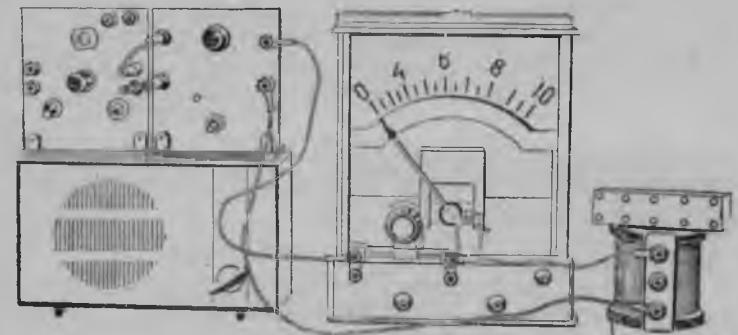


Рис. 31.3

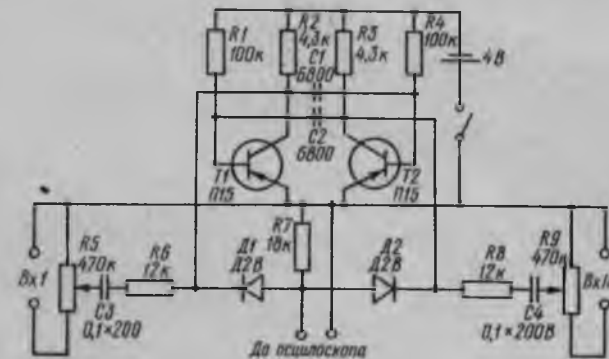


Рис. 31.4

намік дає можливість стежити за змінами частоти струму (за висотою тону звуку).

Якщо електронного комутатора промислового виготовлення немає, його можна замінити саморобним. Схе-

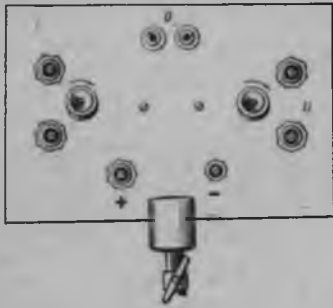


Рис. 31.5

час виконання завдань цієї роботи використайте для дослідів генератор ЗГШ і саморобну установку для одержання змінного струму звукової частоти порівнюючи ефективність дослідів.

Завдання I. Ввести поняття про активне і реактивне навантаження.

Хід роботи

Вивчаючи закони постійного струму, учні дізнаються, що потужність струму можна визначати за показами амперметрів і вольтметрів, а також за допомогою ватметрів. У колах постійного струму потужність, визначена за силою струму і напругою, дорівнює потужності, яку показує ватметр у тому самому колі. Коли досліджувати кола змінного струму, то така рівність спостерігається не завжди.

Складіть електричне коло за схемою рис. 31.6, де: W — ватметр демонстраційний; A — амперметр демонстраційний з шунтом на 3А, увімкненим для вимірювань у колах змінного струму; V — вольтметр демонстраційний з додатковим опором на 250 В змінного струму. Як на-

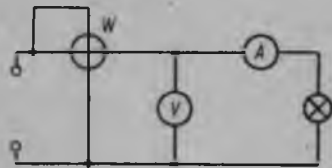


Рис. 31.6

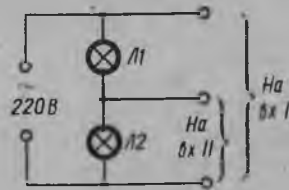


Рис. 31.7

му саморобного комутатора показано на рис. 31.4, а зовнішній вигляд на рис. 31.5. Виконуючи досліди з таким комутатором, слід пам'ятати, що дві клеми його входів з'єднані між собою безпосередньо. Досвід експлуатації такого комутатора, вперше запропонованого для шкільної практики І. М. Раєвським, показує його надійність, ефективність і простоту. Під

вантаження увімкніть електричну лампу значної потужності або плитку. Визначте потужність за показами амперметра й вольтметра і порівняйте її з потужністю, яку показує ватметр. Практично ці потужності повинні бути однаковими (як і в колах постійного струму). У досліджуваному колі електрична енергія безповоротно перетворюється в тепло.

Навантаження, в якому електрична енергія безповоротно перетворюється в інші види, називається активним; опір такого навантаження також називається активним опором.

Проте в колах змінного струму можна спостерігати й інші явища. Увімкніть замість лампи або плитки демонстраційну батарею конденсаторів і підберіть її ємність так, щоб сила струму в колі становила 2—3 А. Визначте потужність за показами амперметра і вольтметра та порівняйте її з потужністю, яку показує ватметр. Покази ватметра свідчать, що в такому колі енергія практично не споживається. Тут відбуваються оборотні перетворення енергії: за одну частину періоду змінного струму електромагнітна енергія перетворюється в енергію електричного поля конденсатора, а за другу — ця енергія повертається назад в електричне коло.

Таке навантаження, в якому електрична енергія не перетворюється безповоротно в інші види, називається реактивним. Розрізняють два види реактивних навантажень: ємнісне та індуктивне.

Завдання II. Продемонструвати фазові співвідношення в колах змінного струму.

Дослід 1. Відсутність зсуву фаз між струмом і напругою в колі з активним навантаженням.

Складіть електричне коло за схемою рис. 31.7, де $L1$ і $L2$ — електричні лампи (краще однакові) на 220 або 127 В. До вертикального входу електронного осцилографа приєднайте вихід комутатора, входи якого I та II приєднуються до обох ламп (I) і лампи $L2$ (II). Напругу до досліджуваного кола можна подати тільки після того, як виконано всі з'єднання.

Увімкнувши осцилограф і комутатор та подавши напругу до досліджуваного кола, за допомогою змінних резисторів комутатора дістаньте на екрані дві осцилограми (пунктирні синусоїди), які збігаються за фазою (рис. 31.8, а). Це свідчить про те, що в колі лише з активними

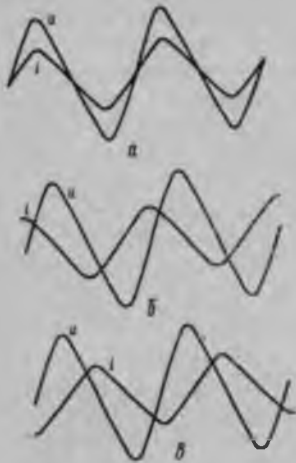


Рис. 31.8

лограму напруги на лампі, яка подається на вхід II (рис. 31.8, б). Оскільки напруга на лампі за фазою збігається з силою струму в колі, то можна зробити висновок, що в колі з індуктивністю сила струму за фазою відстає від напруги.

Зсовуючи ярмо осердя, можна змінювати індуктивність досліджуваного кола. При цьому змінюватиметься і зсув фаз між силою струму та напругою. Оскільки тут у колі є одночасно й активне навантаження, то зсув фаз менший від $\pi/2$.

Дослід 3. Зсув фаз струму і напруги в колі з ємнісним навантаженням.

Тепер замість котушки, яку використовували у попередньому досліді, увімкніть у коло батарею конденсаторів. Увімкніть осцилограф, комутатор і подайте напругу з мережі змінного струму до досліджуваного кола. Дістаньте на екрані осцилограму підведеної напруги, яка подається на вхід I, та осцилограму сили струму (осцилограму напруги на активному навантаженні), яка подається на вхід II. У колі з ємнісним навантаженням сила струму випереджає напругу за фазою (рис. 31.8, в).

Дослід 4. Зсув фаз струму і напруги в колі з активним, індуктивним та ємнісним навантаженням.

У попередньому досліді послідовно з батареєю конденсаторів увімкніть котушку на 120 В на замкнутому

навантаженнями зсувів фаз струмів і напруг немає. Напруги і сили струмів збігаються за фазами.

Дослід 2. Зсув фаз струму і напруги у колі з індуктивним навантаженням.

В електричному колі попереднього досліді замість лампи L1 увімкніть котушку на 120 В універсального трансформатора на замкнутому осерді. Лампу L2 при цьому бажано взяти не менш як на 100 Вт. Увімкніть осцилограф, комутатор і подайте напругу до досліджуваного кола з мережі змінного струму. На екрані осцилографа дістаньте осцилограму підведеної напруги, яка подається на вхід I комутатора, та осци-

осерді універсального трансформатора. Увімкніть осцилограф, комутатор і подайте напругу з мережі до досліджуваного кола. Одержіть на екрані осцилограму підведеної напруги та сили струму. Тепер поступово змінюйте ємність батареї конденсаторів і стежте, як при цьому змінюється зсув фаз сили струму і напруги. Можна бачити, що при певній ємності батареї струм випереджає напругу за фазою, при іншій — фази збігаються, а ще при іншій — сила струму відстає від напруги. Очевидно, що фазові співвідношення в колах змінного струму визначаються співвідношеннями активного й реактивних опорів.

Завдання III. Дослідити індуктивний, ємнісний і повний опір кола змінного струму. Продемонструвати резонанс у послідовному та паралельному колах.

Дослід 1. Індуктивний опір.

З'єднайте послідовно лампу на 100—500 Вт, котушку на 120 В універсального трансформатора на розімкнутому осерді і подайте до цього кола змінну напругу з автотрансформатора, наприклад 100 В. Спостерігаючи за світінням лампи, замикайте поступово осердя трансформатора за допомогою ярма, збільшуючи цим самим індуктивність котушки в колі. При цьому світіння лампи зменшується, що свідчить про зростання опору в колі.

Тепер від шкільного розподільного щита подайте до цього самого кола постійну напругу 100 В і замикайте й розмикайте ярмо. Світіння лампи при цьому не змінюватиметься.

На основі виконаних дослідів, послідовність виконання яких може бути і зворотною, учні повинні зробити висновок, що навіть при однакових напругах постійного і змінного струму у колі з індуктивністю діюче значення сили змінного струму менше від сили постійного струму в тому самому колі. Отже, тут виникає додатковий опір, викликаний індуктивністю кола, який і називають індуктивним опором.

У наступних дослідях з індуктивним навантаженням ви-

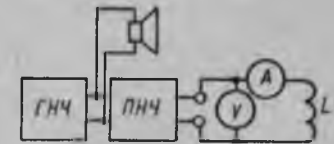


Рис. 31.9

користайте генератор ЗГШ або саморобну установку, описану на початку роботи. Схему досліджуваного кола показано на рис. 31.9, де V — вольтметр демонстраційний з додатковим опором на 15 В змінного струму; A — гальванометр-амперметр демонстраційний з реостатом-шунтом; L — котушка універсального трансформатора на 120 В без осердя. Трансляційний динамік використовують для спостережень частоти змінного струму.

Увімкніть генератор ЗГШ і встановіть у колі певної сили струм. За допомогою реостата-шунта підберіть таку чутливість гальванометра-амперметра, щоб його стрілка відхилялась ближче до кінця шкали.

Щоб показати залежність значення індуктивного опору від індуктивності досліджуваного кола, внесіть у котушку залізне ядро від універсального трансформатора. Індуктивність котушки при цьому зростає, а сила струму в колі зменшується. Учні повинні зробити висновок: чим більша індуктивність кола змінного струму, тим більший його індуктивний опір.

Продемонструйте залежність значення індуктивного опору від частоти змінного струму. Встановивши в колі певної сили струм, змінюйте частоту змінного струму. Про зміну частоти струму можна судити за змінами висоти тону звуку в динаміку. Із збільшенням частоти змінного струму значення індуктивного опору кола зростає.

Дослід 2. Ємнісний опір.

З'єднайте послідовно з лампою на 100—500 Вт батарею конденсаторів з максимальною ємністю 58—60 мкФ і подайте до досліджуваного кола від розподільного щита постійну напругу 100 В. Лампа світиться. Отже, у колі з конденсатором постійний струм не проходить, а змінний проходить. Причиною існування змінного струму в колі з конденсатором є періодичне перезарядження його обкладок. Опір конденсатора змінному струмові називають ємнісним.

Щоб показати залежність значення ємнісного опору від ємності конденсаторів та від частоти змінного струму, у схемі 31.9 замість котушки увімкніть батарею конденсаторів БК-58 або БК-8. Увімкніть генератор і встановіть у колі певної сили струм при ємності батареї конденсаторів 2—4 мкФ. Тепер змінюйте ємність батареї і спостерігайте за змінами сили струму в колі. Із збільшенням ємності батареї конденсаторів у колі зростає

сила струму, а це свідчить про зміну значення ємнісного опору — воно зменшується.

Щоб продемонструвати залежність значення ємнісного опору від частоти змінного струму, встановіть певну частоту струму. Із зменшенням частоти сила струму в колі зменшується, що свідчить про збільшення значення ємнісного опору.

Дослід 3. Повний опір кола змінного струму.

З'єднайте послідовно електричну лампу потужністю 100 Вт і більше, котушку на 120 В на незамкнутому осерді універсального трансформатора та батарею конденсаторів БК-58 і подайте до досліджуваного кола змінну напругу з мережі. За допомогою батареї конденсаторів установіть у колі максимальну силу струму.

Вивчаючи закони постійного струму, учні дізнались про те, що при послідовному з'єднанні провідників їх опори додаються. За аналогією можна припустити, що і в колах змінного струму має місце така сама закономірність. Саме тут найкраще показати, що загальний опір кола змінного струму не дорівнює сумі активного, ємнісного та індуктивного опорів.

Діставши максимальної сили струм у колі, закоротіть провідником батарею конденсаторів. Здавалося б, що сила струму при цьому повинна збільшитись, але вона, навпаки, зменшується. Після цього, розімкнувши батарею конденсаторів, закоротіть котушку. Сила струму при цьому також зменшується.

Очевидно, для визначення повного опору кола змінного струму треба шукати закономірності, відмінні від закономірностей, характерних для постійного струму.

Дослід 4. Резонанс у послідовному колі.

Складіть електричне коло за схемою рис. 31.9, але послідовно з котушкою увімкніть батарею конденсаторів БК-8 або БК-58. Увімкніть генератор звукової частоти і поступово збільшуйте ємність батареї конденсаторів. Спочатку сила струму в досліджуваному колі зростає, при певній ємності досягає максимуму, а при дальшому збільшенні ємності починає спадати. Коли сила струму досягає максимального значення, у колі спостерігається резонанс. Демонструючи цей дослід, точного резонансу, можливо, досягти й не вдасться, бо ємність батареї змінюється стрибкоподібно, а не плавно.

Тепер залишайте ємність батареї конденсаторів сталою (наприклад, 2 або 4 мкФ) і змінюйте індуктивність

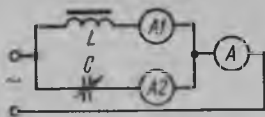


Рис. 31.10

катушки, плавно вносячи в неї ярмо від універсального трансформатора. Спочатку при збільшенні індуктивності сила струму в колі зростатиме і, досягши при певній індуктивності максимуму, почне зменшуватись. Отже, резонанс у колі можна досягти зміною

ємності або індуктивності в ньому.

Слід також показати, що резонанс у колі можна досягти і зміною частоти струму. Для цього встановіть певне значення ємності батареї конденсаторів і плавно змінійте частоту струму. При певній частоті в досліджуваному колі спостерігатиметься резонанс — сила струму досягне максимального значення.

Під час вивчення резонансу в послідовному колі важливо також показати, що при резонансі напруги на котушці і батареї конденсаторів практично рівні між собою. Для цього відмітьте значення прикладеної до кола напруги, приєднайте спочатку вольтметр до батареї конденсаторів, а потім до котушки. Напруга на котушці майже дорівнює напрузі на конденсаторі. Крім того, бачимо, що ці напруги можуть значно перевищувати значення прикладеної до кола напруги.

Дослід 5. Резонанс у паралельному колі.

Складіть електричне коло за схемою рис. 31.10, де A_1 , A_2 і A — амперметри демонстраційні з шунтами на $3A$, увімкненими для вимірювання в колах змінного струму; L — котушка на 120 В на замкнутому осерді універсального трансформатора; C — батарея конденсаторів БК-58 чи БК-60. Встановіть ємність батареї 32 мкФ і подайте до досліджуваного кола напругу з мережі змінного струму. Пересуваючи ярмо осердя трансформатора, добийтеся резонансу, тобто такого стану, щоб сили струму віток, які показують амперметри A_1 і A_2 , були однаковими. Тоді амперметр A , який увімкнено в нерозгалуженій частині кола, покаже мінімальне значення сили струму.

Оскільки при резонансі в паралельному колі сили струму у вітках однакові, то такий резонанс називають резонансом струмів. Сили струмів у вітках можуть бути значно більшими за силу струму в нерозгалуженій частині кола.

Завдання IV. Розробити докладні інструкції до лабораторних робіт (робіт фізичного практикуму, експериментальних задач):

«Визначення індуктивного опору та індуктивності даної котушки», «Визначення ємнісного опору та ємності даного конденсатора». Виконайте запропоновані роботи.

Контрольні запитання

1. Як пояснити явища, що відбуваються при резонансі в послідовному та паралельному колах змінного струму?
2. Як визначити резонансну частоту з умов резонансу?
3. Як можна здійснити передачу постійного і змінного струмів по тих самих провідниках?

32. ОСНОВИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою демонстрування радіозв'язку.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972, с. 286—299.

Обладнання: генератор УВЧ; ВУП-2; програвач; універсальний підсилювач; гучномовець; підсилювач низької частоти; осцилоскоп; РНШ; лампа на панелі; демонстраційний конденсатор; котушка коливального контура генератора; 12-вольтова котушка універсального трансформатора; трансформатор на підставці; детекторна комірка; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення фізичних основ радіозв'язку і які досліди рекомендує програма.
2. Прочитайте розділ «Електромагнітні хвилі» в підручнику з фізики для 10 класу.
3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням для демонстрування радіозв'язку.
4. Дайте відповіді на такі запитання:
 - а) Як здійснюється випромінювання електромагнітних хвиль?
 - б) У чому полягає процес модуляції коливань?

в) У чому полягає процес демодуляції коливань?
 г) Що таке «магнітна антена»? Чим така антена відрізняється від звичайної?

д) Яке призначення мають дроселі в генераторі УВЧ (рис. 32.2)?

е) Чому телевізійні станції не працюють у діапазонах коротких, середніх і довгих хвиль?

Загальний опис приладів

Для дослідів, які показують принцип передачі і приймання електромагнітних хвиль та властивостей струмів високої частоти, Головучтехпром випускає генератор електричних коливань ультрависокої частоти з приладдям.

Генератор УВЧ (рис. 32.1) працює за двотактною схемою на подвійних тріодах типу 6Н7С (дві лампи). Обидва тріоди в кожній лампі ввімкнено паралельно. Коливальний контур складається з одного витка П-подібної форми і міжелектродних ємностей ламп. Частота коливань генератора 150 мГц. Потужність випромінювання становить близько 5 Вт.

Розміщення затискачів на панелі відповідає розміщенню кіл, показаних на схемі рис. 32.2. Перемичка на клеммах генератора призначена для розмикання кола сіток ламп у тих випадках, коли в це коло треба включити модулятор або телеграфний ключ. Живлення генератора здійснюється від універсального випрямляча ВУП-1 або ВУП-2. До генера-

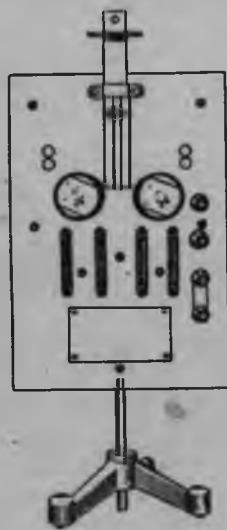


Рис. 32.1

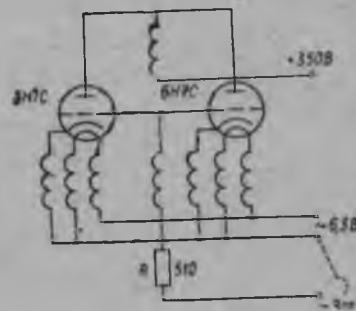


Рис. 32.2

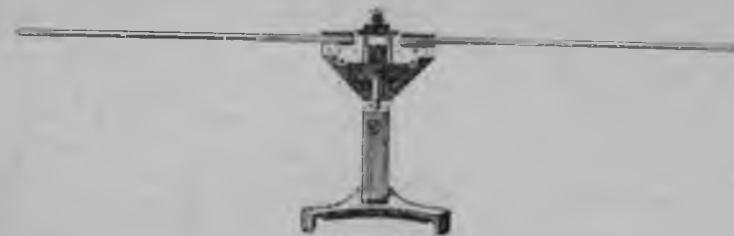


Рис. 32.3

тора додається випромінюючий і приймальний диполі та резонуючий контур.

Випромінюючий диполь (лінійний вібратор) складається з двох латунних трубок або стержнів загальною довжиною близько 1 м. Трубки диполя накручують на латунну шпильку, закріплену на гетинаксовій пластинці. Пластинку за допомогою затискача можна закріплювати на панелі генератора над контурним витком.

Приймальний диполь (рис. 32.3) складається з двох латунних трубок завдовжки близько 30 см кожна. У трубки вставлено латунні стержні довжиною 30 см. Переміщуючи стержні в трубках, довжину приймального диполя можна змінювати.

Резонуючий контур (рис. 32.4) змонтовано на гетинаксовій панелі. Контур складається з латунного витка, конденсатора змінної ємності і патрона з лампочкою на 3,5 В, 0,28 А. Настроюють контур у резонанс з генератором обертанням за ручку рухомої пластини конденсатора.



Рис. 32.4

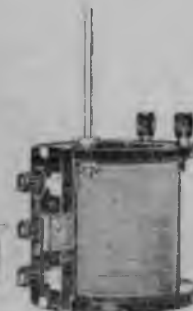


Рис. 32.5

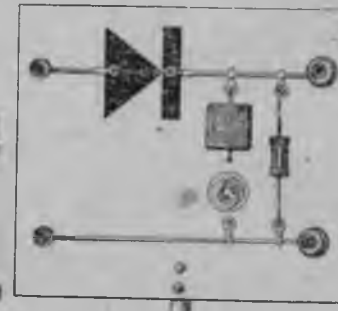


Рис. 32.6

В описаних нижче дослідах (завдання II) використано деякі саморобні пристрої.

Котушку генератора коливань (рис. 32.5) виготовляють з котушки універсального шкільного трансформатора (на 12 В). Зверху наявної обмотки намотують обмотку зворотного зв'язку (дріт у кольоровій хлорвініловій ізоляції — 20 витків). Кінці обмотки під'єднують до двох клем, встановлених на одній із щічок каркаса котушки.

Детекторну комірку (рис. 32.6) змонтовано на гетинаксовій панелі розмірами 16×13 см. Характеристики елементів комірки подано на рис. 32.10.

Завдання I. Проробити з генератором УВЧ досліди 113 (першу частину), 115, 119 (Л. 3, с. 286—299).

Завдання II. Проведіть демонстрування радіозв'язку.

Хід роботи

1. Складіть передавальну частину установки для демонстрування радіозв'язку (рис. 32.7). Модуляцію височастотних коливань здійснюють змінним струмом з частотою 50 Гц (від мережі). На схемі рис. 32.8 показано спосіб сіткової модуляції. Тут T — шкільний трансформатор на підставці (4-вольтова обмотка трансформатора вмикається в коло сітки лампи генератора, а на 120-вольтову обмотку подається змінна напруга від РНШ).

2. Складіть приймальну частину установки для демонстрування радіозв'язку (рис. 32.9). Схему приймальної

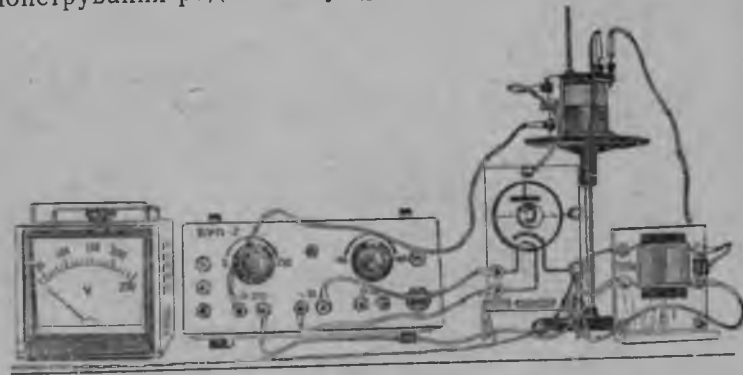


Рис. 32.7

ної частини показано на рис. 32.10. Тут $L1$ — 12-вольтова котушка універсального шкільного трансформатора; $C2$ — демонстраційний конденсатор змінної ємності.

Щоб поліпшити якість коливальних контурів передавальної і приймальної частин установки, в отвори котушок бажано помістити по феритовому стержню завдовжки 80—100 мм і діаметром 8—12 мм. Передавальну і приймальну частини установки розміщують на столі так, щоб відстань між антенами дорівнювала 1—2 м.

3. Продемонструйте явище резонансу. Регулятор напруги ставлять в «нульове» положення (модуляції немає). Коливальний контур «приймача» приєднують безпосередньо до входу осцилоскопа (без детекторної комірки). На осцилоскопі встановлюють максимальну частоту горизонтальної розгортки (близько 18 кГц). Вмика-

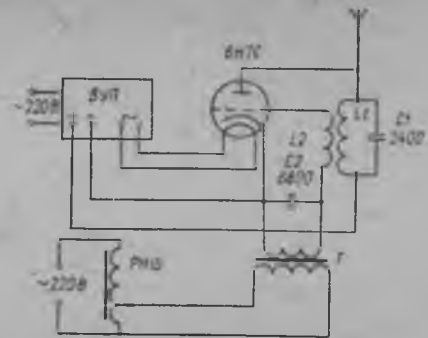


Рис. 32.8

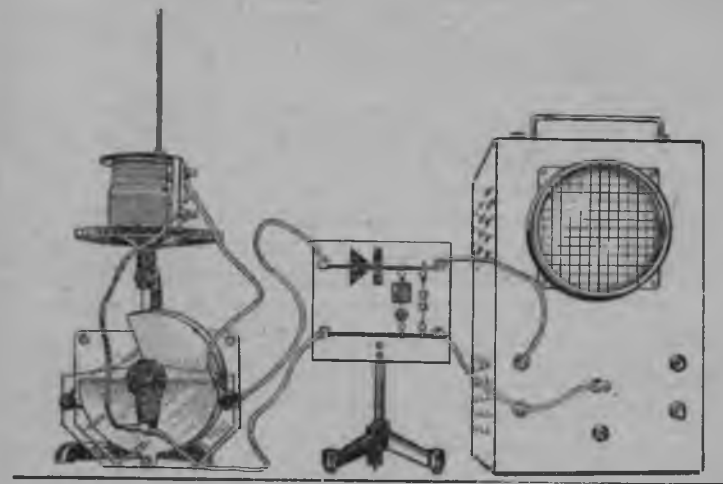


Рис. 32.9

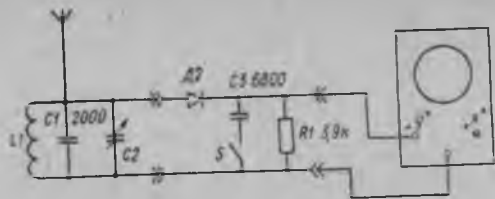


Рис. 32.10

ють живлення приладів, і коли на екрані осцилоскопа з'являється світіння, повільно обертають ручку змінного конденсатора. Спостерігають за збільшенням амплітуди коливань на екрані осцилоскопа, доводячи її до найбільшого значення (що відповідає моменту резонансу).

За осцилограмою визначте (приблизно), на якій частоті працює генератор «передавача».

4. Покажіть модуляцію коливань. Частоту горизонтальної розгортки встановлюють на 25 Гц.

За допомогою РНШ подають змінну напругу на модуляційний трансформатор. На екрані осцилоскопа спостерігають графік високочастотних модульованих коливань. Збільшуючи напругу модуляції, демонструють графік перемодульованих коливань. Фіксують значення напруги на вольтметрі РНШ, при якій спостерігається перемодуляція коливань.

5. Покажіть демодуляцію коливань. Для цього між коливальним контуром «приймача» і осцилоскопом вмикають детекторну комірку. Блокуючий конденсатор $C3$ слід при цьому від'єднати (перемикачем S). На екрані спостерігають осцилограму. Вмикаючи блокуючий конденсатор, спостерігають осцилограму низькочастотної складової детектованих коливань.

Збільшуючи напругу модуляції до значення, при якому настає перемодуляція, спостерігають спотворення низькочастотної складової детектованих коливань.

Контрольні запитання

- 1) Яке призначення в схемі рис. 31.8 має конденсатор $C2$?
- 2) Який вигляд мають осцилограми в дослідах 3—5? Зарисуйте їх.
- 3) Як за осцилограмою модульованих коливань визначити коефіцієнт модуляції?
- 4) Чому дорівнює коефіцієнт модуляції у високоякісному радіомовленні?

33. ДОСЛІДИ З ГЕНЕРАТОРОМ САНТИМЕТРОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою демонстрування основних властивостей електромагнітних хвиль радіодіапазону.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Заводська інструкція до генератора сантиметрових хвиль.

Обладнання: генератор сантиметрових електромагнітних хвиль з набором приладдя; підсилювач коливань низької частоти; динамічний гучномовець; ВУП-2 (або ВУП-1); штатив; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення властивостей електромагнітних хвиль і які досліди рекомендує програма.
2. Прочитайте розділ «Електромагнітні хвилі» в підручнику з фізики для 10 класу.
3. Прочитайте в курсі радіотехніки про будову і дію клістрона.
4. Ознайомтесь за даним описом з основним обладнанням для демонстрування властивостей електромагнітних хвиль.
5. Продумайте відповіді на запитання:
 - а) Які досліди рекомендує програма до вивчення властивостей електромагнітних хвиль?
 - б) Як працює генератор НВЧ на клістроні?
 - в) Що входить до комплекту генератора НВЧ?
 - г) Як можна регулювати тональність модулюючих сигналів у генераторі?
 - д) Як пояснити дію підсилювача коливань низької частоти на електронних лампах?

Загальний опис приладів

Для демонстрування властивостей електромагнітних хвиль Головучтехпром випускає навчальний комплект з генератором сантиметрових хвиль конструкції Н. М. Шахмаєва. У комплект (рис. 33.1) входять такі прилади і



Рис. 33.1

пристосування: генератор надвисокої частоти (НВЧ) з мультівібратором 1, приймач з рупорною антеною 2, приймач з дипольною антеною 3, призми з діелектрика 4, дві поляризаційні решітки 5, лінза з діелектрика 6, металеві пластинки 7 (4 шт.), пластинка з діелектрика 8, диск металевий 9, тримачі для пластин 10.

Зовнішній вигляд генератора (з рупорною антеною) показано на рис. 33.2, а його принципову схему на рис. 33.3. Прилад складається з генератора НВЧ, скла-



Рис. 33.2

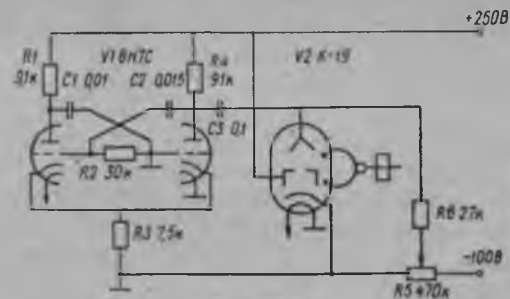


Рис. 33.3

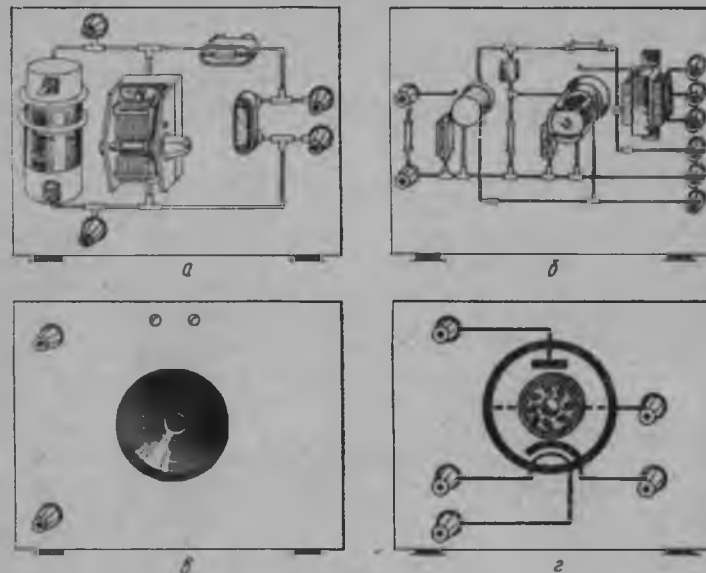


Рис. 33.4

деного на клістроні К-19, і мультівібратора на подвійному тріоді 6Н7С. У резонаторі клістрона збуджуються коливання з частотою 10 000 МГц (довжина хвилі 3 см).

Модуляція високочастотних коливань здійснюється мультівібратором. Частоту модуляції в межах 500—600 Гц можна змінювати змінним резистором R5. Живиться прилад від випрямляча ВУП-1 або ВУП-2.

Набір радіотехнічний (НРТ) складається з детекторного радіоприймача (а), двокаскадного підсилювача

коливань низької частоти (б), електродинамічного гучномовця (в) і лампової панелі (г) (рис. 33.4).

Детекторний радіоприймач і підсилювач складено відкритим монтажем на вертикальних панелях. Розміщення деталей відповідає принципіальним схемам цих приладів. Вторинна обмотка вихідного трансформатора має три виводи: верхня і середня клеми призначені для під'єднання гучномовця; середня і нижня клеми — для під'єднання до генератора УВЧ (при демонструванні амплітудної модуляції).

Демонстраційну лампову панель змонтовано на фоні схематичного зображення лампового тріода. На панелі встановлено подвійний тріод 6Н7С (обидва тріоди з'єднані паралельно).

Завдання 1. Показати відбиття і заломлення електромагнітних хвиль.

Хід роботи

1. Складіть установку за рис. 33.5. Рупорні антени розміщують одна навпроти одної на відстані 1—1,5 м. Увімкнувши живлення, чекають, поки зазвучить гучномовець. Обертаючи антену передавача навколо вертикальної осі, спостерігають спочатку послаблення, а потім і повне зникнення прийому. Повторюють дослід з антеною приймача. Роблять висновок про напрямлену дію рупорної антени.

2. Покажіть відбиття електромагнітних хвиль. Генератор і приймач повертають так, як показано на рис. 33.6, при цьому прийом припиняється. У лапці штатива закріплюють алюмінієву пластинку в такому положенні,

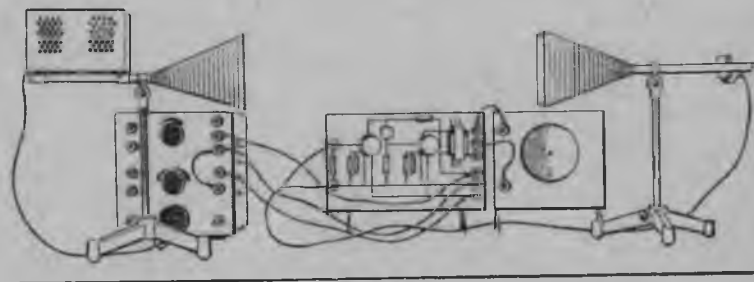


Рис. 33.5

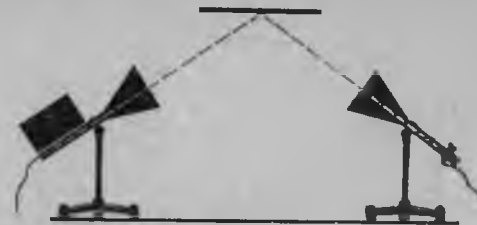


Рис. 33.6

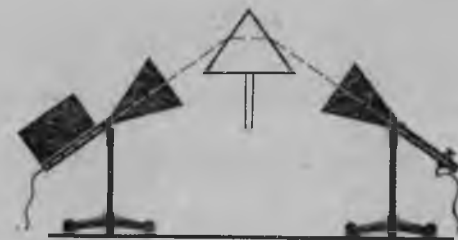


Рис. 33.7

ні, при якому забезпечується голосний прийом. Роблять відповідні висновки.

Повторюють дослід, замінивши алюмінієву пластинку на пластинку з ізолюючого матеріалу.

Сформулюйте висновки з цих дослідів. Поясніть механізм відбиття електромагнітних хвиль.

3. Покажіть явище заломлення електромагнітних хвиль у тригранній призмі.

В установці з попереднього дослідів відбиваючу пластинку замінюють тригранною призмою (рис. 33.7). При цьому спостерігають відновлення прийому, що дає змогу зробити висновок про заломлення електромагнітних хвиль.

4. Покажіть дію збиральної лінзи.

Перед генератором на відстані 80—120 см розміщують приймач без рупора. Вмикають живлення і спостерігають дуже слабкий прийом. У простір між генератором і приймачем вносять збиральну лінзу (рис. 33.8). Переміщуючи лінзу по столу, знаходять таке положення її, при якому голосність стає максимальною. Роблять висновки.

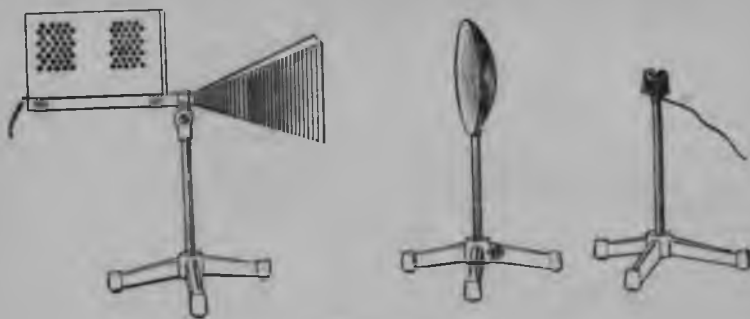


Рис. 33.8

Завдання II. Показати явище інтерференції електромагнітних хвиль.

Хід роботи

1. Генератор і приймач розміщують один навпроти одного (рис. 33.9). Потім знизу підносять металеву пластинку в горизонтальному напрямі. Поступово піднімаючи пластинку, виявляють почергове послаблення і підсилення прийому.

2. Дайте відповіді на запитання:

а) Як за рисунком пояснити явище, що спостерігається?

б) Чи можна продемонструвати явище інтерференції хвиль від двох генераторів НВЧ?

в) Запропонуйте варіант досліду інтерференції електромагнітних хвиль з використанням бідзеркал Френеля.

Завдання III. Продемонструвати явище дифракції електромагнітних хвиль.



Рис. 33.9

Хід роботи

1. Складіть установку, як показано на рис. 33.5, розмістивши антени на відстані 1 м одна від одної. У простір між антенами вносять алюмінієвий екран. Прийом припиняється. Напрявивши приймальну антену на край екрана, виявляють електромагнітні хвилі. Роблять висновок про дифракцію електромагнітних хвиль.

2. У простір між антенами вносять другий екран так, щоб між ними утворилась щілина завширшки 4—5 см. Пересуваючи за щілиною приймальну антену по дузі кола, центр якого міститься на середині щілини, виявляють центральний і бічні максимуми.

3. Дайте відповіді на запитання:

а) Як за рисунком пояснити дифракцію хвиль на щілині?

б) Запропонуйте варіант досліду для демонстрування дифракції електромагнітних хвиль на дифракційній решітці.

в) Як показати дифракцію електромагнітних хвиль на алюмінієвому диску, що входить до набору?

Завдання IV. Показати явище поляризації електромагнітних хвиль.

Хід роботи

1. Складіть установку, як показано на рис. 33.5. Між антенами розміщують поляризаційні решітки так, щоб електромагнітні хвилі крізь них проходили. Потім одну з решіток повільно обертають і спостерігають послаблення прийому. При взаємно перпендикулярному розміщенні решіток прийом зовсім припиняється.

2. Прийміть одну з решіток і повторіть дослід.

3. Дайте відповіді на запитання:

а) Який висновок можна зробити з досліду 2?

б) Як повинні бути розміщені стержні поляризаційної решітки відносно електричного вектора електромагнітної хвилі, щоб хвилі через неї не проходили?

в) Чи можна, використовуючи даний генератор, показати явище поляризації електромагнітних хвиль без поляризаційних решіток?

г) Чи можна поляризаційні решітки використати для демонстрування явища дифракції електромагнітних хвиль?

34. ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою постановки і проведення основних дослідів з геометричної оптики.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972, с. 360—361; 375—376.
4. Чепуренко В. Г. і ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976, с. 186—187.

Обладнання: прилад для вивчення законів геометричної оптики; акумулятор з напругою 6—8 В; збиральна лінза; ковпачок на електричну лампочку, на якому вирізана буква «Г»; електрична лампочка на підставці; жолоб; екран на підставці; ключ; з'єднувальні провідники; стрічка з ціною поділки 0,5 см/под.; набір діафрагм.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення питань геометричної оптики і які досліді рекомендує програма.
2. Прочитайте розділ «Геометрична оптика» в підручнику для 10 класу.
3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням для проведення дослідів з геометричної оптики.
4. Продумайте відповіді на такі запитання:
 - а) На яких основних законах ґрунтується геометрична оптика?
 - б) За яких умов діють закони геометричної оптики?
 - в) Як за зовнішнім виглядом встановити вид лінзи (збиральна чи розсіювальна)?
 - г) Чому в шкільному підручнику, описуючи лінзи, мають на увазі тонкі лінзи?
 - д) Навіщо об'єктиви оптичних приладів роблять складеними з кількох лінз?
 - е) Яку будову має освітлювач у приладі для вивчення законів геометричної оптики?
 - е) Покажіть на схемі утворення в освітлювачі п'ятьох світлових пучків.

Загальний опис приладів

Для демонстраційних дослідів з геометричної оптики Головучтехпром випускає прилад для вивчення законів геометричної оптики. За допомогою приладу можна демонструвати закони відбиття і заломлення світла, побудову зображень предмета в лінзах і дзеркалах, хід променів в оптичних системах. Прилад (рис. 34.1) складається з масивної підставки, на якій за допомогою поворотного важеля-тримача закріплено освітлювач. На підставці можуть бути встановлені знімні, покриті білою фарбою, круглий (шайба) і прямокутний екрани.

Освітлювач (рис. 34.2) складається з циліндричного корпусу 3, на який з одного боку надіто оправу патрона 2 з електричною лампою 9 (6—8 В, 10 Вт). На корпусі є дві клемми 1 для під'єднання живлення лампи. Оправу з лампою можна вільно повертати, що дає можливість установити лампу так, щоб її нитка розжарювання була паралельна щілині 8 (це потрібно для утворення чітко окресленого світлового пучка). У корпус вмонтовано однолінзовий конденсор 4. Нитка розжарювання лампи міститься у фокальній площині лінзи, що забезпечує утворення паралельного світлового пучка. З переднього боку корпус закінчується камерою 6, у пази якої вставлено об'єктиву 7 з пристроєм для утворення світ-



Рис. 34.1

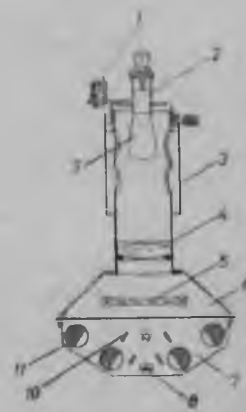


Рис. 34.2

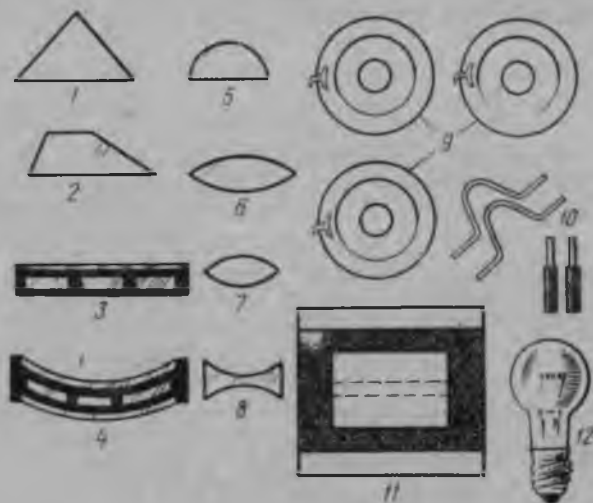


Рис. 34.3

лових пучків. У прямокутний отвір 5 камери 6 можна вставити світлофільтр для утворення кольорових світлових пучків.

Пристрій для утворення світлових пучків складається з чотирьох нерухомо прикріплених до стінок камери 7 дзеркал 10 і чотирьох поворотних дзеркал 11. Повертаючи ці дзеркала, можна спрямовувати відбиті від них світлові пучки в потрібному напрямі. У камері і в обоймі є щілини, крізь які проходить середній пучок від освітлювача. При потребі його можна перекрити поворотною заслінкою. Отже, від освітлювача можна мати від одного до п'яти світлових пучків, напрям середнього з яких змінювати не можна, а чотирьом бічним пучкам можна легко надати довільного напрямку, повертаючи відповідні дзеркала 11. Для проведення дослідів на круглому або прямокутному екрані закріплюють потрібні оптичні пристрої.

У комплект пристроїв (вони розміщені у футлярі) входять (рис. 34.3): призма прямокутна 1, призма трапецієподібна 2, дзеркало плоске 3, дзеркало вгнуте і опукле 4, лінза напівциліндрична 5, лінза велика двоопукла ($F=140$ мм) 6, лінза мала двоопукла ($F=70$ мм) 7, лінза двовгнута ($F=70$ мм) 8 і, крім цього, такі деталі: тримачі оптики 10, які встановлюються на круглому

екрані, — 2 шт., магнітні тримачі 9 для лінз — 3 шт., світлофільтр 11, лампа 12 на 10 Вт — 2 шт. (одна лампа вставлена в освітлювач).

Прилад готують до роботи так:

1. Установлюють на підставці потрібний для досліду екран (круглий або прямокутний).

2. Під'єднують до клем освітлювача джерело постійного або змінного струму з напругою 6—8 В.

3. Повертаючи дзеркала освітлювача, дістають на екрані п'ять паралельних світлових пучків. Якщо які-небудь з пучків буде погано видно або вони не доходять до краю екрана, то ослаблюють затискач кульового шарнірного з'єднання освітлювача з важелем-тримачем і, повертаючи освітлювач або зміщуючи в горизонтальній площині, добиваються утворення на екрані світлих смуг, які проходили б через усю площину екрана і їх було б на ньому добре видно.

Після цього освітлювач міцно закріплюють затискачем.

4. Якщо пучки, що проходять по екрану, розмиті, треба поворотом оправи патрона поставити лампу так, щоб нитка розжарювання лампи була паралельна щілинам.

Інколи доводиться також незначним переміщенням патрона з лампою вздовж осі корпусу освітлювача добиватися чіткого фокусування нитки розжарювання лампи.

5. Повертаючи дзеркала, залишають на екрані потрібну для демонстрування досліду кількість пучків, надаючи їм потрібного напрямку.

Завдання I. Продемонструвати відбиття світла від дзеркал.

Хід роботи

1. Підготуйте до досліду прилад для вивчення законів геометричної оптики. Установіть на приладі круглий екран.

2. Закріпіть на екрані плоске дзеркало, як показано на рис. 34.4. Продемонструйте три випадки відбиття пучків — перпендикулярного до дзеркала, одного похилого і одночасно трьох похилих. Повертаючи освітлювач, покажіть залежність кутів відбиття від кутів падіння. Установіть характер залежності між ними.



Рис. 34.4



Рис. 34.5

3. Установіть на екрані вгнуте дзеркало. Експериментально визначте його геометричний центр і головний фокус. Покажіть хід спочатку одного, а потім трьох пучків, паралельних головній оптичній осі.

Дослід проробіть із світлофільтром і без нього. Порівняйте ефективність дослідів.

Покажіть хід пучка, спрямованого через головний фокус.

4. Проробіть аналогічні п. 3 дослід з опуклим дзеркалом.

Завдання II. Продемонструвати явище заломлення світла.

Хід роботи

1. Підготуйте до дослідів прилад для вивчення законів геометричної оптики. Установіть на приладі круглий екран.

2. Закріпіть на екрані півциліндр, як показано на рис. 34.5.

Покажіть хід пучка, що падає на середину плоскої грані перпендикулярно до неї.

Повертаючи освітлювач, покажіть залежність кута заломлення від кута падіння. Встановіть характер цієї залежності.

3. Продумайте, як, використовуючи півциліндр, можна показати повне відбиття світла? Покажіть це явище.



Рис. 34.6

4. Виконайте дослід «Заломлення і повне відбиття світла в призмі» (Л. 3, с. 360—361).

Завдання III. Показати, як проходить світло через лінзи.

Хід роботи

1. Підготуйте до дослідів прилад для вивчення законів геометричної оптики. Установіть на приладі прямокутний екран.

2. На екрані закріпіть збиральну лінзу ($F = 140$ мм), як показано на рис. 34.6. Пропускаючи світло через середню щілину, дістаємо зображення головної оптичної осі.

Покажіть, що паралельний пучок світла після заломлення в лінзі збирається в одній точці — у головному фокусі лінзи.

Продемонструйте, що пучок, який проходить через головний фокус, заломившись у лінзі, стає паралельним головної оптичної осі.

Покажіть, що пучок, який проходить через оптичний центр лінзи, не зазнає заломлення.

3. Покажіть, як проходять світлові пучки через розсіювальну лінзу.

4. Продемонструйте побудову ходу світлових пучків у мікроскопі (Л. 3, с. 375—376).

Завдання IV. Проробіть лабораторну роботу «Вимірювання головної фокусної відстані та оптичної сили збиральної лінзи» (Л. 4, с. 186—187).

Контрольні запитання

1. Чи може плоске дзеркало дати дійсне зображення? Відповідь поясніть на рисунку.
2. Які мінімальні розміри повинно мати плоске дзеркало, щоб людина, стоячи перед ним, бачила себе на весь зріст? Відповідь поясніть на рисунку.
3. Чим пояснюється обмеженість у збільшенні мікроскопа?
4. Як зміниться зображення на екрані, якщо в проєкційному апараті: а) вийняти конденсор? б) закрити нижню половину об'єктива непрозорим екраном?
5. Запропонуйте установку для демонстрування повного відбиття світла з використанням прямокутного акваріума, наповненого водою.

35. ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА. СПЕКТРИ

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення демонстраційних дослідів, пов'язаних з дисперсією світла та утворенням різного типу спектрів.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Викладання фізики в школі. Збірник статей. К., Радянська школа, 1978, с. 96—100.
4. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972, с. 385—386.

Обладнання: універсальний проєкційний апарат; дугова лампа; освітлювач з ртутною лампою; дросель до ртутної лампи; РНШ; реостат на 6—10 Ом і силу струму 5—8 А; прилад для додавання спектральних кольорів; набір призм; призма прямого зору; лінза двоопукла ($F = 163$ мм); люмінесцюючий екран; фотоелемент ФЕСС-У10; гальванометр демонстраційний від амперметра; світлофільтри скляні; пристрій для утворення розжареної пари натрію; сіль натрію; сірники.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення питань, пов'язаних з дисперсією світла, і які дослідів рекомендує програма.
2. Прочитайте розділ «Випромінювання і спектри» в підручнику з фізики для 10 класу.
3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням для демонстрування явища дисперсії і різних типів спектрів.
4. Продумайте відповіді на запитання:

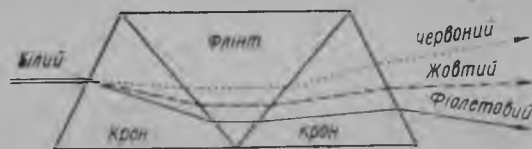


Рис. 35.1

- а) У чому полягає явище дисперсії світла?
- б) Чи можна за кольором світла встановити його частоту?
- в) Які дослідів під час вивчення цієї теми рекомендує програма з фізики для 10 класу?
- г) Які тіла і в якому стані дають суцільний спектр?
- д) Яку будову має призма прямого зору? В яких дослідів її доцільно використовувати?
- е) Як підготувати вуглини дугової лампи для утворення лінійчастих спектрів і для підсилення ультрафіолетової області випромінювання?
- є) Яких правил техніки безпеки потрібно дотримуватись під час роботи з дуговою лампою, ртутною лампою?

Загальний опис приладів

Для утворення призматичних спектрів і для дослідів із спектрами в школі найбільшого поширення набули звичайні тригранні призми з флінтгласу¹ і кронгласу². Призма з флінтгласу при всіх інших однакових умовах дає ширший (більш розтягнутий) спектр, ніж призма з кронгласу. Для утворення спектра в напрямі осі проєкційного апарата Головучтехпром випускає призму прямого зору (призма Амічі, рис. 35.1).

Призма Амічі має форму трапеції, склеєної канадським бальзамом з трьох призм різних оптичних характеристик. Середня призма виготовлена з флінтгласу, а дві крайні — з кронгласу. Комбінація цих призм, повернутих своїми вершинами в протилежні сторони, дає змогу

¹ Флінтглас — група сортів оптичного скла, в якому є домішки свинцевих солей; характеризується порівняно великим світлорозсіюванням і густиною.

² Кронглас — група сортів оптичного скла з домішками кремнію; характеризується малою різницею показника заломлення для хвиль різної довжини.

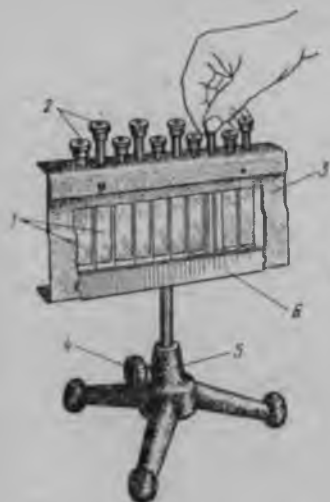


Рис. 35.2

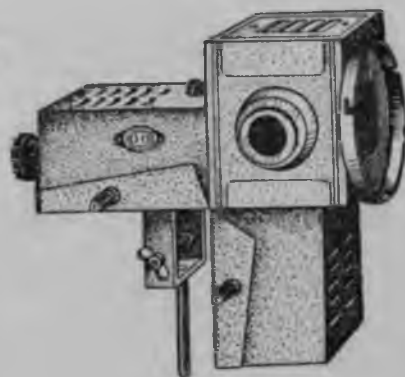


Рис. 35.3

дістати спектр, який своєю середньою частиною лежить у напрямі початкового пучка.

За допомогою приладу для додавання спектральних кольорів можна демонструвати поступове додавання кольорових світлових пучків спектра, а також утворити білий пучок світла і доповняльні кольори. Прилад (рис. 35.2) складається з десяти плоских дзеркальних пластинок 1, закріплених вертикально у металевій рамці 3. Кожне дзеркало можна обертати навколо вертикальної осі за головку 2. Металева рамка має стержень для закріплення в муфті штатива 5 затискним гвинтом 4. Щоб можна було контролювати розміщення на дзеркалах спектра, на рамці під дзеркалами є вузький білий екран 6.

Для дослідів з одержанням різних типів спектрів потрібні відповідні джерела світла. Розглянемо деякі з них.

Дугова лампа (рис. 35.3) є потужним джерелом світла для дослідів з оптичною лавою, а також у дослідях з ультрафіолетовим промінням. Основу лампи становлять два вугільні електроди, розміщені під кутом 90° один до одного, які можна за допомогою спеціального механізму одночасно зводити і розводити. На бічних стінках кожуха лампи розміщено два отвори: один — з кольоро-

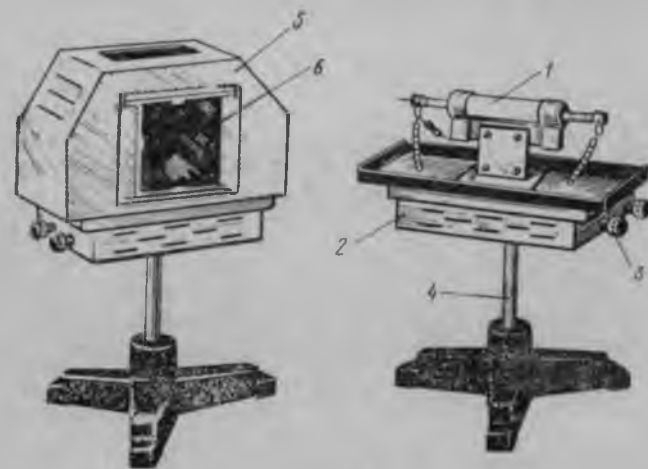


Рис. 35.4

вим склом, щоб спостерігати за горінням дуги; другий— без скла із заслінкою, щоб вводити в полум'я речовини для спалювання.

Живлять дугову лампу від джерела постійного або змінного струму з напругою 45—50 В. Дугова лампа споживає струм силою 5—6 А. Для утворення лінійчастих спектрів у вугільні електроди потрібно ввести домішки. Роблять це так. У вертикальній вуглині висвердлюють уздовж осі канал діаметром 3 мм і завглибшки 30—40 мм. Його набивають сіллю або ошурками того металу, спектр якого хочуть дістати. Щоб збільшити інтенсивність ультрафіолетової частини випромінювання дугової лампи, в канал, висвердлений у вуглині, вставляють алюмінієву дротину.

Освітлювач з ртутною лампою (рис. 35.4) — це джерело ультрафіолетового випромінювання при демонструванні дослідів з оптики. Джерелом світла в освітлювачі є ртутна лампа 1 типу ПРК-4, закріплена на підставці з термостійкого матеріалу. Нижче від лампи, в невеличкій плоскій коробочці 2, вмонтовано два конденсатори С1 і С2 і кнопку К (рис. 35.5). Конденсатор С3 закріплено разом з лампою. З боку від коробочки встановлено дві клемми 3. За допомогою стержня 4 освітлювач закріплюють у рейтері універсального проекційного апарата або в муфті штатива. Ртутна лампа закривається кожухом 5,

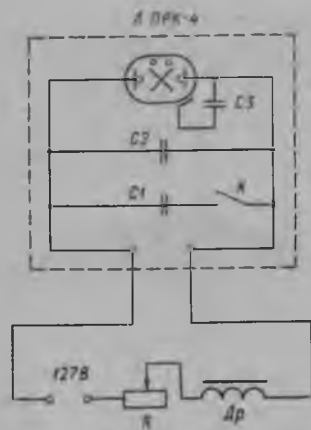


Рис. 35.5



Рис. 35.6



Рис. 35.7

який має отвір з пазами. У пази можна вставляти рамку з увіюлевим склом *б* або рамку з круглим отвором. Для запалювання лампи до клем під'єднують послідовно дросель і реостат з ковзним контактом на 6 Ом і 5 А (рис. 35.5). Котушка дроселя — саморобна. Вона має 280 витків дроту ПЕЛ-1. Індуктивність котушки з замкненим осердям (від універсального трансформатора) становить близько 50 мГн, а активний опір 1 Ом.

Перед вмиканням лампи реостат повністю виводять і, користуючись кнопкою, запалюють лампу. Коли лампа загориться, реостат доводять силу струму в лампі до 3,75—4 А. Саморобний освітлювач для утворення ультрафіолетового проміння можна виготовити, узявши газорозрядні трубки від ламп ДРЛ-250 (Л. 3, с. 96—100). Ці лампи широко застосовують для освітлення вулиць. Основним елементом лампи ДРЛ-250 (дугова ртутна лампа) є трьох- або чотирьохелектродна кварцова газорозрядна трубка *1*, вміщена в колбу *3* з термостійкого скла, покритого зсередини люмінофором (рис. 35.6). Щоб полегшити запалювання трубки, виводять допоміжні електроди *4* поряд з робочими *2*. Щоб вийняти газо-

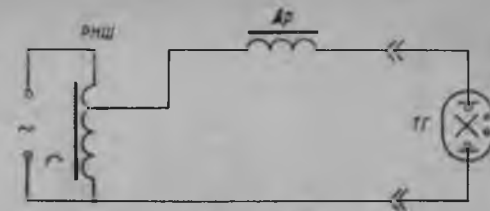


Рис. 35.8

розрядну трубку, колбу лампи обережно надпилюють біля цоколя. Відділивши цоколь від балона, виймають газорозрядну трубку. Підвідні провідники трубки підгинають так, щоб вони вільно входили в гнізда універсального штепселя, де їх закріплюють за допомогою гвинтиків (з різьбою МЗ). У такому вигляді (рис. 35.7) газорозрядну трубку кріплять у гніздах освітлювача універсального проєкційного апарата. Схему вмикання газорозрядної трубки показано на рис. 35.8. Роль дроселя виконує котушка на 120 В від універсального трансформатора, надіта на розімкнуте осердя. Запалюється газорозрядна трубка при напрузі 170—200 В, після чого напруга зменшується до 120—150 В.

Завдання I. Дістати на екрані суцільний спектр і показати додавання спектральних кольорів.

Хід роботи

1. Для демонстрування на екрані суцільного спектра складають установку, показану на рис. 35.9. Щілину, розсунуту до 1,5—2 мм, закріплюють у такому положенні, щоб збіжний пучок світла симетрично освітлював усю її площину. Екран розміщують у положенні *І* і за допо-

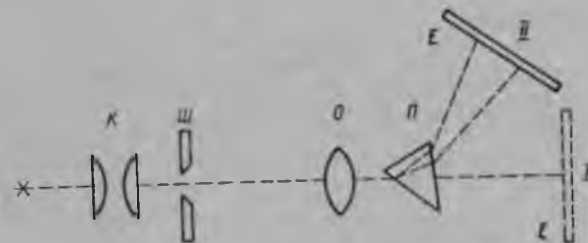


Рис. 35.9

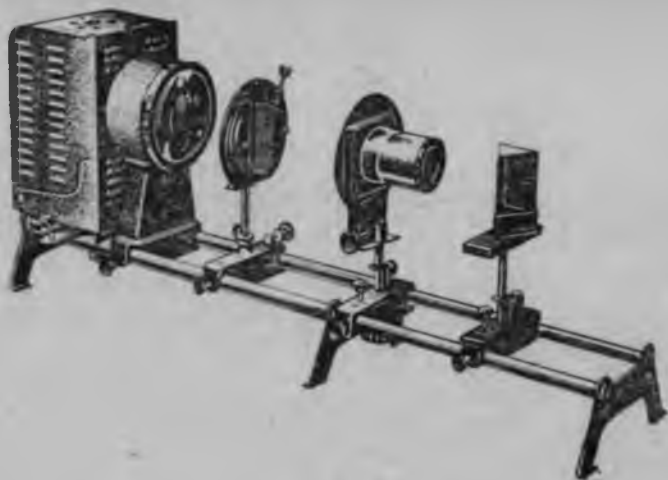


Рис. 35.10

могою об'єктива добиваються чіткого зображення щілини. Після цього екран переносять у положення II, а перед об'єктивом на столику, закріпленому в рейтері (рис. 35.10), встановлюють призму з флінтгласу так, щоб її заломлююче ребро було паралельне щілині, а весь пучок світла проходив крізь прані заломлюючого кута. На екрані дістають суцільний спектр.

2. На призму з флінтгласу поставте призму з кронгласу так, щоб їх площини і ребра збігалися. Утворіть одночасно два спектри, порівняйте їх, зробіть відповідний висновок.

3. На столику перед об'єктивом установіть призму прямого зору. Екран розмістіть перпендикулярно до осі проєкційного апарата. Дістаньте суцільний спектр.

4. Покажіть явище додавання спектральних кольорів.

За допомогою призми утворіть спектр на дзеркалах приладу для додавання спектральних кольорів (рис. 35.2). Відстань від призми до приладу підбирають такою, щоб увесь спектр помістився на дзеркалах. Після цього дзеркала повертають на деякий кут так, щоб на екрані утворити окремо одну від одної спектральні кольорові смуги. Потім дзеркала повертають так, щоб зібрати всі сім кольорів на одну вузьку смугу, яка в результаті цього стає білою.

Завдання II. Дістати на екрані лінійчастий спектр.

Хід роботи

1. Покажіть, як дістати лінійчастий спектр з використанням дугової лампи.

В установці (рис. 35.10) освітлювач з лампою розжарювання замінюють дуговою лампою, з підготовленими до досліду вуглинами (див. с. 237)¹. Розсуну щілину закріплюють на диску-ширмі з діафрагмою. Отвір діафрагми (10 мм) розміщують на такій висоті, щоб через нього проходило світло тільки від полум'я дуги.

Схему вмикання дугової лампи показано на рис. 35.11. Увімкнувши живлення, обертають регульовальну ручку лампи за годинниковою стрілкою, зводячи кінці вуглин до зіткнення. Після цього їх повільно розводять на максимально можливу відстань. При правильній установці приладів на фоні слабкого суцільного спектра з'являться яскраві лінії, характерні для даного металу.

2. Покажіть, як дістати лінійчастий спектр з використанням ртутної лампи.

В установці (рис. 35.10) освітлювач з лампою розжарювання замінюють освітлювачем з ртутною лампою. Лінійчастий спектр пари ртуті демонструють так само, як і суцільний спектр (завдання I, п. 1).

Завдання III. Показати спосіб утворення спектрів поглинання (Л. 4, с. 385—386).

Завдання IV. Показати спосіб виявлення інфрачервоного проміння в суцільному спектрі.

Хід роботи

1. На екрані за допомогою призми прямого зору утворюють суцільний спектр. На відстані приблизно 1 м від призми розміщують фотоелемент, з'єднаний з гальванометром (тінь фотоелемента при цьому проєктується на екран). Повільно пере-

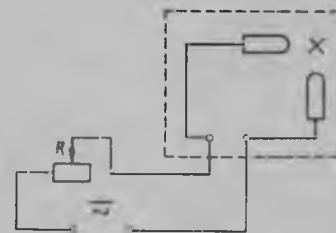


Рис. 35.11

¹ При живленні дуги постійним струмом начинена вуглина повинна бути встановлена горизонтально і під'єднана до позитивного полюса джерела живлення.

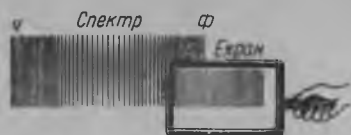


Рис. 35.12

2. Запропонуйте установку для демонстрування різної поглинальної здатності інфрачервоного випромінювання різними тілами.

Завдання V. Продемонструвати метод виявлення ультрафіолетового проміння в суцільному спектрі.

Хід роботи

1. На оптичній лаві від універсального проекційного апарата встановіть дугову лампу (без конденсора). Вприпул до лампи встановіть ширму з розсувною щілиною, розсунувши щілину на 3—4 мм. У рейтері закріплюють двоопуклу лінзу (з набору лінз і дзеркал; $F = 163,4$ мм). Перед лінзою встановлюють на столику призму з флінтгласу (або саморобну з органічного скла) і утворюють на екрані суцільний спектр. До нижньої половини фіолетової смуги спектра прикладають люмінесціюючий екран і спостерігають світіння його не тільки у фіолетовій частині, а й поза нею (рис. 35.12).

2. Повторіть дослід, використавши освітлювач з ртутною лампою.

Контрольні запитання

1. Чому в описаних вище дослідах у ролі об'єктива використано лінзу?
2. Порівняйте ефективність дослідів з використанням дугової і ртутної ламп.
3. Чи можна в цих дослідах використати призму прямого зору?
4. Чи можна для виявлення ультрафіолетового проміння використати фотоелемент, а для виявлення інфрачервоного — люмінесцентний екран?

36. ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ І ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення дослідів при вивченні явищ інтерференції та дифракції світла.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972, с. 321—323.
4. Чепуренко Н. Г. та ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах, К., Радянська школа. 1976, с. 203—206.

Обладнання: універсальний проекційний апарат; набір з інтерференції і дифракції світла; настільний екран; набір світлофільтрів; лабораторний прилад для вимірювання довжини світлової хвилі; електрична лампа з прямою ниткою розжарювання; грамофонна пластинка; штатив з муфтою і лапкою; кільцевий каркас для мильної плівки; мильний розчин.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення явищ інтерференції і дифракції та які досліди рекомендує програма.

2. Прочитайте розділ «Світлові хвилі» в підручнику для 10 класу.

3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням для демонстрування явищ інтерференції і дифракції світла.

Продумайте відповіді на запитання:

- а) Що таке монохроматичне світло?
- б) Які способи утворення монохроматичного світла застосовують у шкільному навчальному експерименті?
- в) Які хвилі називаються когерентними?
- г) Як утворити когерентні хвилі:
 - 1) на поверхні води?
 - 2) звукові?
 - 3) світлові?
- д) Які досліди з інтерференції і дифракції світла рекомендує програма з фізики для 10 класу?
- е) Які прилади входять до набору з інтерференції і дифракції світла? Яка їх будова?

Загальний опис приладів

Техніка демонстрування дослідів з інтерференції і дифракції світла досить складна. Ці досліди потребують попередньої старанної підготовки і перевірки, а також ретельного виконання їх. Для проведення багатьох дослідів з інтерференції і дифракції світла Головучтех-



Рис. 36.1

пром випускає спеціальний «Набір з інтерференції і дифракції світла» (рис. 36.1).

До набору входять такі частини:

- 1) прилад для демонстрування кілець Ньютона 5;
- 2) біпризма Френеля 4;
- 3) дифракційна решітка з періодом $1/100$ 7;
- 4) рамка з ниткою 6;
- 5) розсувна щілина 3;
- 6) дві ширми-диски на стержнях для встановлення зазначених вище деталей 2;
- 7) рамка для зберігання деталей 1.

Конструкція ширми передбачає можливість обертання кілець у її середній частині відносно диска із стержнем. У кільцях за допомогою двох гвинтів закріплюють деталі з набору. Стержні ширм закріплюють у рейтерах оптичної лави універсального проєкційного апарата.

Прилад для демонстрування кілець Ньютона складається з плоско-опуклої лінзи, покладеної опуклістю на плоскопаралельну круглу пластинку. Лінзу і пластинку закріплено в металевій оправі з трьома регулювальними гвинтами.

Підготовку дослідів з інтерференції і дифракції слід починати з перевірки положення джерела світла в проєкційному апараті: його світна частина повинна бути на головній оптичній осі конденсора апарата.

Установлюючи перед конденсором щілину та діафрагму, треба простежити, щоб весь світловий пучок, який виходить з конденсора, був симетрично розташований на їхній поверхні. Решту приладів, необхідних для дослідів, слід установлювати симетрично головній оптичній осі конденсора. Правильність установлення приладів можна перевірити, користуючись як екраном — клаптиком білого паперу. Прикладаючи його до поверхні приладу, перевіряють положення світлової плями на деталях установки.

Демонстрування дослідів з інтерференції і дифракції потребує повного затемнення аудиторії.

Щоб максимально полегшити виконання описаних нижче дослідів, зазначено орієнтовні відстані між приладами, які в кожному окремому випадку треба уточнювати, намагаючись досягти найкращого результату.

Завдання I. Показати досліди з інтерференції світла.

Хід роботи

1. Покажіть інтерференцію світла від біпризми Френеля.

Складають установку згідно з рис. 36.2. Проєкційну лампу освітлювача повертають ребром світної поверхні до конденсора.

Ширму з щілиною, розсунутою на $1-1,5$ мм, закріплюють у рейтері оптичної лави апарата і встановлюють у такому місці, щоб вона була рівномірно освітлена пучком світла, який виходить з конденсора.

Ширму з біпризмою встановлюють на відстані приблизно 40 см від щілини (рис. 36.3; тут: *К* — конденсор, *Щ* — щілина, *Бп* — біпризма, *Е* — екран.

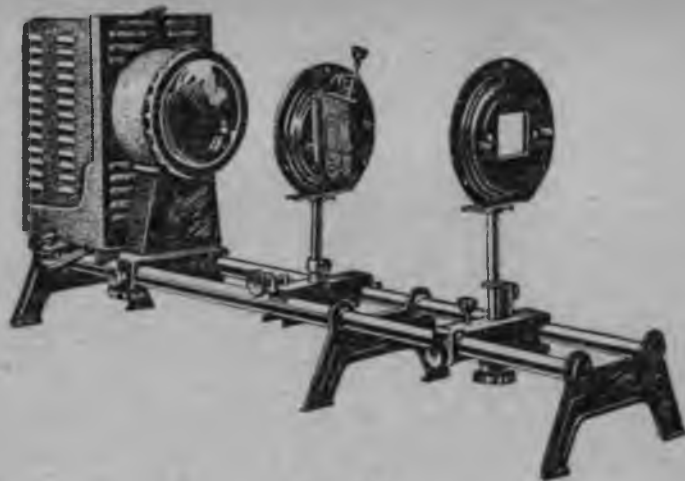


Рис. 36.2

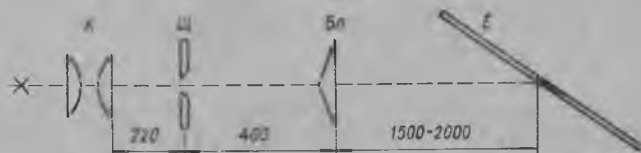


Рис. 36.3

Для успішного проведення досліду ребро біпризми повинно бути розміщене паралельно щілині і перебувати з нею в одній вертикальній площині, що проходить уздовж головної оптичної осі конденсора. Перевіряють це так. Біля біпризми ставлять настільний екран і повільно повертають щілину або біпризму навколо оптичної осі конденсора в той чи інший бік доти, поки на екрані не з'явиться вузька яскрава смужка з чіткими паралельними краями. Після цього екран ставлять на місце (рис. 36.3), а ширину щілини зменшують до утворення на екрані чіткої інтерференційної картини.

2. Розмістіть за біпризмою світлофільтр (червоний, зелений, синій). Простежте, як змінюється інтерференційна картина при зміні світлофільтрів.

3. Покажіть інтерференцію світла за допомогою приладу для демонстрування кілець Ньютона.

Складають установку за рис. 36.4. Тут: *К* — конден-

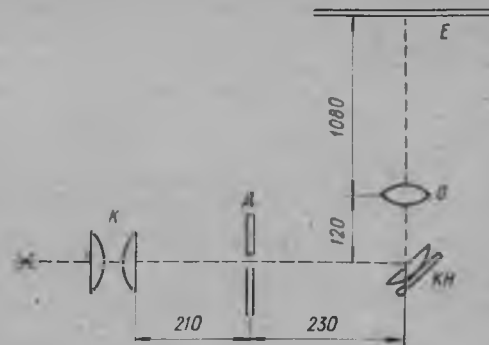


Рис. 36.4



Рис. 36.5

сор, *Д* — діафрагма, *КН* — прилад для демонстрування кілець Ньютона, *О* — об'єктив, *Е* — екран.

Перед дослідом регулювальні гвинти на приладі для демонстрування кілець Ньютона треба поставити так, щоб у середній частині приладу утворилися кольорові кільця правильної форми діаметром 20—25 мм. Загаль-

ний вигляд установки для демонстрування кілець Ньютона показано на рис. 36.5.

Діставши на екрані зображення, покажіть, як зміна величини повітряного проміжку впливає на форму кілець.

4. Покажіть кільця Ньютона в монохроматичному світлі. Зверніть увагу на зміну діаметра кілець при зміні світлофільтрів.

5. Покажіть інтерференцію світла в мильній плівці (Л. 3, с. 318—319).

Завдання II. Продемонструвати досліди з дифракції світла.

Хід роботи

1. Покажіть дифракцію світла від нитки (Л. 3, с. 321—323).

2. Покажіть дифракцію світла від дифракційної решітки.

Складають установку згідно з рис. 36.6. На лаві універсального проєкційного апарата встановлюють після конденсора ширму з розсувною щілиною (завширшки 2—2,5 мм), а за нею об'єктив. За допомогою об'єктива

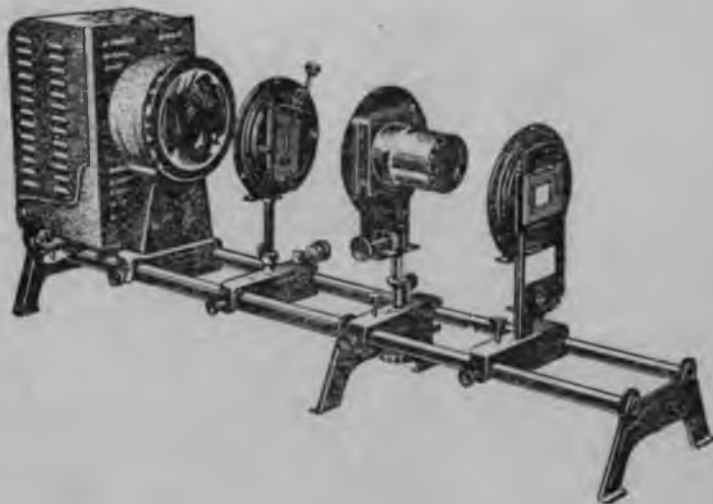


Рис. 36.6

дістають на екрані зображення щілини. Після цього на шляху світлового пучка перед об'єктивом встановлюють дифракційну решітку так, щоб її штрихи були паралельні щілині. На екрані матимемо дифракційний спектр.

3. Покажіть дифракційні спектри, утворені в монохроматичному світлі. Використайте для цього червоний, зелений і синій світлофільтри.

Порівняйте спектри і зробіть відповідні висновки.

Завдання III. Виконати лабораторну роботу «Вимірювання довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної решітки» (Л., 4, с. 203—206).

Контрольні запитання

1. Чому дослід з біпризмою Френеля найчастіше рекомендують як вихідний експеримент з інтерференції світла?

2. Як пояснити утворення кілець Ньютона?

3. Чи може звичайний гребінець бути дифракційною решіткою для світлових хвиль?

4. Що означає симетричність у розташуванні максимумів у дифракційному спектрі?

5. Як змінюється дифракційний спектр при зменшенні періоду решітки?

6. Чим відрізняється дифракційний спектр від дисперсійного?

37. ПОЛЯРИЗАЦІЯ СВІТЛА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення демонстраційних дослідів з поляризації світла.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.

2. Підручник з фізики для 10 класу.

3. Б у р о в В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972.

Обладнання: універсальний проєкційний апарат; набір з поляризації світла; гумова трубка завдовжки 3—4 м; дві рами з вузькими щілинами; три штативи; струбцина; екран.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення поляризації світла та які досліді рекомендує програма.

2. Прочитайте розділ «Світлові хвилі» в підручнику з фізики для 10 класу.

3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням для демонстрування поляризації світла.

4. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) Яке значення має вивчення в шкільному курсі фізики явища поляризації світла?

б) Чи можна поляризувати звукові хвилі в повітрі?

в) Як пояснити подвійне променезаломлення?

г) Де явище поляризації світла використовують на практиці?

д) Які досліди з поляризації світла рекомендує програма?

е) Які досліди з поляризації світла описані в підручнику з фізики для 10 класу?

Загальний опис приладів

Для вивчення явища поляризації світла Головучтехпром випускає «Набір з поляризації світла», який складається з таких деталей (рис. 37.1):

1) два поляроїди *1* в оправках з петлями для закріплення на дисках-шарнірах, які входять до комплекту універсального проєкційного апарата або набору з інтерференції і дифракції;

2) чорне дзеркало *6* (металева кругла пластинка з двома петлями, покрита чорним нікелем);



Рис. 37.1

3) стопа Столетова *4*, закріплена в оправі так, щоб поверхня скляних пластинок лежала під кутом 33° до осі пучка світла, який падає на неї;

4) кристал ісландського шпату *7*, приклеєний до скляної пластинки, у металевій оправі з двома петлями;

5) препарат з клаптиків целофану *8* різної товщини і форми, затиснутий між двома окантованими пластинками скла;

6) прес *2* для стискання за допомогою гвинта деталі з органічного скла;

7) деталь *3* з органічного скла у вигляді відрізка рейки;

8) модель балки *5* з органічного скла з двома металевими ручками для згинання її.

Поляроїди, які входять до комплекту набору, являють собою тонькі целулоїдні плівки, до яких введено велику кількість маленьких кристаликів йодистого хініну (герапатиту), причому так, що вони орієнтовані паралельно в одному напрямі.

Поляроїд розкладає пучок світла, що падає на нього, на два пучки (звичайний і незвичайний), поляризовані у взаємно перпендикулярних площинах. Один з них майже повністю поглинається, а другий проходить майже неослабленим. Поляроїди не витримують тривалого нагрівання понад $70\text{--}80^\circ$. Це завжди слід пам'ятати, працюючи з поляроїдами.

При складанні установок стежте за симетричним розміщенням приладів на оптичній лаві універсального проєкційного апарата відносно осі конденсора.

З а в д а н н я 1. Показати механічну модель поляризації хвиль.

Хід роботи

1. Для демонстрування механічної моделі поляризації хвиль використовують дві саморобні дерев'яні рами з вузькими щілинами. Ширина щілини повинна бути приблизно на 1 см більшою за діаметр гумової трубки, яку використовують у досліді. Кінець гумової трубки затискують у лапці універсального штатива (рис. 37.2). Трубку пропускають через одну щілину, встановлену вертикально. Вільний кінець трубки беруть у руку і рит-

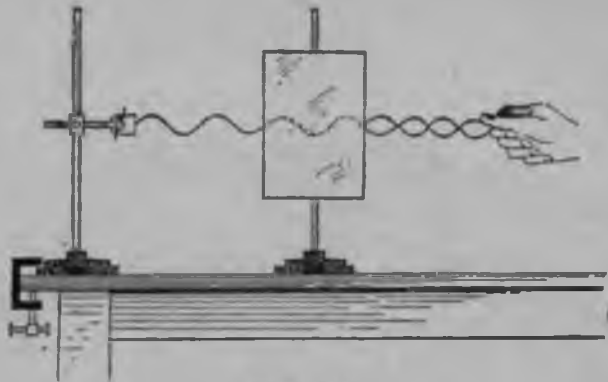


Рис. 37.2

мічними рухами посиляють уздовж трубки поперечну хвилю з коливаннями у вертикальній площині. Звертають увагу, що така хвиля вільно проходить через щілину.

2. Збуджуючи рукою хвилі в шнурі, безперервно змінюють площину коливань. Щілина при цьому пропускає хвилі, коливання в яких здійснюватимуться тільки у вертикальній площині. Який висновок можна зробити з цього досліду?

3. На столі встановлюють дві щілини у вертикальній площині. Хвилі з коливаннями в площині щілин проходять через них. Якщо щілину (дальшу від руки) встановити в горизонтальній площині, то хвилі, що пройшли через першу щілину, не проходять через щілину, встановлену горизонтально.

4. Запропонуйте установку з іншим способом збудження хвиль у гумовій трубці.

Завдання II. Продемонструвати досліди з поляризації світла.

Хід роботи

1. Покажіть явище поляризації світла поляроїдом.

Обидва поляроїди закріплюють на дисках-ширмах і повертають їх так, щоб площини поляризації поляроїдів збігалися з напрямками стояків дисків. На поворотних кільцях кожного з дисків закріплюють білі картонні

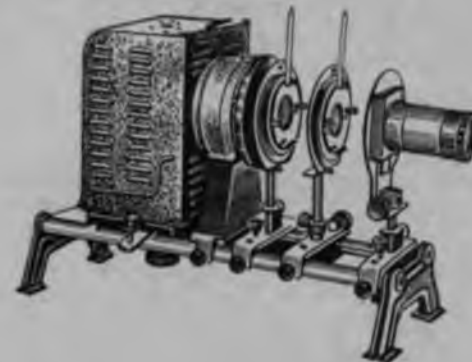


Рис. 37.3

стрілки-показчики так, щоб при схрещених поляроїдах стрілки розмішувались перпендикулярно одна до одної.

Один з них встановлюють на рейтері біля конденсора проєкційного апарата і за допомогою об'єктива на екрані утворюють чіткий яскравий круг. Обертаючи поляроїд навколо осі пучка світла, показують, що освітленість екрана при цьому не змінюється. Потім перший поляроїд замінюють другим і дослід повторюють.

На оптичній лаві встановлюють обидва поляроїди (рис. 37.3) і спостерігають, що освітленість екрана майже не змінилася. Після цього один з поляроїдів обертають навколо осі пучка світла і спостерігають зменшення освітленості екрана. При схрещених площинах поляризації круг на екрані майже гасне.

2. Покажіть явище поляризації світла при відбитті.

Установку для досліду складають на оптичній лаві за схемою, показаною на рис. 37.4. Тут: *К* — конденсор, *Д* — діафрагма, *Дз* — чорне дзеркало, *П* — поляроїд, *О* — об'єктив, *Е* — екран.



Рис. 37.4

Чорне дзеркало закріплюють на диску-ширмі і встановлюють на рейтері під кутом приблизно 60° до оптичної осі конденсора. Об'єктив закріплюють на рухомій частині оптичної лави, направленої по ходу відбитого пучка світла. За допомогою об'єктива на екрані утворюють зображення діафрагми. Після цього перед об'єктивом (або за ним) розміщують поляроїд, який правитиме за аналізатор. Обертаючи аналізатор навколо осі світлового пучка, спостерігають зміну яскравості світлової плями на екрані.

Повертаючи дзеркало, показують, що ступінь поляризації світла значною мірою залежить від величини кута відбиття.

3. Покажіть явище поляризації світла при заломленні.

Стопу Столетова і один з поляроїдів закріплюють на дисках-ширмах, на яких встановлюють і картонні стрілки.

Послідовність досліду така сама, як і при демонструванні явища поляризації за допомогою поляроїдів.

Дослід виконайте двічі: перший раз використайте як поляризатор стопу, а як аналізатор — поляроїд; другий — навпаки.

4. Покажіть явище подвійного променезаломлення.

Біля конденсора проекційного апарата в рейтері встановлюють диск-ширму з діафрагмами, вибравши найменший отвір (1—1,5 мм). За допомогою об'єктива дістають зображення цього отвору на екрані. Між діафрагмою і об'єктивом встановлюють кристал ісландського шпату, закріплений у диску-ширмі так, щоб на екрані утворилося зображення двох світлих кружечків (фокусування зображення додатково уточнюють). При обертанні оправу кристала зображення одного кружечка залишається весь час на одному місці, а друге рухається, описуючи коло навкруги першого. (Щоб добитися цього ефекту, діафрагма і кристал повинні бути старанно відцентровані.) Перед об'єктивом ставлять поляроїд-аналізатор. Обертанням аналізатора показують почергове згасання то одного, то другого зображення.

Про що свідчить цей дослід?

Завдання III. Показати спосіб використання явища поляризації світла для дослідження деформацій.

Хід роботи

1. Покажіть розподіл напруг у моделі рейки.

Складають установку згідно з рис. 36.3. Між поляроїдами розміщують на рейтері модель рейки з органічного скла, вставлену в гвинтовий прес (гвинт преса повинен бути у відпущеному стані). За допомогою об'єктива утворюють на екрані чітке зображення моделі балки. Після цього поляроїди схрещують, а модель стискають, обертаючи рукою головку гвинта. Спостерігають на екрані картину розподілу напруг у моделі рейки.

2. Покажіть розподіл напруг у моделі балки.

Дослід проводять аналогічно попередньому. Для зручності демонстрування модель балки за допомогою петель закріплюють в оправі гвинтового преса, знявши з нього модель рейки. При схрещених поляроїдах стискають пластинку двома пальцями за ручки і на екрані спостерігають розподіл напруг у моделі балки.

Контрольні запитання

1. Як розподілені напруги в моделі балки? Зробіть малюнок і дайте на ньому відповідні пояснення.

2. Чим можна пояснити спостережувані картини розподілу напруг у моделях рейки і балки?

3. В установці (рис. 37.3) між поляроїдами помістіть препарат з целофану. На екрані при цьому утвориться красива кольорова картина, яка при обертанні одного з поляроїдів безперервно змінюватиметься. Як пояснити це явище?

4. Щоб запобігти перегріванню і псуванню поляроїдів, досліди з ними рекомендується проводити короткочасно. Як, на вашу думку, можна збільшити тривалість дослідів, не побоюючись перегрівання поляроїдів?

38. КВАНТОВІ ВЛАСТИВОСТІ СВІТЛА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення навчальних експериментів з квантової оптики.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Чепуренко В. Г. та ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976, с. 206—209.
4. Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике, т. 2. М., Просвещение, 1972, с. 408—411.

Обладнання: дугова лампа; РНШ; реостат на 6—10 Ом і силу струму 5—8 А; універсальний проєкційний апарат; ВУП-2 (або ВУП-1); електрометр; цинкова пластинка; палички для електризації; фотоелементи СЦВ-4 і ФЕСС-У; гальванометр демонстраційний; підсилювач до гальванометра; демонстраційний вольтметр; реостати на 100 і 600 Ом; метр демонстраційний; штатив; акумулятор на 4 В; реле на фоторезисторі; напівпровідниковий триод; радіореле; прилад з фотометрії; лампа на підставці; набір світлофільтрів; мікроамперметр на 100 мкА; лабораторний вольтметр; два вимикачі; з'єднувальні провідники.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення квантової оптики та які демонстраційні досліди і лабораторні роботи рекомендує програма.

2. Прочитайте розділ «Дії світла. Світлові кванти» в підручнику з фізики для 10 класу.

3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням до теми.

4. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) У чому полягає явище фотоефекту? Які його закономірності?

б) Що таке червона межа фотоефекту?

в) Які досліди до цієї теми рекомендує програма з фізики для 10 класу?

г) Чим відрізняється внутрішній фотоефект від зовнішнього?

д) Яким вимогам повинні відповідати джерела світла в дослідах з фотоефекту?

е) Яких правил техніки безпеки треба дотримуватися, виконуючи цю роботу?

Загальний опис приладів

Основу змісту квантової оптики, відповідно до програми з шкільного курсу фізики, становить вивчення таких питань: а) фотоелектричний ефект і його закони; б) рівняння Ейнштейна; в) застосування фотоефекту на практиці. Наявне в школах обладнання дає змогу поставити вивчення цих питань на належній експериментальній основі.

У демонстраційному експерименті до цієї теми, крім основного обладнання кабінету, використовують такі прилади.



Рис. 38.1



Рис. 38.2

Фотоелемент сірністо-срібний (ФЕСС-У10) призначений для демонстрування дії напівпровідникового фотоелементу; його використовують також для демонстрування законів освітленості, властивостей інфрачервоних променів та інших дослідів.

Фотоелемент (рис. 38.1) змонтовано в пластмасовій оправі з двома клемми, біля яких вказано полярність фото-е. р. с. Робоча площа фотоелементу дорівнює 10 см². У дослідах з фотоелементом використовують гальванометр від амперметра (подумайте, чому).

Фотоелементи із зовнішнім фотоефектом використовують для демонстрування законів фотоефекту. У шкільній практиці найбільшого поширення набули сурмяно-цезієві вакуумні фотоелементи типу СЦВ-3 і СЦВ-4 (рис. 34.2) і киснево-цезієві газонаповнені фотоелементи типу ЦГ-3 і ЦГ-4. Вакуумні фотоелементи мають меншу чутливість порівняно з газонаповненими. Чутливість фотоелементів типу СЦВ-3 і СЦВ-4 становить 100 мкА/лм, а типу ЦГ-3 і ЦГ-4 — 300 мкА/лм. Сурмяно-цезієві фотоелементи мають максимум чутливості в області блакитних і зелених променів; киснево-цезієві фотоелементи мають два максимуми чутливості: в області ультрафіолетових променів і в області червоних або інфрачервоних променів.

Фотореле на фоторезисторі (рис. 38.3) призначено для демонстрування автоматичного вмикання під дією

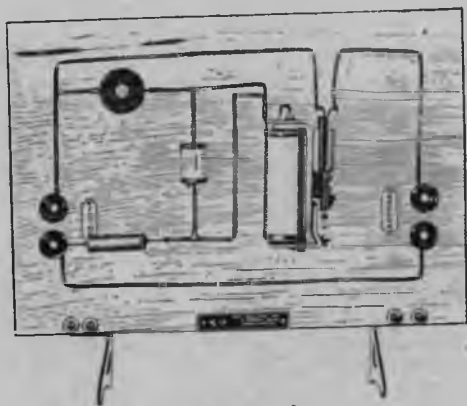


Рис. 38.3

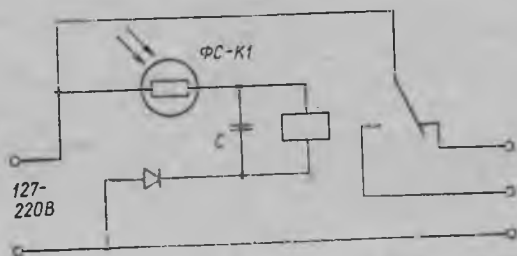


Рис. 38.4

світла різних сигналізуючих пристроїв, електричних приладів та установок. Основними частинами фотореле є фоторезистор типу ФС-К1, електромагнітне реле і випрямляч. Діє фотореле так. Якщо фоторезистор не освітлений, то внаслідок його великого опору реле не спрацьовує. При освітленні опір фоторезистора різко зменшується, сила струму в обмотці реле зростає, реле спрацьовує і вмикає виконавче коло. Схему фотореле на фоторезисторі показано на рис. 38.4.

Завдання I. Продемонструвати явище фото-ефекту.

Хід роботи

1. Цинкову пластинку з одного боку начищають до блиску дрібним наждачним папером, після чого закріплюють її на стержні електрометра (рис. 38.5). На відста-

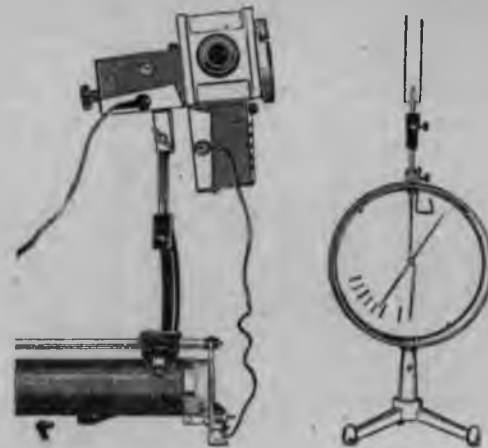


Рис. 38.5

ні 0,4—0,5 м від пластинки розміщують дугову лампу з підготовленою для досліду вуглиною (див. с. 237). Між лампою і електрометром ставлять непрозорий екран, який закриває доступ світла до пластинки. Пластинку заряджають негативно за допомогою ебонітової палички, натертої об хутро. Як тільки стрілка електрометра заспокоїться, вмикають дугу і, прийнявши екран, освітлюють пластинку. При цьому спостерігають досить швидке і рівномірне розрядження електрометра.

2. Повторіть дослід, поставивши на шляху світла від дугової лампи скляну пластинку. Зробіть висновок.

3. Повторіть дослід, зарядивши цинкову пластинку позитивно. Поясніть результати досліду.

4. Повторіть дослід, освітлюючи незаряджену пластинку. Зробіть висновок.

Завдання II. Показати основні закономірності зовнішнього фотоелектричного ефекту (Л. 4, с. 408—411).

Завдання III. Показати роботу фотореле.

Хід роботи

1. Покажіть роботу фотореле з фотоелементом типу ФЕСС-У10. Складають установку згідно з рис. 38.6, використовуючи деталі з набору приладів для вивчення напівпровідників. У виконавче коло реле вмикають

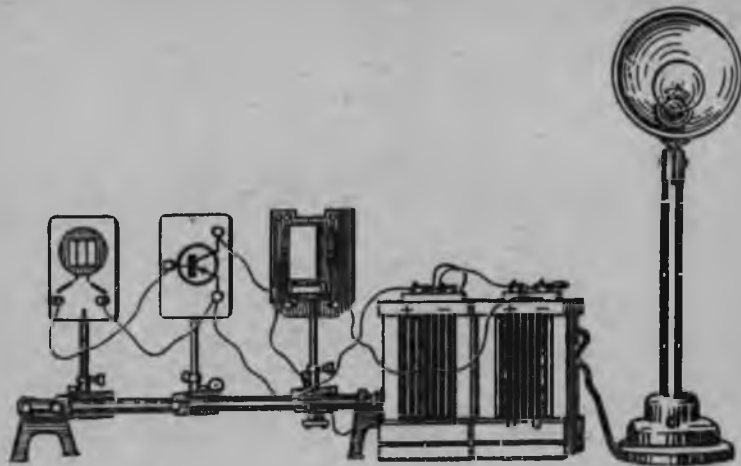


Рис. 38.6

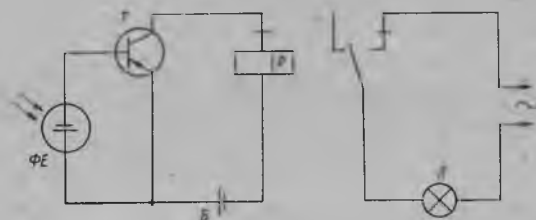


Рис. 38.7

лампу або вентилятор. Схему установки показано на рис. 38.7.

2. Покажіть роботу фотореле з фоторезистором (рис. 38.3). У виконавче коло реле увімкніть електричну лампочку на 60 Вт.

Завдання IV. Виконати першу частину роботи фізичного практикуму «Вивчення залежності фотоструму від освітленості і вимірювання сили світла джерела» (Л. 3, с. 206—209).

Контрольні запитання

1. Накресліть вольтамперну характеристику вакуумного фотоелемента. Поясніть окремі частини характеристики.

2. Яку роль відіграє газ у газонаповнених фотоелементах?

3. Існування фотонів можливе тільки при їх русі із швидкістю c (c — швидкість світла у вакуумі). Як узгодити це твердження з тим, що світло в речовині поширюється із швидкістю $v = \frac{c}{n}$ (n — показник заломлення речовини)?

4. Запропонуйте автоколивальну систему з використанням фотореле на транзисторі.

5. Запропонуйте установку з використанням вакуумного фотоелемента для визначення сталої Планка.

39. ДЕМОНСТРАЦІЇ З ГАЗОВИМ ЛАЗЕРОМ

Мета: ознайомитись з прийомами роботи з газовим лазером і використанням його в демонстраційному експерименті

Література

1. Глазунов А. Т., Фабрикант В. А. Оптические квантовые генераторы.— Физика в школе, 1970, № 1, с. 24.
2. Заводська інструкція до газового лазера.
3. Жиряков А. И. Лазер в школьном демонстрационном эксперименте.— Физика в школе, 1975, № 1, с. 46.
4. Сперантов В. В., Шаронова Н. В. Лазер на уроках физики в 10 классе.— Физика в школе, 1975, № 1, с. 50.

Обладнання: газовий лазер; оптична лава від універсального проєкційного апарата; поляроїд; розсіювальна лінза; скляна пластинка завтовшки 1,5—2 см; скляна пластинка з кулькою; розсувна щілина; біпризма Френеля; призма; екран; дифракційна решітка, лінійка.

Підготовка до роботи

1. Повторіть з курсу загальної фізики фізичні основи дії лазерів.
2. Опрацюйте статтю (Л. 1).
3. Ознайомтесь за поданим описом з особливостями газових лазерів.
4. Ознайомтесь з технічним описом та інструкцією до наявного газового лазера.
5. Продумайте відповіді на такі запитання:
 - а) У чому полягає принцип роботи газового лазера?
 - б) Чим відрізняються газові лазери від твердотілих?
 - в) Чим різняться випромінювання газового лазера і звичайної газорозрядної трубки?
 - г) Яку роль відіграє гелій у гелій-неоновому лазері?
 - д) Для чого площину торця газорозрядної трубки лазера орієнтують під кутом Брюстера?

Деякі відомості про газові лазери

Підвищення якості навчання фізики неможливе без розвитку й удосконалення навчального експерименту. Одним з перспективних напрямів цього процесу є використання в навчальному експерименті приладів і установок, в яких реалізуються новітні досягнення науки і техніки. До таких приладів, запровадження яких, безумовно, сприяє підвищенню як експериментального, так і наукового рівня викладання, належать лазери.

Лазери дають змогу перевести вивчення багатьох питань оптики на сучасну технічну основу, що дає можливість значно ефективніше і виразніше поставити досліди, ніж при використанні звичайних джерел світла.

Найбільш доцільними для використання в шкільних умовах є гелій-неонові лазери ЛГ-55, ЛГ-56, ЛГ-209 і їм подібні. Ці лазери працюють у неперервному режимі у видимій області випромінювання (довжина хвилі 0,63 мкм). Потужність їх випромінювання становить близько 2 мВт — цілком достатня для проведення багатьох дослідів з курсу фізики середньої школи. Звичайно газовий лазер складається з двох основних вузлів: випромінюючої головки і джерела збудження. Конструктивно ці вузли можуть бути роз'єднаними (рис. 39.1) або суміщеними в одному приладі (що менш зручно). На рис. 39.2 показано спрощену принципіальну схему газового лазера.

Випромінююча головка складається з газорозрядної трубки 1 і дзеркал резонатора 2. Газорозрядна трубка наповнена сумішшю гелію і неону (тиск неону становить близько 10 Па; тиск гелію — близько 100 Па). Активними центрами є атоми неону, а гелій — допоміжний газ, який сприяє створенню інверсійного заселення робочих рівнів в активних центрах. Площина вихідного вікна трубки не перпендикулярна до осі трубки; перпендикуляр до цієї площини становить з віссю трубки кут Брюстера. Внаслідок цього дістають плоскополяризоване лазерне випромінювання. Крім того, виключаються втрати на відбиття від поверхонь вихідного вікна трубки.

Щоб привести газовий лазер у робочий стан, вмикають блок живлення. Зачекавши 3—5 хвилин, поки прогріється катод *K*, натискають на кнопку *S* (запал). При

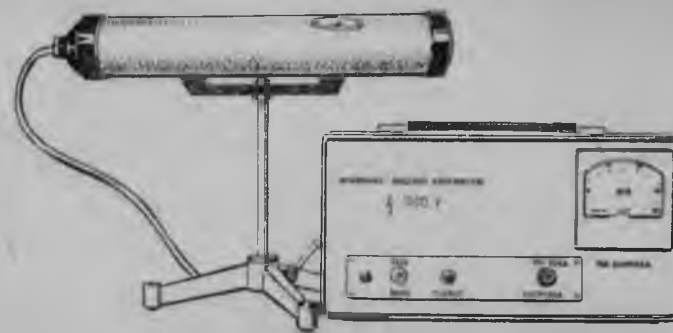


Рис. 39.1

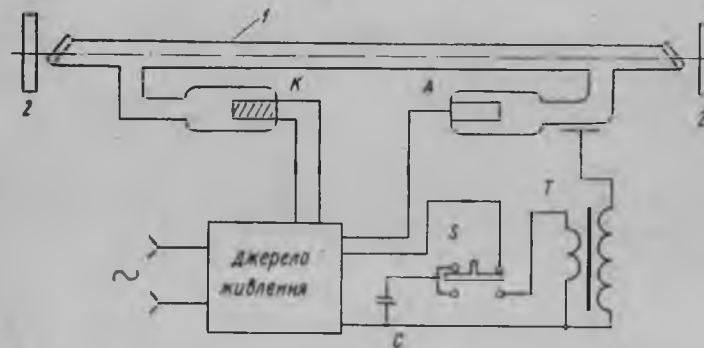


Рис. 39.2

натисканні цієї кнопки конденсатор *C* (заряджений від випрямляча до напруги кількох сот вольт) розряджається через первинну обмотку імпульсного трансформатора *T*. У вторинній обмотці трансформатора індукуються імпульси високої напруги (більш як 10 кВ), який подається на запалюючий електрод трубки (цей електрод розміщено зовні трубки поблизу анода *A*). Останнє спричинює іонізацію газу в трубці, що приводить до виникнення в ній розряду.

Особливості приведення в робочий стан газового лазера тієї або іншої конструкції вказують у заводських інструкціях, які додаються до приладів.

Демонстраційні досліди з використанням газових лазерів виконують на типовому шкільному обладнанні.

Завдання I. Показати деякі властивості лазерного випромінювання.

Хід роботи

1. Утворіть на екрані зображення світної плями лазерного випромінювання. Уважно розгляньте її. Чому зображення мерехтить?

2. Покажіть спектральний склад випромінювання лазера.

На лаві від універсального проєкційного апарата складають установку, показану на рис. 39.3. Промінь лазера, пропущений через розсувну щілину, спрямовують на скляну призму. Опишіть і поясніть, що при цьому спостерігатиметься.

3. Між лазером і екраном установіть поляроїд. Обертаючи поляроїд, покажіть, що випромінювання газового лазера поляризоване¹.

4. Запропонуйте дослід, який показував би мале розходження лазерного випромінювання. Накресліть схему установки.

Завдання II. Продемонструвати інтерференцію світла з використанням газового лазера.

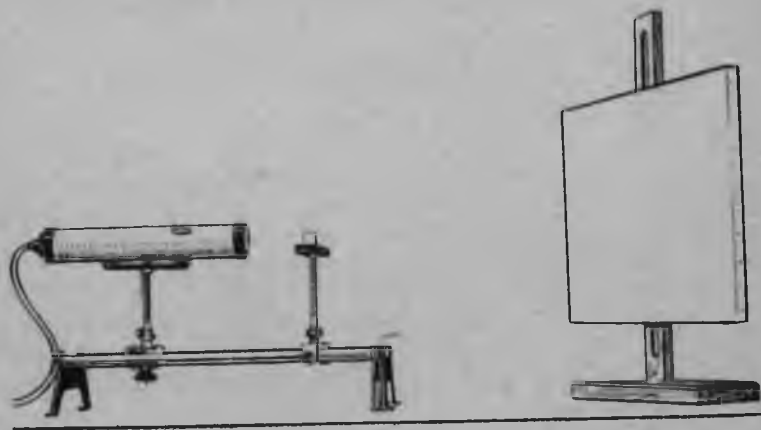


Рис. 39.3

¹ Поляризація випромінювання газового лазера не є його принциповою особливістю. Її мають лазери з брестерівською орієнтацією торцевих вікон газорозрядної трубки.

Хід роботи

1. Покажіть дослід з біпризмою Френеля. Схему установки показано на рис. 39.4, де: 1 — лазер, 2 — розсіювальна лінза, 3 — біпризма Френеля, 4 — екран.

Налагодження установки зводиться до розміщення біпризми так, щоб її ребро розділяло промінь лазера пополам. Проведіть дослід спочатку без лінзи 2, а потім з лінзою. Поясніть утворювані зображення.

2. Покажіть інтерференцію світла при відбитті його від граней плоскопаралельної скляної пластинки.

Установку складають за схемою рис. 39.5, де: 1 — лазер, 2 — розсіювальна лінза, 3 — скляна пластинка, 4 — екран.

3. Дайте відповіді на такі запитання:

а) Яку роль у дослідах 1 і 2 відіграє розсіювальна лінза?

б) Чи можна в дослідах 1 і 2 розсіювальну лінзу замінити збиральною?

в) Який вигляд має інтерференційна картина, яка утворюється в досліді 2?

г) Чи можна дослід 2 провести з використанням звичайного джерела світла?

Завдання III. Показати дифракцію світла з використанням газового лазера.

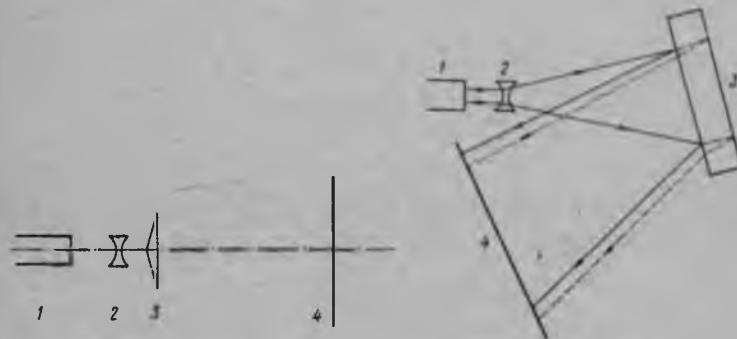


Рис. 39.4

Рис. 39.5

Хід роботи

1. Покажіть дифракцію від краю екрана.

На шляху лазерного променя, розходження якого збільшено розсіювальною лінзою, вміщують лезо від бритви, учнівське перо тощо. Дифракційну картину спостерігають на екрані.

Виконайте цей дослід, розміщуючи предмети на відстані 2 м, а потім 20 см від екрана. Порівняйте утворені зображення. Зробіть відповідні висновки.

2. Покажіть дифракцію на непрозорій кульці.

Складають установку за схемою рис. 39.6, де: 1 — лазер, 2 — розсіювальна лінза, 3 — скляна пластинка з приклеєною сталюю кулькою, 4 — екран.

Підберіть відстані між лазером і лінзою, лінзою і кулькою так, щоб пляма Пуасона спостерігалася найбільш виразно. Зарисуйте схему установки і запишіть значення цих відстаней.

3. Покажіть дифракцію від щілини.

Складають установку за схемою рис. 39.7, де: 1 — лазер, 2 — розсувна щілина, 3 — розсіювальна лінза, 4 — екран.

Поясніть, як залежить дифракційна картина від зміни ширини щілини.

4. Покажіть дифракцію на дифракційній решітці.

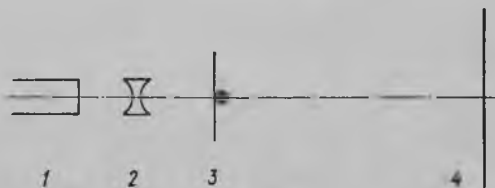


Рис. 39.6

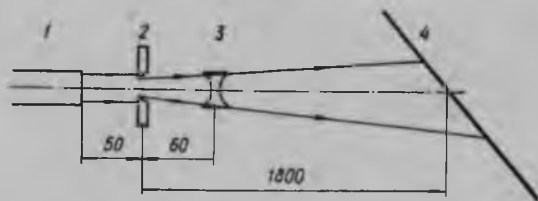


Рис. 39.7

На шляху лазерного променя розміщують дифракційну решітку на відстані 30—50 см від екрана.

5. На установці із завдання 4 зробіть потрібні вимірювання й обчисліть довжину хвилі лазерного випромінювання.

40. ФІЗИКА АТОМА І АТОМНОГО ЯДРА

Мета: ознайомитись з методикою і технікою проведення навчальних експериментів з питань будови атома.

Література

1. Програми з фізики для середньої школи.
2. Підручник з фізики для 10 класу.
3. Чепуренко В. Г. та ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976, с. 219—222.

Обладнання: камера для спостереження слідів α -частинок; камера для спостереження слідів α -частинок конструкції В. К. Ляпідевського; індикатор іонізуючих частинок; лічильник іонізуючих частинок (лабораторний); універсальний проєкційний апарат; підсилювач низької частоти; гучномовець; секундомір; ВУП-1 або ВУП-2; пластинки із скла, міді, свинцю, фанери; піпетка; лінцет; щипці для перекладання твердої вуглекислоти; штатив з муфтами, затискачем, кільцем; екран; спирт; суміш спирту, ацетону і води; тверда вуглекислота; сукно або хутро.

Підготовка до роботи

1. Ознайомтесь з програмою з фізики для 10 класу. З'ясуйте місце вивчення питань будови атома та які досліді рекомендує програма.

2. Прочитайте розділ «Фізика атомного ядра» в підручнику з фізики для 10 класу.

3. Ознайомтесь за поданим описом з основним обладнанням для демонстрування дослідів з питань будови атома.

4. Продумайте відповіді на такі запитання:

а) За яким принципом діє іонізаційна камера Вільсона?

б) Чим відрізняється навчальна камера Вільсона від камери конструкції В. К. Ляпідевського?

в) У якій послідовності готують камеру конструкції В. К. Ляпідевського до роботи?

г) На чому ґрунтується реєстрація частинок лічильником Гейґера — Мюллера?

д) Які досліди до цієї теми рекомендує програма з фізики для 10 класу?

е) На які досліди спирається виклад навчального матеріалу з цієї теми в підручнику для 10 класу?

Загальний опис приладів

Розділом «Фізика атома і атомного ядра» закінчується вивчення курсу фізики в середній школі. Вивчення цього розділу розширює знання учнів про будову речовини, ознайомлює їх з елементарними частинками та їх властивостями.

Розширення й закріплення знань учнів про матеріальну єдність світу і різноманітність форм існування матерії сприяють формуванню діалектико-матеріального світогляду. Цьому сприяє й ознайомлення учнів з експериментальними методами атомної фізики, з яких вони пересвідчуються в реальності існування атомів та елементарних частинок і в можливості їх пізнання. Усе це зобов'язує вчителя будувати виклад цього розділу на належній експериментальній основі.

Головучтехпром випускає для навчального експерименту ряд приладів.

Камера для спостереження слідів α -частинок призначена для демонстрування на екрані треків α -частинок, які викидаються радіоактивними речовинами (рис. 40.1). Корпус камери являє собою пластмасове кільце, закрито зверху і знизу прозорими пластинами з органічного скла. Кільце з обох боків має круглі канали, з'єднані з штуцером. Штуцер за допомогою трубки з'єднують з гумовою грушею. Стержень з радіоактивною речовиною



Рис. 40.1

закріплено у тримачі в центрі камери. Дія камери ґрунтується на явищі конденсації пари спирту, води й ацетону навколо іонів, які утворюються в газах при проходженні α -частинок радіоактивного випромінювання. При повільному стисканні гу-

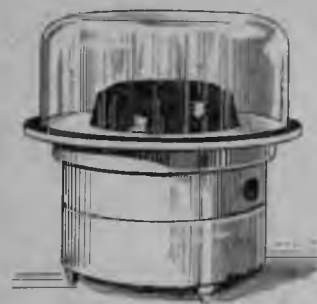


Рис. 40.2

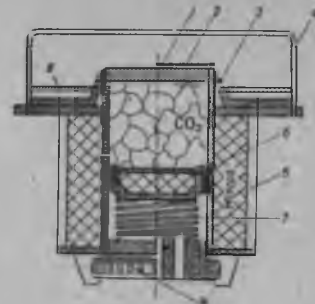


Рис. 40.3

мової груші і швидкому відпусканні її відбувається адіабатичне розширення повітря, чим досягається необхідне для перенасиченого стану охолодження парів.

Під час дослідів у камері створюють електричне поле, необхідне для видавлення з камери іонів, які безперервно утворюються під дією радіоактивного випромінювання. Без електричного поля спостерігати сліди α -частинок було б неможливо внаслідок утворення в камері суцільного туману. Електричне поле створюють заряджанням кришок камери. Для цього їх періодично протирають сукном або хутром.

Демонстрування треків здійснюють у проекції на екран.

Камеру для спостереження слідів α -частинок конструкції В. К. Ляпідевського показано на рис. 40.2. Спостерігають сліди α -частинок через прозору кришку камери на фоні чорного дна. Дно 1 камери (рис. 40.3) являє собою металевий диск, з'єднаний з пластмасовою обоймою 3. Зовнішню кришку камери 4, виготовлену з органічного скла, щільно надіто на виступ обойми 3. Усередині під прозорою кришкою розміщено гнотову стрічку 9. Дно камери знизу охолоджується вуглекислою, яка міститься в контейнері 5. Тверда вуглекислота за допомогою поршня 6 і пружини 7 притискується до дна камери. У нижньому положенні поршень утримується заглушкою 8. Внутрішня порожнина поршня і простір між подвійними стінками контейнера заповнені теплоізолюючим матеріалом. Джерелом випромінювання є закріплений у камері стержень 2 з нанесеним на нього тонким шаром радіоактивної речовини.

Дія приладу ґрунтується на конденсації перенасиченої пари на іонах, що утворюються в газі α -частинками. Краплини, які утворюються на іонах, швидко збільшуються і утворюють добре видимий слід при боковому освітленні. Перенасичення, потрібне для конденсації пари на іонах, утворюється в процесі перенесення пари спирту від периферії камери до металевого дна, охолодженого до -60 — -70°C . Щоб виявити сліди частинок, які проходять вище від чутливого шару, між кришкою і дном створюють електричне поле, яке зміщує іони в чутливий шар. Для створення електричного поля перед початком роботи верхню плексигласову кришку натирають сухою тканиною.

На відміну від інших типів конденсаційних камер, які працюють на розширенні, цей прилад діє весь час. Сліди іонізуючих частинок утворюються безперервно, повільно осідають на дно і знову виникають. Завдяки цьому камера самоочищається як від заряджених частинок, так і від електрично нейтральних центрів конденсації.

Камеру підготовляють до роботи в такій послідовності:

1. Знімають заглушку, а потім виймають з контейнера пружину і поршень. У контейнер насипають подрібнену вуглекислоту (грудочки об'ємом кілька кубічних сантиметрів).

2. Завантаживши контейнер вуглекислотою, вставляють на місце поршень та пружину і нижній отвір контейнера закривають заглушкою.

3. На поверхню гнотової стрічки через отвори в прозорій кришці камери наливають невелику кількість спирту (10 см^3).

4. Через кілька хвилин після початку охолодження поблизу дна з'являються окремі краплини туману. З часом туман густішає і через 5—6 хв досягає максимальної густини. Це свідчить про готовність камери до роботи.

Застереження!

Категорично забороняється розбирати камеру і знімати прозору кришку!

Індикатор іонізуючих частинок (рис. 40.4) призначений для демонстрування будови і дії газорозрядного лічильника іонізуючих частинок. За допомогою індикато-

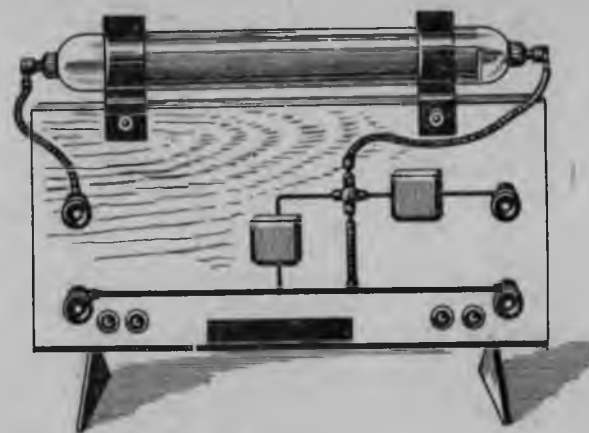


Рис. 40.4

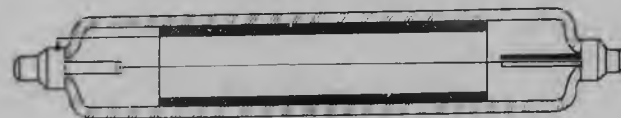


Рис. 40.5

ра можна демонструвати виявлення космічного фону і радіоактивного випромінювання, порівнювати інтенсивності випромінювання джерел, поглинання радіоактивного випромінювання різними речовинами та ін.

Основною частиною індикатора є газорозрядний лічильник (лічильник Гейгера—Мюллера). Такий лічильник (рис. 40.5) являє собою балон з двома електродами—зовнішнім (катод) і внутрішнім (анод). Катодом є металевий балон або провідний шар, нанесений на внутрішню поверхню скляного балона. Анодом є тонка металева нитка, натягнута вздовж осі балона. Лічильники звичайно наповнюють спеціальною сумішшю газів під тиском порядку 15 кПа. Якщо між анодом і катодом лічильника прикласти напругу, то струм між електродами проходить тільки тоді, коли газ усередині балона буде іонізований якою-небудь зарядженою частинкою. Джерелом іонізації можуть бути також γ -промені, рентгенівське, ультрафіолетове і світлове випромінювання.

Утворені внаслідок іонізації вільні електрони рухатимуться до нитки, а позитивні іони—до стінки. З рис.

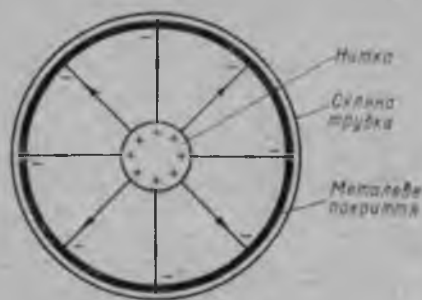


Рис. 40.6

40.6 видно, що градієнт потенціалу поля поблизу нитки значно більший, ніж біля стінки. Тому електрони, прискорюючись електричним полем нитки, набувають енергії достатньої для іонізації нових молекул. Так утворюються вторинні електрони, які також починають іонізувати молекули газу в балоні, до-

ти, поки не почнеться розряд, який реєструється радіотехнічним пристроєм. Якщо розряд, який виник у лічильнику, не погасити, то лічильник втрачатиме здатність реагувати на нові частинки, що потрапляють у нього. Для відновлення робоздатності лічильника розряд можна погасити, якщо наповнити лічильник сумішшю газів, до складу якої входить багатоатомний газ. Такі лічильники називаються самозгасаючими.

У шкільному навчальному експерименті найбільшого поширення набули самозгасаючі лічильники типу СТС. Ці лічильники працюють при значно нижчих робочих напругах (360—460 В), ніж лічильники інших типів.

В індикаторі іонізуючих частинок (рис. 40.4) газорозрядну трубку закріплюють у горизонтальному положенні. З лівого боку приладу розміщені клеми для під'єднання приладу до джерела постійної напруги 2, а з правого — клеми для під'єднання індикатора до підсилювача коливань низької частоти з гучномовцем 3. Виконуючи досліди з індикатором іонізуючих частинок, слід бути обережним, бо елементи схеми повністю відкриті і перебувають під високою напругою (порядку 450 В).

Завдання І. Покажіть, як утворюються треки α -частинок в камері для спостереження слідів α -частинок.

Камеру встановлюють на проекційному апараті з пристосуванням для горизонтального проектування (рис. 40.7). За допомогою піпетки в гумову грушу наливають 2—3 краплини спирту-ректифікату¹, після чого

¹ Замість чистого спирту краще брати суміш з 50% спирту, 25% ацетону і 25% води.



Рис. 40.7

грушу приєднують до патрубків камери. Вимикають джерело світла, регулюють фокусування, добиваючись чіткого зображення радіоактивного препарату на екрані. Після цього повільно і легенько стискають грушу, а потім різко відпускають її. Сліди α -частинок виникають у камері не при будь-якому розширенні пари, тому роблять кілька спроб і знаходять такий ступінь стискування груші, коли сліди α -частинок будуть добре помітними.

2. Покажіть, як утворюються треки α -частинок у камері конструкції В. К. Ляпідевського.

Потріть прозору кришку приладу сухою тканиною. При цьому повинні спостерігатись треки α -частинок, які радіально розходяться в усі боки від препарату. Щоб чітко було видно сліди заряджених частинок, треба освітити паралельним пучком світла простір поблизу дна камери. Для цього положення проекційного апарата вибирають так, щоб пучок світла ковзав уздовж металевої поверхні дна.

3. Під час роботи з камерою можуть бути деякі неполадки.

а) у випадку ослаблення електричного поля в камері виникає дуже багато дифузійних слідів.

б) Спостерігається значне викривлення слідів α -частинок, що свідчить про нерівномірний розподіл зарядів на поверхні плексигласової кришки.

в) Спостерігається зміщення слідів у бік, пов'язане з переміщенням газу по дну камери, якщо камера встановлена негоризонтально.

Продумайте шляхи усунення цих неполадок.

4. Зробіть порівняння експлуатаційних і дидактичних якостей розглянутих камер для спостереження слідів α -частинок.

Завдання II. Виконати досліди з індикатором іонізуючих частинок.

Хід роботи

1. Виявити космічне випромінювання за допомогою лічильника.

Складають установку згідно з рис. 40.8. Лічильник і підсилювач живлять від ВУП-1 або ВУП-2. На лічильник подають напругу близько 450 В (з'єднують послідовно клеми, з яких знімають постійну напругу 350 В і регульовану напругу 0 ± 100 В), а на підсилювач — постійну напругу 250 В і змінну 6,3 В. Вихід підсилювача з'єднують з гучномовцем. Увімкнувши живлення, демонструють наявність космічного фону.

2. Полічіть, скільки частинок реєструє установка за 1 хв. Проведіть кілька разів вимірювання і знайдіть середнє значення фону.

3. Піднесіть до лічильника радіоактивний препарат від камери для спостереження слідів α -частинок. Покажіть, що при цьому значно зростає кількість частинок, які проходять через лічильник.

4. Покажіть проникну здатність і поглинання радіоактивного випромінювання в речовині.

Між лічильником і радіоактивним препаратом розміщують пластинки з різних матеріалів різної товщини. За кількістю клацань гучномовця встановлюють, які речовини краще, а які гірше пропускають радіоактивне випромінювання.

5. Накресліть схему індикатора іонізуючих частинок. Поясніть призначення його окремих елементів.

Завдання III. Виконати роботу фізичного практикуму «Вивчення радіоактивних випромінювань за допомогою газорозрядного лічильника» (Л. 3, с. 219—222).

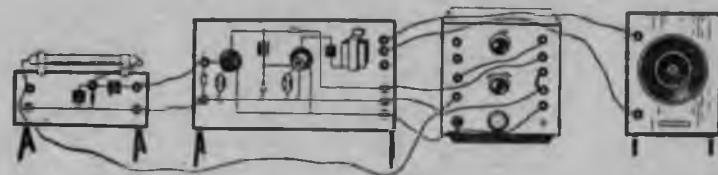


Рис. 40.8

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

з питань шкільного фізичного експерименту

- Анциферов Л. И. Физический практикум. М., Просвещение, 1972.
- Буров В. А. и др. Учебное оборудование по физике в средней школе. М., Просвещение, 1973.
- Буров В. А. и др. Практикум по физике в средней школе. М., Просвещение, 1973.
- Буров В. А. и др. Демонстрационные опыты по физике в 6—7 классах. М., Просвещение, 1974.
- Буров В. А. и др. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе. М., Просвещение, 1974.
- Буров В. А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе. М., Просвещение, 1978, 1979, ч. I, II.
- Горев Л. А. Занимательные опыты по физике. М., Просвещение, 1977.
- Гринбаум М. И. Самодельные приборы по физике. М., Просвещение, 1972.
- Евсюков А. А. Электронный осциллограф в преподавании физики. М., Просвещение, 1972.
- Евсюков А. А. Электронное оборудование по физике. М., Просвещение, 1977.
- Еркин А. М. Ионные приборы в физическом эксперименте. М., Просвещение, 1973.
- Коршак Е. В. Научно-технический прогресс и изучение физики в школе. К., Радянська школа, 1972.
- Коршак Е. В. Коливання і хвилі. К., Радянська школа, 1974.
- Кулешов В. С. та ін. Фронтальний експеримент з фізики в 6 і 7 класах. К., Радянська школа, 1975.
- Ланге В. Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку. М., Наука, 1974.
- Физический эксперимент в школе / Сост. Г. Р. Лисенкер. М., Просвещение, 1975.
- Макарченко Д. А., Черняшевський В. Т. Наочність у викладанні молекулярної фізики. К., Радянська школа, 1974.
- Марголис А. А. и др. Практикум по школьному физическому эксперименту. М., Просвещение, 1977.
- Миргородський Б. Ю. Саморобна шкільна радіоелектронна апаратура. К., Радянська школа, 1971.
- Миргородський Б. Ю. Шкільний фізичний експеримент. К., Радянська школа, 1972.
- Миргородський Б. Ю. Навчальна радіоелектронна апаратура. К., Радянська школа, 1976.

- Миргородський Б. Ю., Шабаль В. К. Демонстраційний експеримент з фізики. Механіка. К., Радянська школа, 1980.
- Нечипорук М. Н., Черняшевський В. Т. Прилади для фізичного експерименту. К., Радянська школа, 1971.
- Нижник В. Г. Вимірювання фізичних величин та обчислення похибок. К., Радянська школа, 1979.
- Физический эксперимент в школе / Сост. А. Ф. Раева. М., Просвещение, 1973.
- Рачек І. М. Демонстраційні досліди з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1971.
- Савченко В. Ф. Вивчення магнетизму в шкільному курсі фізики. К., Радянська школа, 1973.
- Терентьев М. М. Демонстрационный эксперимент по физике в проблемном обучении. М., Просвещение, 1978.
- Хорошавин С. А. Техника и технология демонстрационного эксперимента. М., Просвещение, 1978.
- Чепуренко В. Г. і ін. Лабораторні роботи з фізики у 8—10 класах. К., Радянська школа, 1976.
- Шахмаев Н. М., Каменецкий С. Е. Демонстрационные опыты по электродинамике. М., Просвещение, 1973.
- Шахмаев Н. М. Демонстрационные опыты по разделу «Колебания и волны». М., Просвещение, 1974.
- Шилов В. Ф. Самодельные приборы по радиоэлектронике. М., Просвещение, 1973.
- Шилов В. Ф. Техника безопасности в кабинете физики. М., Просвещение, 1979.
- Шилов В. Ф. Юному конструктору приборов. К., Радянська школа, 1980.
- Шульга М. С. Методика і техніка демонстраційних дослідів з фізики у 6 і 7 класах. К., Радянська школа.
- Шульга М. С. Молекулярна фізика і термодинаміка в демонстраційних дослідах. К., Радянська школа, 1974.
- Якименко І. М. Конструювання саморобних приладів з фізики. К., Радянська школа, 1973.

ЗМІСТ

Передмова	3
Розділ I. Навчальний експеримент у системі вивчення фізики в середній школі	5
§ 1. Система шкільного експерименту з фізики	5
§ 2. Зміст і значення демонструвань з фізики	5
§ 3. Основні вимоги до демонстраційних дослідів з фізики	6
§ 4. Техніка підготовки і проведення демонстраційних дослідів	7
§ 5. Фронтальні лабораторні роботи і фізичні практикуми	10
§ 6. Роль експерименту в процесі вивчення фізики в школі	11
§ 7. Техніка безпеки при проведенні навчального фізичного експерименту	19
§ 8. Зміст і завдання практикуму з методики і техніки шкільного фізичного експерименту	22
§ 9. Вказівки до виконання робіт практикуму	23
Розділ II. Обладнання шкільного фізичного кабінету	25
1. Ознайомлення з роботою вакуум-насосів	25
2. Джерела електричного струму (I)	33
3. Джерела електричного струму (II)	43
4. Шкільні демонстраційні електровимірювальні прилади та використання їх (I)	51
5. Шкільні електровимірювальні прилади та використання їх (II)	58
6. Електронний осцилоскоп. Звуковий генератор	67
7. Вивчення роботи з проекційною апаратурою та спеціальні способи проектування	77
Розділ III. Навчальний експеримент до окремих тем шкільного курсу фізики	87
8. Тиск. Передача та вимірювання тиску	87
9. Кінематика. Прямолінійний рух. Вільне падіння тіл	96
10. Перший і другий закони Ньютона	97
11. Третій закон Ньютона. Реактивний рух	
12. Демонстрування законів механіки на приладі з повітряною подушкою	101
13. Динаміка обертального руху	105
14. Статика	112
15. Досліди з гідро- і аеродинаміки	119
16. Основи молекулярно-кінетичної теорії	121

17. Властивості газу і пари	126
18. Електростатика	132
19. Закони постійного струму	138
20. Залежність опору провідників від їх розмірів, речовини, температури	140
21. Електричний струм в електролітах і газах	142
22. Електричний струм у вакуумі	145
23. Електричний струм у напівпровідниках	150
24. Магнітне поле. Магнітні властивості речовини	156
25. Електромагнітна індукція. Самоіндукція	162
26. Механічні коливання і хвилі	166
27. Звукові та ультразвукові коливання	173
28. Електромагнітні затухаючі коливання	182
29. Виникнення незатухаючих електромагнітних коливань. Досліди з генератором повільних коливань	188
30. Змінний струм. Трансформація струму	195
31. Опори в колах змінного струму	205
32. Основи радіозв'язку	215
33. Досліди з генератором сантиметрових електромагнітних хвиль	221
34. Геометрична оптика	228
35. Дисперсія світла. Спектри	234
36. Інтерференція і дифракція світла	242
37. Поляризація світла	249
38. Квантові властивості світла	255
39. Демонстрації з газовим лазером	261
40. Фізика атома і атомного ядра	267
Список літератури	276

*Евгений Васильевич Коршак
Богдан Юрьевич Миргородский*

**МЕТОДИКА И ТЕХНИКА
ШКОЛЬНОГО
ФИЗИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА**

Практикум
На укр. яз.

*Допущено Министерством просвещения УССР в качестве учеб-
ного пособия для студентов физико-математических факульте-
тов педагогических институтов*

Киев
Головное издательство
издательского объединения «Вища школа»

Редактор *Л. І. Ващенко*
Літредактор *О. П. Ковальчук*
Художній редактор *Є. В. Чирій*
Технічний редактор *Т. І.*
Коректор *Л. М. Вальнева*

НБ ПНУС



bn3181

Информ. бланк № 5780

Здано до набору 10.07.80. Підп. до друку 26.12.80. Формат 84×
×108¹/₂. Папір друк. № 3. Літ. гарн. Вис. друк. 14,7 умовн.
друк. арк. 14,62 обл.-вид. арк. Тираж 5000 пр. Вид. № 4637.
Зам. 386. Ціна 65 к.

Головне видавництво видавничого об'єднання «Вища школа»,
252054, Київ-54, вул. Гоголівська, 7.

Білоцерківська книжкова фабрика республіканського виробни-
чого об'єднання «Поліграфкнига» Державного комітету Укра-
їнської РСР в справах видавництв, поліграфії і книжкової тор-
гівлі, 256400, м. Біла Церква, вул. Карла Маркса, 4.