

**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Т.Г. ШЕВЧЕНКА**

**В.Ф. Савченко, М.П. Бойко,
М.М. Дідович, В.М. Закалюжний,
М.П. Руденко**

НАВЧАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

(Методичний практикум)

Навчальний посібник
для студентів



Чернігів
2010

УДК 37.016:53
ББК ВЗр30 – 252.31

Рецензенти

- Величко В.П.** доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка;
- Кислуха М.І.** кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та астрономії Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка;
- Мельничук О.В.** доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри фізики Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Савченко В.Ф.

- С13 Навчальний фізичний експеримент (методичний практикум) :** Навчальний посібник для студентів / В.Ф. Савченко, М.П. Бойко, М.М. Дідович, В.М. Закаложний, М.П. Руденко : заг. ред. В.Ф. Савченка. – Чернігів: Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка, 2010. – 540 с.

ББК ВЗр30 – 252.31
УДК 37.016:53

Посібник призначений для студентів фізичних спеціальностей педагогічних ВНЗ. У ньому викладений навчальний матеріал для самостійної роботи студентів при підготовці до занять з методики і техніки шкільного фізичного експерименту. Роботи практикуму структуровані так, щоб можна було здійснити диференційований підхід до організації практикума. Принципово нові напрямки шкільного фізичного експерименту (використання комп'ютера та цифрової техніки) представлені окремими роботами, які передбачають використання обладнання, яке є на ринку навчального обладнання України. Зміст описаних фізичних дослідів також може слугувати вчителям фізики середньої школи для організації демонстраційного фізичного експерименту в основній та старшій школі.

Рекомендовано вченою радою Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка (протокол №6 від 27 січня 2010 р.)

ISBN 978-966-7743-78-9

© В.Ф. Савченко, М.П. Бойко,
М.М. Дідович, В.М. Закаложний,
М.П. Руденко, 2010

З М І С Т

Вступ	5
-------	---

Розділ I. Науково-методичні засади навчального фізичного експерименту _____ 7

§1.1. Система шкільного експерименту з фізики	8
§1.2. Зміст і значення демонстраційного експерименту з фізики	11
§ 1.3. Основні вимоги до демонстраційних дослідів з фізики	14
§ 1.4. Уміння й навички, якими повинен володіти вчитель для демонстрації дослідів	16
§ 1.5. Методика й техніка підготовки та проведення демонстраційних дослідів	18
§1.6. Фронтальні лабораторні роботи й фізичні практикуми	19
§1.7. Роль експерименту в процесі вивчення фізики в школі	24
§1.8. Техніка безпеки при проведенні навчального фізичного експерименту	26
§ 1.9. Зміст і завдання практикуму з методики й техніки шкільного фізичного експерименту	30
§1.10. Вказівки до виконання робіт практикуму	31
§1.11. Уміння й навички, якими повинен володіти вчитель для демонстрації дослідів	32
§1.12. Організація занять з методики й техніки демонстраційного фізичного експерименту	35

Розділ II. Загальне обладнання для шкільного фізичного експерименту _____ 39

Робота №1. Повітряні насоси	40
Робота №2. Джерела електричного струму для навчального фізичного експерименту	53
Робота №3. Демонстраційні аналогові вимірювальні електроприлади	72
Робота №4. Демонстраційні цифрові вимірювальні електроприлади	85
Робота №5. Комп'ютерні технології в шкільному фізичному експерименті	102
Робота №6. Електронні осцилографи та звукові генератори	125

Розділ III. Навчальний експеримент
при вивченні окремих тем _____ 150

Робота №7.	Основи кінематики.....	151
Робота №8.	Основи динаміки.....	160
Робота №9.	Закони збереження в механіці	180
Робота №10.	Механічні коливання та хвиль.....	191
Робота №11.	Основи гідро- та аеростатики	205
Робота №12.	Гідро- та аеродинаміка	223
Робота №13.	Молекулярні явища.....	239
Робота №14.	Теплові явища	250
Робота №15.	Основи термодинаміки.....	260
Робота №16.	Властивості газів і парів	269
Робота №17.	Властивості рідин і твердих тіл.....	283
Робота №18.	Електричне поле.....	297
Робота №19.	Постійний електричний струм.....	318
Робота №20.	Електричний струм у розчинах електролітів.....	348
Робота №21.	Електричний струм у вакуумі.....	359
Робота №22.	Електричний струм у газах.....	370
Робота №23.	Електричний струм у напівпровідниках.....	379
Робота №24.	Магнітне поле	395
Робота №25.	Магнітні властивості речовини	413
Робота №26.	Електромагнітна індукція.....	428
Робота №27.	Електромагнітні коливання.....	440
Робота №28.	Змінний струм	456
Робота №29.	Властивості електромагнітних хвиль	469
Робота №30.	Геометрична оптика.....	487
Робота №31.	Хвильові властивості світла.....	504
Робота №32.	Квантові властивості світла.....	518

Література з шкільного фізичного експерименту _____ 535

ВСТУП

Фізика як природнича наука структурно й методологічно належить до експериментальних наук. То ж і не дивно, що великий досвід учителів у навчанні фізики учнів середньої школи підтверджує визначальну й вирішальну роль навчального фізичного експерименту як методу й засобу навчання, який сприяє реалізації одного з провідних принципів дидактики – принципу наочності. За його допомогою вдається не тільки розв'язувати завдання формування системи умінь і навичок учнів, але й стверджувати в свідомості учнів сучасну природничо-наукову картину світу, виховувати позитивні моральні якості.

Реалізація цих завдань покладена на вчителя фізики, який володіючи теоретичною складовою фізики, повинен з максимальною ефективністю реалізовувати позитивні якості фізичного навчального експерименту для виконання завдань, поставлених перед середньою школою. Підготовка висококваліфікованого й компетентного фахівця в справі навчання фізики в школі можлива лише при засвоєнні ним певних умінь і навичок експериментування, здобутих у самостійній роботі з приладами й фізичними установками. Щоб допомогти майбутньому вчителю виконати таку роботу, і присвячений цей посібник до практикума.

Особливістю посібника є те, що в ньому передбачений диференційований підхід до оцінювання роботи студента. Три рівня залікової складності дозволяють диференційовано оцінювати досягнення студента, який може вже на стадії підготовки до занять запрограмувати об'єм роботи з врахуванням своїх можливостей.

Розділ 1

НАВЧАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

- § 1. Роль експерименту в процесі навчання фізики в школі.
- § 2. Система шкільного експерименту з фізики.
- § 3. Зміст і значення демонстраційного експерименту з фізики.
- § 4. Основні вимоги до демонстраційних дослідів з фізики.
- § 5. Уміння і навички, якими повинен володіти вчитель для демонстрації дослідів.
- § 6. Методика й техніка підготовки й проведення демонстраційних дослідів.
- § 7. Фронтальні лабораторні роботи й фізичні практикуми.
- § 8. Техніка безпеки при проведенні навчального фізичного експерименту.
- § 9. Зміст і завдання практикуму з методики й техніки шкільного фізичного експерименту.
- § 10. Вказівки до виконання робіт практикуму.
- § 11. Уміння й навички, якими повинен володіти вчитель для демонстрації дослідів.
- § 12. Організація лабораторних занять з методики й техніки демонстраційного фізичного експерименту.

§ 1.1. Роль експерименту в процесі навчання фізики в школі

Навчальний фізичний експеримент – одна з найважливіших ланок у системі одержання знань і вмінь, передбачених програмою з фізики середньої школи. Він може бути використаний на різних етапах вивчення матеріалу та з різною дидактичною метою. Демонстрація фізичних дослідів дозволяє вчителю керувати пізнавальною діяльністю учнів у процесі спостереження й вивчення фізичних явищ. Фізичний експеримент широко застосовують в навчальному процесі для організації спостереження фізичного явища, якісного чи кількісного вивчення методу дослідження, вступу до теорії, підтвердження висновків теорії, ілюстрації застосування фізичних законів на практиці.

Як метод навчання експеримент використовується для реалізації таких дидактичних цілей:

- 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.

Залежно від обраного вчителем підходу до організації діяльності учнів з вивчення навчального матеріалу експеримент може виступати в двох аспектах: при дедуктивному підході він здебільшого виступає як критерій істини, підтверджує висновки, одержані шляхом теоретичних міркувань. При індуктивному підході експеримент є основним джерелом знань.

При індуктивному викладі матеріалу можна виділити наступні етапи в діяльності вчителя й учнів:

- 1) постановка задачі (проблеми), що вимагає експериментального розв'язання;
- 2) з'ясування елементів знань, які передбачається одержати експериментально (але не повідомлення самих знань);

3) проектування експерименту (визначення блок-схеми установки, виконання її креслення, малюнка);

4) складання установки на очах учнів. При цьому проводиться співвіднесення креслення, схеми з елементами установки. Іноді частину установки (окремі блоки) збирають завчасно, і тільки в рідких випадках установка може бути зібрана заздалегідь. Однак, у будь-якому варіанті прилади виставляють на демонстраційний стіл тільки на час демонстрації досліду;

5) пояснення установки, з'ясування призначення окремих приладів і блоків, функціональних залежностей між елементами установки;

6) демонстрація явища чи процесу, що супроводжується поясненням того, що і як спостерігати, на що акцентувати увагу (варіюючи дослід, учитель не говорить про його результати, а організує роботу так, щоб у процесі демонстрації й супроводжуючої її бесіди учні самі помітили те, що необхідно, й зробили відповідні висновки);

7) словесна, графічна чи таблична фіксація одержаних експериментальних даних;

8) організація роботи з учнями з виділення нових знань, отриманих у результаті постановки досліду, через порівняння, абстрагування, узагальнення.

При дедуктивному викладі матеріалу змінюються тільки 1, 2 і 8-й етапи. Їхній зміст зводиться до наступного:

- на першому етапі визначають, які наслідки з теорії можна перевірити експериментально;
- на другому етапі з'ясовують, які елементи теоретично одержаних знань мають бути підтверджені експериментально;
- на останньому етапі діяльність учнів спрямовується на виділення тих фактів, що підтверджують висновки теорії й були отримані в результаті виконання досліду.

Зрозуміло, що найбільших успіхів досягають ті вчителі, які вміють організувати процес навчання, ефективно керувати пізнавальною діяльністю учнів. При демонстрації дослідів можливі записи в зошитах учнів (назва досліду, схема установки, таблиці, графік, висновок). У кожному конкретному

випадку вчитель указує, що необхідно записати на тій чи іншій стадії експерименту.

Найефективнішим є евристичний метод вивчення матеріалу, коли значну частину необхідних висновків учні роблять самостійно, використовуючи дані навчального експерименту (демонстраційного, фронтального, експериментальних задач тощо), хоч він і потребує додаткових витрат часу.

Основні етапи діяльності вчителя й учнів на уроці при вивченні навчального матеріалу на основі експерименту схематично можна представити так.

Схема організації навчальної діяльності при евристичному методі вивчення матеріалу

Етап	Вид діяльності	Роль, місце експерименту	Хто виконує основні функції
1	Актуалізація знань з раніше вивченого матеріалу, які потрібні для сприйняття, осмислення й засвоєння нового матеріалу	Експеримент використовується з метою актуалізації знань, одержаних раніше	Учитель, з використанням знань учнів
2	Створення проблемної ситуації	Демонстраційний експеримент – засіб створення проблемних ситуацій	Учитель
3	Формулювання навчальної проблеми	Результати експерименту служать основою для визначення проблеми	Учитель спільно з учнями
4	Формування гіпотез щодо вирішення проблеми		Учні під керівництвом учителя
5	Перевірка гіпотез	Експеримент як засіб перевірки гіпотез	Учитель; по можливості учні
6	Висновки щодо правильності гіпотез; формулювання досліджуваної закономірності та засвоєння нових знань	На основі аналізу результатів експерименту роблять висновки щодо правильності гіпотез	Учитель; учні під керівництвом учителя

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 й в такому випадку думка ця ніколи не вляжеться в голові його так міцно й 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. – 422 с.).

§ 1.2. Система шкільного експерименту з фізики

Навчальний експеримент відіграє виключно важливу роль у системі навчання фізики. Експеримент у шкільному курсі фізики є відображенням одного з двох провідних методів пізнання фізичних явищ і закономірностей: теорії та експерименту.

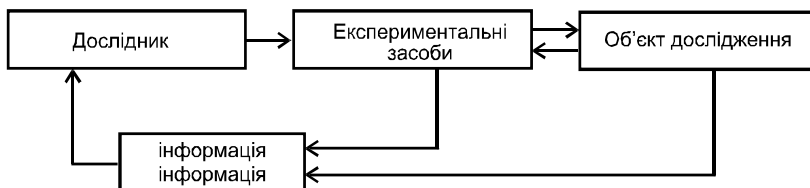
Як метод пізнання фізичних явищ науковий експеримент є джерелом нових знань про навколишній світ і критерієм істинності теоретичних передбачень. Оскільки між фізикою – наукою і фізикою – навчальним предметом існує безпосередній зв'язок, процес навчання фізики полягає в послідовному формуванні нових для учнів фізичних понять і теорій на основі небагатьох фундаментальних положень, що спираються на дослід. У ході цього процесу знаходить відображення індуктивний характер встановлення основних фізичних закономірностей на базі експерименту й дедуктивний характер виведення наслідків із встановлених таким чином закономірностей з використанням доступного для учнів математичного апарату.

Шкільний фізичний експеримент дозволяє підвести учнів до виявлення нових явищ і закономірних зв'язків між величинами, що їх характеризують, познайомити школярів із сучасними фізичними методами досліджень, сприяє виробленню практичних вмінь і навичок, дозволяє виділити й показати учням

властивості фізичних об'єктів, що вивчаються. Тому в процесі навчання фізики навчальний експеримент виступає одночасно як метод навчання, джерело знань і засіб наочності.

Навчальний експеримент безпосередньо зв'язаний з науковим фізичним експериментом, під яким розуміють систему цілеспрямованого вивчення природи шляхом чітко спланованого відтворення фізичних явищ в лабораторних умовах, активним втручанням в хід їх перебігу з подальшим аналізом і узагальненням одержаних за допомогою приладів експериментальних даних. Науковий експеримент ставиться з метою дослідження природи й одержання нових знань про неї. У результаті наукового експерименту одержують нову інформацію про фізичні явища та закономірності їх перебігу, встановлюється істинність результатів теоретичних досліджень.

Структура фізичного експерименту



Науковий експеримент є основою навчального фізичного експерименту, якому він дає експериментальні засоби, методи дослідження й фактологічний матеріал. Але повної тотожності між ними немає. Навчальний експеримент покликаний розкрити сутність вже відомих науці фізичних явищ і закономірностей їх перебігу. Як компонент навчального процесу він має дидактичну спрямованість. Його головна мета допомогти учням одержати нові фізичні знання, познайомити з методами експериментальних досліджень, навчити ними користуватися.

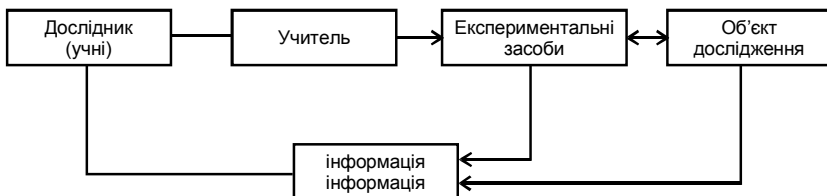
У процесі розвитку методики навчання фізики шкільний фізичний експеримент з окремих дослідів перетворився у струнку систему, яка охоплює такі його види:

1. Демонстраційні досліди до різних тем шкільного курсу фізики, виконувані вчителем.
2. Фронтальні лабораторні роботи й фронтальні досліди.
3. Роботи фізичного практикуму.
4. Експериментальні задачі.
5. Позакласні (домашні) досліди.
6. Віртуальні лабораторні роботи й модельні дослідження з використанням комп'ютерних *програмних педагогічних засобів* (ППЗ).

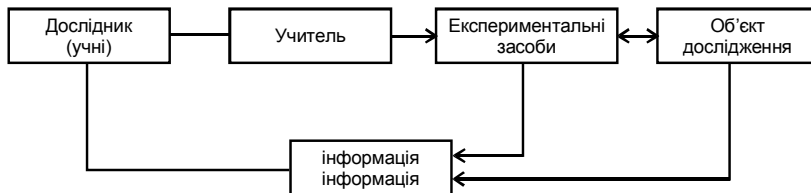
Шкільний фізичний експеримент можна класифікувати за різними ознаками: за дидактичною метою, за рівнем відповідності науковому експерименту, за ступенем складності, за характером навчальної діяльності учнів і т.д. Структура навчального фізичного експерименту, відображаючи в цілому структуру наукового експерименту, включає ще один елемент – вчителя, який прямо чи опосередковано керує навчальною діяльністю учнів, виступає в ролі кваліфікованого керівника навчального фізичного експерименту. Він може виступати в ролі дослідника й безпосередньо впливати на засоби дослідження, або керувати діяльністю учнів, які самі, використовуючи засоби дослідження, проводять експеримент.

За цими ознаками навчальний експеримент поділяють на два види: демонстраційний і лабораторний.

Структура демонстраційного експерименту



Структура лабораторного експерименту



Усі ці види шкільного фізичного експерименту підпорядковані загальній меті навчання й виховання, що реалізовується в процесі навчання фізики в середній школі. Разом із тим крім цієї загальної мети, кожен вид навчального експерименту має більш вузьке цільове призначення, яке в основному визначається дидактичними завданнями вивчення тієї чи іншої теми, конкретного уроку та особливостями методики і техніки проведення експерименту.

§ 1.3. Зміст і значення демонстраційного експерименту з фізики

Демонстраційний експеримент як дидактичний метод у загальній класифікації методів навчання фізики прийнято вважати ілюстративним методом навчання. Головною дійовою особою в демонстраційному експерименті виступає вчитель, який на основі проведення дослідів організовує навчальну роботу учнів.

Під демонстраційним експериментом з фізики розуміють проведення дослідів, які можуть спостерігати всі учні класу для показу фізичних явищ встановлення зв'язків між ними та зв'язків між тими фізичними величинами, які характеризують їх перебіг.

Демонстрації звичайно поділяють на дві групи: демонстрування самих фізичних явищ і демонстрування засобів унаочнення (моделей, у тому числі комп'ютерних, плакатів,

слайдів та ін.). Обидві ці групи демонструвань взаємно доповнюють одна одну. Проте, основою для педагогічного процесу є демонстрування дослідів за допомогою спеціальних демонстраційних приладів та обладнання.

Як дидактичний засіб навчання демонстрування дослідів – активний цілеспрямований процес діяльності вчителя й учнів у ході якого вчитель урахувуючи психологічні особливості сприйняття керує відчуттями та сприйманнями учнів і на їх основі формує певні поняття й переконання. Методи і завдання демонструвань можуть бути різними. Здебільшого демонстраційний експеримент застосовують для реалізації таких дидактичних завдань:

- Створення початкових уявлень про фізичні явища (демонстрування механічних рухів, теплової дії струму, взаємодії електричних зарядів, фотоефекту).
- Формування фізичних понять (маси, сили, тиску, сили струму, опору провідника).
- Встановлення функціональних залежностей і закономірних зв'язків між фізичними величинами (залежність прискорення тіла від його маси, зв'язок між тиском, температурою та об'ємом для даної маси газу, залежність між напругою на ділянці кола й силою струму в ній, демонстрування залежності опору провідників від температури та ін.).
- Ознайомлення учнів із сучасними методами досліджень, що їх застосовують у фізиці (осцилографічного, стробоскопічного, спектрального).
- Показу практичного застосування фізичних законів і явищ в інших науках і техніці. Демонстрація таких дослідів є необхідною не лише для ілюстрації зв'язків фізики з технікою, а й для підготовки учнів до життя в умовах сучасного технізованого суспільства. Ознайомлення з об'єктами техніко-технологічного характеру сприяє формуванню мотивації учіння фізики, дозволяє поглибити та систематизувати знання учнів про раніше вивчені фізичні явища.

- Розкриття принципів, покладених в основу технологічних процесів (електрофарбування, електроіскрова обробка матеріалів, міднення).
- Створення проблемних ситуацій та перевірки гіпотез у ході розв'язування дослідницьких і конструкторських задач.
- Формування практичних умінь і навичок у поводженні з фізичною апаратурою (визначення ціни поділки вимірювального приладу й зняття його показів, використання психрометра та ін.)

Демонстрування дослідів завжди пов'язане з відповідними поясненнями вчителя. У зв'язку з цим важливого значення набуває доцільне поєднання демонстраційного експерименту з вербальними методами навчання: поясненням, розповіддю, бесідою евристичного характеру.

§ 1.4. Основні вимоги до демонстраційних дослідів з фізики

Науковість і достовірність

Забезпечення доброї видимості. Демонстраційні досліді дозволяють учням одержувати 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 й втрати учнями інтересу до питань, що розглядаються на уроці. Потрібна видимість забезпечується відповідним конструюванням приладів, розміщенням їх, а також застосуванням деяких спеціальних заходів і прийомів, вироблених практикою викладання (про це мова йтиме далі).

Наочність і виразність дослідів. Під "наочністю" розуміють чітку постановку досліді, очевидність одержаних результатів та те, що кожен учень обов'язково повинен помітити явища, закономірності, які є об'єктом демонстрації. Основний зміст досліді має бути зрозумілим, а його сутність розкриватися в найбільш яскравій і доступній для сприйняття формі. Для

цього слід складати найбільш прості установки, використовувати вже знайомі учням прилади або детально з'ясовувати їх призначення. Учитель завжди повинен намагатися досягти потрібного результату найпростішими засобами.

Переконливість демонстрації. Кожне демонстрування має бути переконливим, не викликати сумнівів у достовірності одержаних результатів. Тому, проводячи дослід, треба повністю виключати або зводити до мінімуму різні побічні явища, які можуть відвертати увагу учнів від основного. Для цього інколи слід провести додаткові досліді. Наприклад, проводячи досліді з тілами різних мас, потрібно насамперед переконати учнів у тому, що тіла справді мають різну масу. Під час підготовки дослідів які мають на меті встановлення певних закономірних зв'язків фізичних величин слід заздалегідь визначити ті їх значення в досліді, за яких співвідношення мають найменші відхилення від теоретичних і потім під час демонструвань встановлювати саме ці параметри.

Емоційність дослідів. Психологічні дослідження показують: чим сильнішою буде дія досліді на органи чуттів, тим міцніше він запам'ятовується. Тому демонстраційні досліді мають бути достатньо емоційними для збудження в учнів почуттів "здивованості", "захоплення", "незвичності".

Раціональне використання часу. Проведення демонстрацій не повинно займати багато часу. Учителеві завжди потрібно стежити, щоб темп виконання досліді відповідав темпу сприймання учнями демонстраційного матеріалу. Щоб зекономити час на уроці дослід повинен бути заздалегідь підготовлений. Наприклад, тривалість закипання води в ряді дослідів при вивченні теплових явищ (спостереження процесу кипіння, демонстрація моделі парової турбіни, кипіння води при зниженому тиску) можна значно скоротити, якщо воду брати заздалегідь підігріту.

Надійність. Невдале демонстрування завжди порушує нормальний хід уроку, підриває авторитет учителя й призводить до дезорганізації роботи в класі. Надійності дослідів домагаються їх ретельною підготовкою, багаторазовою перевіркою, вибором приладів і деталей, характеристики яких найкраще відповідають умовам проведення експерименту та значенням

вимірюваних величин. Наприклад, при демонстрації закону Ома для ділянки кола слід підбирати такі значення напруг і сил струмів, щоб нагрівання резисторів було мінімальним.

Естетичність. Проведення дослідів має сприяти естетичному вихованню учнів. Критерієм естетичності досліду є насамперед якість створення потрібних ефектів для правильного формування уявлень про виучуване явище, правильний підбір фону та підсвічування. Слід звернути увагу на зовнішній вигляд приладів і деталей.

§ 1.5. Уміння і навички, якими повинен володіти вчитель для демонстрації дослідів

Успішна демонстрація дослідів можлива, якщо вчитель знає прилади, вміє збирати установки й виконувати досліди з дотриманням необхідних вимог.

Знання приладу передбачає:

- знання назви приладу і його основного призначення, принципу дії приладу і його основних вузлів;
- уміння за зовнішнім виглядом виділити даний прилад серед інших;
- знання функціональних можливостей приладу, його експлуатаційних характеристик, допустимих режимів;
- уміння застосовувати прилад за призначенням і в поєднанні з іншими приладами, знання умов, за яких можна одержати потрібний ефект;
- уміння виконувати найпростіший ремонт, робити заміну несправних деталей, налагоджувати прилад до нормальних умов роботи.

Уміння збирати установки відбиває рівень володіння технікою демонстраційного експерименту.

Тут істотним є виконання вимог, що ставляться до демонстраційних дослідів і раціональне використання засобів, що забезпечують ефективність їх постановки. Практикою навчального експерименту визначені правила складання

установок, якими доцільно керуватися. Вони зводяться до наступного:

- визначення конструкції установки, її структурної схеми, блок-схеми розташування приладів, та ін.;
- відбір конкретних приладів для даного досліді; складання установки: розташування приладів на демонстраційному столі у визначеному логічному порядку, об'єднання елементів установки (як правило, установку збирають так, щоб прилади були доступні для спостереження; прилади, що відбивають істотне в досліді, повинні бути на передньому плані);
- перевірка забезпечення вимог до дослідів, з урахуванням можливостей різних засобів (установка добре проглядається з кожного місця класу, результати досліді переконливі, установка надійно працює, забезпечує стабільність результатів та ін.);
- відпрацьовування послідовності операцій, які необхідно виконувати при демонстрації досвіду (відпрацьовуючи операції, варто продумати текст, яким буде супроводжуватися експеримент).

Уміння демонструвати досліді, тобто володіння методикою й технікою демонстраційного експерименту, охоплює різні сторони навчального процесу, включаючи діяльність вчителя й організацію пізнавального інтересу учнів.

§ 1.6. Методика й техніка підготовки й проведення демонстраційних дослідів

Для проведення демонстраційних дослідів слід складати найпростіші установки, в яких використовуються поширені в школах прилади й деталі. Відомо, що для проведення того самого досліді існує значна кількість варіантів установки.

До вибору експериментальних установок треба підходити з таких критеріїв:

- 1) ефективність дослідів;

- 2) простота й зручність приладів та установок у налагодженні й використанні;
- 3) час, необхідний для підготовки та проведення досліду;
- 5) наявність у школі деталей для приладів і установок, їх вартість та можливість придбання;
- 6) безпечність дослідів для учителя і учнів.

При підготовці до уроку обов'язковим правилом для вчителя має бути попереднє виконання кожного досліду, проведення якого він планує. На цьому етапі потрібно обрати найефективніші умови проведення досліду. Так, для дослідів з електромагнітними коливаннями наднизької частоти потрібно вибрати додатковий опір до вольтметра таким, щоб розмах коливань стрілки приладу був значним (стрілка відхилялася практично на всю шкалу). Аналогічно підбирають за допомогою реостата-шунта чутливість амперметра. Важливо також, щоб учитель перевіряв, чи буде видно учням експериментальна установка, окремі прилади в ній, що потрібно зробити для усунення помічених недоліків.

У багатьох випадках для демонстраційних дослідів потрібно виготовляти певні нескладні прилади й пристосування. До цієї роботи можна залучати учнів, варто користуватись їх допомогою при підготовці дослідів. Це підвищує їх інтерес до вивчення 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".

На сьогодні існує значна кількість різноманітних приладів і установок, що випускаються промисловістю і є в багатьох школах. Частина приладів носить універсальний характер і можуть використовуватися для постановки багатьох дослідів з різних тем шкільного курсу фізики: джерела живлення, вимірювальні прилади, різноманітні датчики фізичних величин, насоси, засоби проектування й інші.

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.

Серед основних чинників забезпечення ефективності постановки й проведення демонстрацій можна виділити такі:

Постановка мети. Учні повинна бути зрозумілою мета постановки кожного дослідю.

Кожна демонстрація повинна бути проведена так, щоб вона викликала інтерес у школярів і спонукала їх до активної розумової діяльності. Цьому, зокрема, сприяє постановка проблемних дослідів. Пояснення явища, що спостерігається в проблемних досвідах, будить творчу думку учня, тому що поставлений у ситуацію утруднення він самостійно й активно шукає відповідь на виниклі питання. Наприклад, увімкнувши в коло для перевірки закону Ома замість дротяного резистора або реостата лампочку розжарення, можна створити проблемну ситуацію, розв'язання якої приведе до виявлення залежності електричного опору металевих провідників від температури.

Кількість демонстрацій і темп проведення дослідю. Темп показу дослідю повинен відповідати темпу усного викладу матеріалу й швидкості його сприйняття учнями. Якщо дослід протікає швидше, ніж сприймається учнями, його слід повторити і, якщо можливо, – в уповільненому темпі.

Разом з тим треба мати на увазі, що невиправдано тривала демонстрація дослідю знижує інтерес до явища, що спостерігається, веде до втрати часу й порушує відповідність темпу викладу темпу сприйняття.

Установку для демонстрації доцільно збирати на очах учнів. Це полегшує розуміння дослідю і його сприйняття. Тільки у край необхідних випадках, наприклад при складанні електричних кіл чи установок, що вимагають тривалого налагодження, можна частину приладів чи установку в цілому демонструвати в заздалегідь зібраному виді.

Демонструючи складні чи важкі для розуміння процесів демонстрації доцільно проводити серії дослідів, показуючи те саме явище кількома способами (серія дослідів, що допомагають з'ясувати властивості наелектризованих тіл, дослідів по

виявленню магнітних властивостей провідників зі струмом різної форми й ін.).

Проте, урок не можна перевантажувати великим числом однотипних демонстрацій, тому що це веде до непотрібної витрати часу, послаблює увагу й діловий настрій учнів, перетворює урок на розважальний захід.

Правильне використання демонстраційного стола. Усі демонстраційні досвіди слід показувати у фізичному кабінеті на демонстраційному столі. Щоб забезпечити учням хорошу видимість досліду й вільний огляд апаратури, прилади на столі розставляють так, щоб вони не загороджували один одного. Учителю при демонстрації дослідів рекомендується стояти збоку чи позад приладів, тоді його дії будуть добре видні класу.

Застосування підставок. У ряді дослідів потрібно поставити прилад вище рівня, на якому розташована кришка демонстраційного столу, або розташувати прилади на різних рівнях. У такому випадку використовують різні підставки: піднімальні столики, бруски, штативи. Наприклад, при демонстрації досліду Ерстеда з магнітною стрілкою останню встановлюють на піднімальному столику.

При відсутності фабричних піднімальних столиків варто використовувати саморобні. Можна застосовувати різні підставки, бруски, ящики, виготовлені з дерева. Для дослідів з електростатики потрібні столики на ізолюючих ніжках. Застосування похилого дзеркала або засобів проектування. Якщо демонстровані явища відбуваються у горизонтальній площині, то в корисно застосовувати велике плоске дзеркало, поставлене під кутом близько 45° до поверхні столу, скористатися телекамерою та телевізором.

Застосування екранів, фону, підсвічування. Видимість демонстрації чи установки приладу значно поліпшується, якщо застосувати належне тло, на якому розглядають прилади. Застосування контрастного фону підвищує ефект досліду, робить його виразнішим і приємнішим для спостереження.

На практиці найчастіше користуються екранами з чорною чи білою поверхнями. Дуже зручні комбіновані екрани, які з одного боку мають білий колір, а з іншого – чорний. Білий

фон використовують у тих випадках, коли досліди демонструють із приладами, пофарбованими в темні кольори, що погано виділяються на фоні класної дошки. Досліди з підфарбованою рідиною також краще спостерігаються на білому тлі. Темне тло, навпаки, застосовують у тих випадках, коли дослід демонструють із приладами, пофарбованими у світлі тони. На темному тлі добре видно струмені диму, наприклад, у дослідах з кулею Паскаля. На темному тлі демонструють нагрівання струмом металеві спіралі.

У деяких випадках видимість явища значно поліпшується, якщо воно демонструється на тлі напівпрозорого підсвіченого екрана.

Підсвічений екран використовують під час демонстрації дослідів з прозорими рідинами, приладами, що мають прозорі шкали (наприклад електрометр).

У підсвічених екранах для розсіювання світла застосовують матове скло, підсвічене з протилежного боку люмінесцентними лампами. Конструктивно цей екран становить плоский ящик, в якому розміщені лампи, а одна з його великих поверхонь є напівпрозорим склом.

Додаткове освітлення приладів. У багатьох випадках під час демонстрації дослідів необхідно застосовувати додаткове освітлення приладів, шкал чи окремих частин установок. Це підвищує виразність дослідів і поліпшує видимість явищ, що спостерігаються. Для цього використовують софіти, закріплені над демонстраційним столом, лампи з рефлектором. Хороше підсвічування в ряді випадків можна одержати за допомогою діапроекторів.

Застосування великих шкал. Щоб учні могли з місця робити відлік показів приладів, шкали демонстраційних приладів повинні бути великими. Шкали демонстраційних приладів як правило виготовлені з урахуванням цієї вимоги.

У випадках, коли шкала приладу дрібна, її доводиться збільшувати.

Застосування покажчиків і фіксаторів. У дослідах, пов'язаних зі зміною положення, лінійних розмірів чи об'ємів тіл, зміною рівня рідини, доцільно застосовувати різні

показчики: стрілки, кільця, паперові смужки. Наприклад, при демонстрації розширення рідини при нагріванні корисно застосовувати гумові кільця, що відзначають початковий рівень рідини в трубках. Демонструючи коливання маятника чи тягарця на пружині використовують прапорці або стрілки на підставках.

Підфарбовування рідин. При демонстрації досліду з рідинами, що містяться в прозорій посудині, з метою кращої видимості необхідно рідину підфарбовувати. Для цієї мети на практиці часто використовують розчин марганцевокислого калію, чорнило чи розчин мідного купоросу, "зеленки". Це можна робити тільки в самому крайньому випадку, і лише за умови ретельного промивання посудин після їхнього використання. Чорнило й марганцевокислий калій зафарбовують стінки посудини і потім їх важко відмивати. З розчину мідного купоросу випадають кристали, що осідають на дні й стінках посудини.

Як підфарбовуючу рідину найкраще використовувати розчин фуксину.

§ 1.7. 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 практикумів 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 лабораторних робіт: передбачені програмами фронтальні роботи повинні виконуватись фронтально. Бажано, звичайно, розширити кількість фронтальних лабораторних робіт, якщо для цього є відповідне обладнання й роботи можна органічно включити в процес вивчення того чи іншого матеріалу. Особливо це доцільно робити вивчаючи ті розділи, 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 фізичною практикою і вказується час, відведений на виконання їх. Список робіт фізичного практикуму вчитель 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. 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 й технікою вимірювань, а також методами аналізу похибок.

§ 1.8. Техніка безпеки при проведенні навчального фізичного експерименту

Учитель повинен бути добре обізнаний з правилами техніки безпеки, бути прикладом суворого їх дотримання й 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 (бензином, гасом, ацетоном та ін.), треба стежити, щоб посудини з цими рідинами були надійно закриті й розміщені від нагрівників на відстані не ближче 3 м.

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

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

7. Не можна користуватися для запалювання спиртівки іншою спиртівкою, яка вже 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 струму 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 й 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 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, вносити зміни у складені кола.
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 дротів потрібно перевірити, чи розряджені конденсатори фільтрів.

8. Категорично забороняється застосовувати "жучки" замість зіпсованих запобіжників.

9. При вимиканні шнурів із розеток треба братися руками за корпус штепсельної вилки, 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. У всіх 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-променевими 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 й конструкції.

4. Щоб запобігти шкідливому опроміненню учнів і вчителя, забороняється проводити досліди з вакуумними трубками для вивчення катодних променів.

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 збірну лінзу.

3. Не допускайте безпосередньої дії на учнів світла від потужних джерел: електричної дуги, ламп від проекційної апаратури, стробоскопа та ін. Працюючи з такими приладами, потрібно користуватися захисними кожухами й фільтрами.

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

5. Категорично заборонено використання в дослідах радіоактивних препаратів.

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. При готуванні розчинів кислот та лугів обов'язково треба дотримуватись правил:

- лити тонким струменем кислоту у воду, а не навпаки, бо в останньому випадку вода закипатиме й розбризкуватиме кислоту;
- усю роботу з розчинами кислот і лугів слід проводити в посудинах, поставлених на спеціальний емальований піднос або у велику фотографічну кювету;
- якщо на шкіру потрапила кислота або луг, треба перш за все змити їх великою кількістю води й для нейтралізації змочити поверхню шкіри, що зазнала дії кислоти, 3% розчином питної соди;
- поверхню шкіри, що зазнала дії лугу, змочують 3 % розчином оцтової кислоти або 10 % розчином борної кислоти;
- якщо бризки кислоти або лугу потрапили в очі, їх треба промити великою кількістю води, а потім нейтралізувати: для кислоти – 3 % розчином питної соди; для лугу – 2 % розчином борної кислоти. Після промивання слід негайно звернутися до лікаря.

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

Зберігання й використання ртуті в шкільних кабінетах фізики заборонено.

Ртуть і її пара – сильнодіючі отрути. При тривалому вдиханні навіть у дуже малих кількостях пари ртуті настає поступове отруєння організму, що може спричинити тяжке захворювання. Заборонене також використання сірчистого ефіру.

§ 1.9. Зміст і завдання практикуму з методики й техніки шкільного фізичного експерименту

Практикум з методики й техніки фізичного експерименту має на меті ознайомити студентів з основним обладнанням фізичного кабінету середньої школи та методикою й технікою постановки різних видів навчального експерименту: демонстраційних дослідів, фронтальних лабораторних робіт, фізичних практикумів і експериментальних задач. Структура й зміст завдань практикуму підпорядковані педагогічній концепції, згідно з якою найбільший педагогічний ефект від практикуму можна дістати тоді, коли студенти оволодіватимуть необхідними вміннями й 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 й 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:

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

Уміти складати установки за схемами й описами, вміщеними в цьому посібнику та в інших посібниках, на які в описах робіт практикуму зроблено посилання. Оволодіти методикою й технікою виконання різних видів шкільного фізичного експерименту з дотриманням основних дидактичних вимог до них.

Уміти супроводжувати досліди чіткими, вичерпними й короткими поясненнями на рівні, доступному для учнів відповідного класу.

Оволодіти навичками в дотриманні правил техніки безпеки під час проведення всіх видів навчального експерименту.

§ 1.10. Вказівки до виконання робіт практикуму

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

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 й 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, дією та правилами експлуатації навчальних приладів.

5. Складання конспекту, який повинен включати:

а) номер і назву роботи практикуму;

б) рекомендовану літературу;

в) записи й малюнки згідно з вказівками до роботи практикуму.

6. Обдумування відповідей на контрольні запитання.

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 й правила користування приладами до даної роботи;
 - г) знати в загальних рисах порядок виконання досліду.
- Діставши дозвіл, треба:
- а) перевірити наявність приладів і матеріалів для виконання роботи;
 - б) визначитися з рівнем складності дослідів, які можете ефективно виконати;
 - в) виконати вибрані дослідів, вказані в інструкції до роботи;
 - г) зробити необхідні записи й малюнки в конспекті, зазначити особливості проведення дослідів;
 - г) прибрати робоче місце.

***Увага!** Вмикати джерела живлення в електричних колах можна тільки з дозволу викладача або лаборанта!*

Робота вважається виконаною, якщо студент:

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

§ 1.11. Уміння й навички, якими повинен володіти вчитель для демонстрації дослідів

Для успішного використання експерименту, як методу навчання, учитель повинен добре знати прилади, вміти збирати установки, володіти методикою і технікою проведення дослідів.

Знання приладу містить декілька компонентів:

- знання назви приладу, його основного призначення, принципу дії та основних вузлів;
- уміння за зовнішнім виглядом виділити даний прилад серед інших;
- знання технічних можливостей приладу, його експлуатаційних характеристик, допустимих режимів роботи;
- уміння застосовувати прилад за призначенням і в поєднанні з іншими приладами, знання умов, що дозволяють одержати потрібний ефект;
- уміння виконувати найпростіший ремонт, робити заміну окремих деталей, налагоджувати прилад при відхиленнях від нормальної роботи.

Уміння збирати установки відбиває рівень володіння технікою фізичного експерименту. Тут істотним є виконання вимог, що ставляться до демонстраційних дослідів і раціональне використання засобів, що забезпечують ефективність їх постановки. Практикою навчального експерименту вироблені правила складання установок, якими доцільно керуватися. Вони зводяться до наступного:

- визначення конструкції установки, її структурної схеми, розташування приладів та ін.;
- відбір конкретних приладів для даного дослідів; складання установки: розташування приладів на демонстраційному столі у визначеному логічному порядку, об'єднання елементів установки (як правило, установку збирають так, щоб прилади були доступні для спостереження; прилади, що відбивають істотне в досліді, повинні бути на передньому плані);
- перевірка забезпечення вимог до дослідів, з урахуванням можливостей різних засобів (установка добре проглядається з кожного місця класу, результати дослідів переконливі, установка надійно працює, забезпечує стабільність результатів, задовольняє вимогам техніки безпеки та ін.);
- відпрацьовування послідовності операцій, які необхідно виконувати при демонстрації дослідів (відпрацьовуючи операції, варто також продумати пояснення, запитання до учнів, якими буде супроводжуватися експеримент).

Уміння демонструвати досліди, тобто володіння методикою й технікою демонстраційного експерименту, охоплює різні сторони навчального процесу, включаючи діяльність вчителя й організацію пізнавального інтересу учнів. При демонструванні дослідів слід дотримуватися наступних правил:

- при проведенні дослідів на демонстраційному столі не повинно бути нічого зайвого, тобто не повинно бути інших приладів та предметів, які не стосуються даного досліді й можуть відволікати увагу учнів;
- якщо демонстрація супроводжується малюнком чи схемою (що найчастіше й буває), то потрібно співвіднести елементи креслення, малюнку схеми з приладами й деталями установки, елементи на кресленні потрібно розташувати так, як передбачається розташовувати деталі установки;
- демонструючи досліди, учитель повинен знаходитися за демонстраційним столом (за приладами);
- при демонструванні дослідів потрібно слідкувати за тим, щоб не загороджувати руками деталі установки, які несуть основне функціональне навантаження;
- за необхідності потрібно піднімати чи повертати прилади, що демонструються;
- виклад матеріалу, пояснення при демонструванні дослідів має бути по можливості синхронізованим з процесами, які спостерігаються; темп пояснення може бути порівняно швидким при описі установки й більш повільним при з'ясуванні суті фізичного явища;
- паузи роблять тоді, коли акцентують увагу на тій чи іншій деталі установки, на тому чи іншому етапі процесу, що спостерігається;
- за результатами досліді (частини досвіду) роблять чіткі й обґрунтовані висновки;
- кількість дослідів визначається необхідністю як можна повніше розкрити сутність досліджуваного явища.

§ 1.12. Організація лабораторних занять з методики й техніки демонстраційного фізичного експерименту

Роботи зі шкільного демонстраційного експерименту можуть бути поділені на три цикли: загальне обладнання фізичного кабінету, демонстраційні досліди в основній школі; демонстраційні досліди в старшій школі.

Кожен студент повинен виконувати всі роботи за графіком самостійно чи в ланці, що складається не більше, ніж з двох осіб.

До кожної роботи пропонується інструкція, в якій зазначені номер і назва роботи, література, мета й завдання.

Завдання містять:

- а) вказівки, що потрібно вивчити теоретично для осмисленого розуміння сутності демонстраційних досвідів;
- б) перелік і опис основних приладів для виконання роботи;
- в) основні досліди з теми лабораторної роботи;
- г) питання, на які студент повинний знайти відповіді;
- д) вказівки щодо виконання роботи й звіту.

Виконання роботи розбивається на два етапи: теоретичний і практичний. Перший передбачає самостійну роботу студента в зручне для нього час. Він за підручниками фізики повинен теоретично вивчити дане питання, за описами ознайомитися з приладами, скласти план роботи (проведення дослідів), продумати відповіді на питання допуску.

Складаючи план роботи, студент повинен записати в зошит для лабораторних робіт номер і назву роботи, короткі дані про прилади, схеми та креслення установок (потрібно записати назву й марку приладу, можливі регулювання, призначення органів керування й ін.).

Схеми, як правило, даються в описі дослідів. Креслячи схеми, студент повинен використовувати загальноприйняті умовні позначення за ДСТ. Креслення установок повинні бути акуратними, лаконічними, чіткими, виразними, що розкривають їх сутність. Для більш глибокого вивчення демонстраційних досвідів студент повинен скористатися рекомендованою

літературою, вивчити, а можливо, і внести в план інші варіанти перелічених інструкції дослідів.

У процесі виконання лабораторних робіт з методики й техніки шкільного фізичного експерименту кожен студент повинен опанувати наступними знаннями, уміннями і навичками:

1) знати призначення й правила експлуатації основного обладнання з фізики для середніх шкіл;

2) орієнтуватися в змісті демонстрацій до всіх тем шкільного курсу фізики.

3) уміти збирати будь-яку установку за схемою й описом;

4) оволодіти методикою й технікою проведення демонстрацій, лабораторних дослідів;

4) уміти пояснювати хід демонстрацій і робити висновки на основі одержаних результатів дослідів;

5) навчитися дотримуватися техніки безпеки при виконанні дослідів.

Кожен студент повинен виконати всі роботи за графіком самостійно чи в ланці, що складається не більше, ніж з двох осіб.

Виконання роботи розбивається на два етапи: теоретичний і практичний. Перший передбачає самостійну роботу студента в зручне для нього час. Він за шкільними та вузівськими підручниками повинен теоретично вивчити дане питання, за описами ознайомитися з приладами, скласти план роботи (проведення дослідів), продумати відповіді на питання допуску.

Складаючи план роботи, студент повинен записати в зошит для лабораторних робіт номер і назву роботи, короткі дані про прилади, схеми та креслення установок (потрібно записати назву й марку приладу, можливі регулювання, призначення ручок керування й ін.).

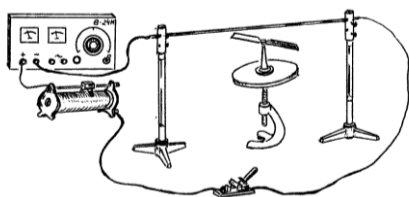
Схеми, як правило, даються в описі дослідів. Креслячи схеми студент повинен використовувати загальноприйняті умовні позначення за ДСТ. Креслення установок повинні бути акуратними, лаконічними, чіткими, виразними, що розкривають їх сутність. Для більш глибокого вивчення демонстраційних дослідів студент повинен скористатися рекомендованою літературою, вивчити, а можливо, і внести в план інші варіанти перерахованих дослідів.

Можливий варіант оформлення результатів підготовки до заняття та виконання роботи практикуму показано нижче.

Варіант оформлення конспекту (перша сторінка розвороту)

Тема: МАГНІТНЕ ПОЛЕ

1. Виявлення магнітного поля провідника із струмом. Дослід Ерстеда

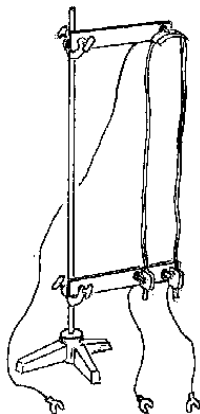


Мал. 1

Обладнання

1. Джерело постійного струму напругою 2...12 В і допустимотою силою струму до 10 А.
2. Товстий провідник.
3. З'єднувальні провідники.
4. 2 штативи ізольовані.
5. Демонстраційна магнітна стрілка.
6. Ключ.
7. Реостат на 6 – 15 Ом.

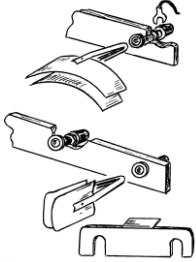
2. Взаємодія провідників із струмом



Мал. 2

1. Джерело струму (бажано таке, яке б дозволяло одержувати силу струму у колі до 10 А, (наприклад: В-24, або батарея акумуляторів).
2. Штатив з двома муфтами.
3. Саморобні тримачі для станиолевої стрічки.
4. Реостат на 6 – 10 Ом, якщо джерело не дає регульованої напруги.
5. Станиолева стрічка вирізана з обклашок паперового конденсатора довжиною 1-1,5 м.
6. Вимикач, з'єднувальні провідники.

(Друга сторінка розвороту)

<p>План демонстрації</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Над магнітною стрілкою, натягують товстий провідник, закріпивши його в штативах. Провідник приєднують через реостат і вимикач до джерела струму. 2. Замикають вимикач. Спостерігають відхилення стрілки. 3. Змінюють напрям протікання струму в провіднику і спостерігають поворот стрілки у протилежний бік. <ol style="list-style-type: none"> 1. Збирають установку. 2. Приєднують джерело струму через вимикач до клем нижнього тримача. 3. Замикають на короткий час вимикач і спостерігають відштовхування стрічок. 4. З'єднують між собою клеми нижнього тримача. Приєднують одну з цих клем та клему верхнього тримача через вимикач до джерела струму. 5. На короткий час вмикають струм. Стрічки відштовхуються. 6. Змінюють полярність підключення джерела струму і показують, що результати дослідів такі самі. 	<p>Особливості техніки постановки досліду</p> <p>Звернути увагу на орієнтацію провідника уздовж лінії магнітного меридіану.</p> <p>Варіант кріплення станіолевих стрічок</p>  <p>Мал. 3</p> <p>Для підвищення ефективності досліду відрегульовують силу струму на максимально допустиме для джерела струму значення. Тому його кілька разів вмикають на кілька секунд.</p>
--	---

Розділ 2

ЗАГАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Робота №1. Повітряні насоси.

**Робота №2. Джерела електричного струму
для навчального фізичного експерименту.**

**Робота №3. Демонстраційні аналогові вимірювальні
електроприлади.**

**Робота №4. Демонстраційні цифрові вимірювальні
електроприлади.**

**Робота №5. Комп'ютерні технології в шкільному фізичному
експерименті.**

Робота №6. Електронні осцилографи та звукові генератори.

Робота №1. ПОВІТРЯНІ НАСОСИ

Мета роботи. Ознайомитися з будовою та принципом дії шкільних повітряних насосів та навчитися їх використовувати при проведенні дослідів.

Загальний опис приладів

Значна кількість демонстраційних дослідів різних розділів шкільного курсу фізики потребує застосування розріджувальних і нагнітальних повітряних насосів. Найбільшого поширення в школах набули ручні повітряні насоси (насоси Шінца), насоси Комовського та ротаційні вакуум-насоси. Вони відрізняються технічними характеристиками і дидактичними можливостями.

Насос Шінца

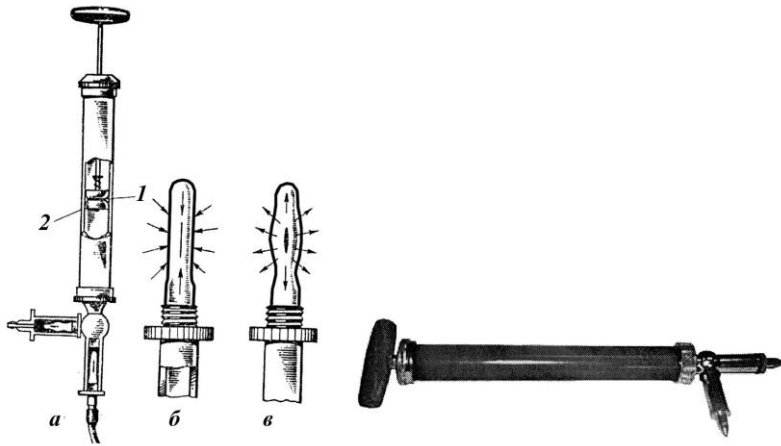
Ручний повітряний насос Шінца призначений для проведення демонстрацій, у яких передбачено незначне нагнітання чи відкачування повітря. Він значною мірою мобільний, що полегшує підготовку й проведення деяких дослідів.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Розрідження, створюване насосом	5 кПа
2	Тиск, створюваний насосом	до 400 кПа

Будова та дія насоса

Насос Шінца (мал. 1) складається з металевої труби-корпусу 2, у якій знаходиться поршень 1. Шток поршня проходить через отвір верхньої муфти, яка нагвинчується на трубу.



Мал. 1

Поршень складається з двох шкіряних або гумових манжет, закріплених за допомогою двох гайок і шайб на кінці штока. У нижню муфту, накручену на нижню частину труби, вгвинчено два ніпелі. Ніпель на бічній стороні – нагнітальний, на дні – всмоктувальний. Ніпелі складаються з металевих патрубків, у яких закріплено гумові ковпачки із прорізом збоку (мал. 1, б, в). У всмоктувальному ніпелі ковпачок повернутий всередину трубки, у нагнітальному – навпаки. При витягуванні поршня в трубці утворюється розрідження, атмосферний тиск стискає стінки прорізу в нагнітальному ніпелі (мал. 1, б) і роз'єднує у всмоктувальному (мал. 1, в). Повітря через всмоктувальний ніпель входить у трубку насоса. При зворотному русі поршня повітря в трубці стискається, притискає одну до одної стінки прорізу у всмоктувальному ніпелі і роз'єднує їх у нагнітальному. Повітря виходить через нагнітальний ніпель. Як правило, при демонстрації дослідів учителя утримує насос в руках, що створює певні незручності.

Причиною поганої роботи насоса можуть бути: нещільність прилягання манжет до стінок корпусу; злипання прорізів на гумових ковпачках ніпелів. Щоб усунути перший недолік слід вийняти поршень, відкрутивши муфту, відігнути краї манжет і змастити їх технічним вазеліном. Для усунення

злипання ковпачків ніпелі викручують і в щілини-прорізи обережно вводять лезо ножа або безпечної бритви.

Щоб досягти найбільшого розрідження при користуванні ручним насосом, потрібно щоразу поршень доводити до граничного нижнього положення.

Насос Косовського

Насос Комовського (мал. 2) призначений для розрідження та нагнітання повітря при проведенні дослідів з фізики. Він може бути використаний у дослідах, які вимагають значного зниження тиску: досліди з трубкою Ньютона, магдебурзькі тарілки, утворення фонтану у вакуумі, спостереження тліючого розряду в двоелектродній трубці, досліди з вакуумною тарілкою та інші.



Мал. 2

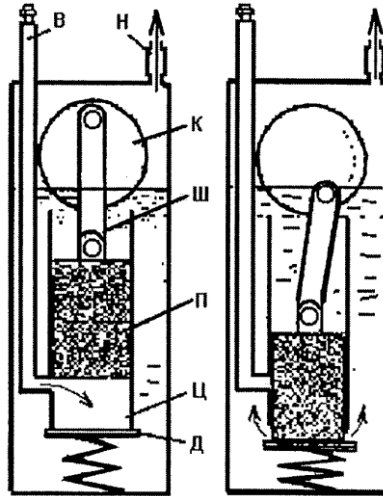
Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Розрідження, створюване насосом	до 39,99 Па
2	Тиск, створюваний насосом	до 0,39 МПа

Будова та дія насоса

Схематично будова насоса показана на мал. 3. Насос складається з циліндра Ц, всередині якого вгору і вниз рухається поршень П. Поршень приводиться в рух за допомогою

кривошипа К і шатуна Ш. До нижньої частини циліндра за допомогою пружини притискається рухоме дно Д, яке одночасно служить і клапаном. При верхньому положенні поршня відкривається бічний отвір, прорізаний у циліндрі. Цей отвір сполучено з трубкою В, яка з'єднується при проведенні досліду з розріджуваним простором. Уся система знаходиться в корпусі, заповненому мінеральною оливою. Хід поршня розраховано так, що в нижньому положенні він тисне на клапанно-дно, відкриває його, і частково виходить у оливу.



Мал. 3

Працює насос за принципом відсікання: при русі вгору між ним і дном виникає розріджений простір, куди через отвір заходить повітря, коли поршень знаходиться у верхньому положенні. При зворотньому русі поршень перекриває отвір, стискає повітря в циліндрі й виштовхує його в оливу. Назовні повітря виходить через патрубок Н.

Насос приводять у дію, обертаючи за ручку маховик. Маховик може одночасно служити шківом для обертання насоса за допомогою електродвигуна потужністю 250 Вт і пасової передачі. Конструкція насоса не допускає частоту обертання вищу за 3,33 об/с (150...200 об/хв).

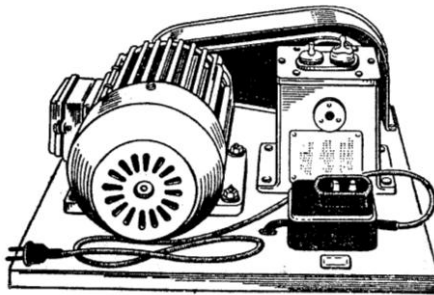
Догляд за насосом

Після роботи необхідно відразу від'єднати насос від розріджуваного простору, знявши гумову трубку з патрубку приладу. У іншому випадку, коли поршень зупинився у верхньому положенні, в циліндрі утворюється розріджений простір. У цей простір під тиском атмосферного повітря просочується олива. За кілька годин воно заповнює циліндр і по трубці через патрубок проникне в прилад, з якого відкачували повітря.

У насос необхідно періодично доливати мінеральну оливу. Для цього викручують нагнітальний патрубок, через який доливають оливу, та гвинт рівня оливи, який знаходиться посередині стінки корпусу з протилежного від маховика боку. Коли олива з'являється в отворі рівня, заливку припиняють, контрольний отвір і штуцер загвинчують.

Ротаційний насос

Насос (мал. 4) призначений для розрідження та нагнітання повітря при проведенні дослідів з фізики. Він приводиться в дію двигуном змінного струму.



Мал. 4

Ротаційний насос з електродвигуном може бути використаний, коли необхідно швидко відкачати повітря в дослідах, пов'язаних з атмосферним тиском, електричним розрядом у розріджених газах, при демонстрації адіабатичного розширення повітря та інших. Технічно насос може накачувати повітря, але там, де можна застосувати інший насос, використовувати

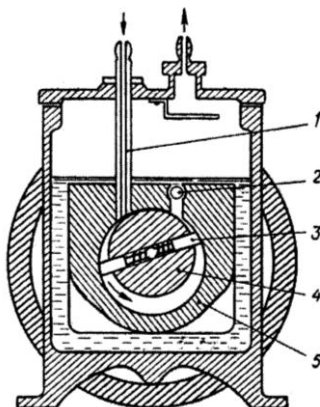
ротаційний насос для нагнітання недоцільно. При підвищенні тиску через сальники в корпусі насоса може витікати олива, залита в корпус.

Технічні характеристики

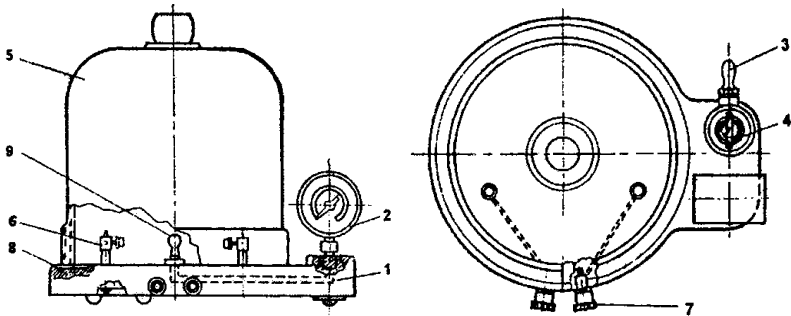
№	Параметр	Значення параметра
1	Розрідження, створюване насосом	до 15 Па
2	Тиск, створюваний насосом	до 400 кПа
3	Напруга живлення двигуна змінного струму	220 В
4	Потужність, споживана двигуном	0,27 кВт

Пуск двигуна здійснюється за допомогою кнопочового пускача.

Будову насоса показано на мал. 5. Робота насоса ґрунтується на відсіканні повітря, яке поступає в циліндр насоса з трубки розрідження 1, та переміщення його до отвору з кульковим клапаном 2. Це здійснюється за допомогою лопаток 3 під час обертання ротора 4, який встановлено ексцентрично в циліндрі 5 корпусу насоса.



Мал. 5



Мал. 6

Тарілка до вакуум-насоса

У дослідах з різних розділів курсу фізики разом з насосами використовується вакуумна тарілка. Тарілка (мал. 6) – це масивний чавунний чи пластмасовий диск діаметром 225 мм із з'єднувальним каналом 1, краном 4, ніпелями 3, 9. Ніпель 3 призначений для одягання гумової трубки від насоса. Ніпель 9 в центрі тарілки можна легко викрутити і прибрати з неї. Для контролю за розрідженням під ковпаком служить манометр 2. На тарілці встановлено два затискачі 6, на які можна подавати напругу через клеми 7, встановлені на основі. Вакуум створюється під товстостінним скляним ковпаком 5 діаметром 200 мм та висотою 250 мм. Між його пришліфованими бортами та диском у спеціальному кільцевому пазі прокладено гумове кільце 8. Для з'єднання тарілки з розріджувальним штуцером вакуумного насоса використовуються спеціальні вакуумні товстостінні гумові шланги, які не сплющуються при відкачуванні повітря. Вони застосовуються і в інших випадках, коли в закритих об'ємах створюється розрідження.

Заходи безпеки при роботі з насосами

При увімкненому в мережу електроживленню ротатійному насосі забороняється торкатися руками струмопідвідних частин і проводів.

При проведенні дослідів з відкачуванням повітря потрібно переконатися, що ковпак вакуумної тарілки чи інша посудина, з якої відкачується повітря, не має механічних пошкоджень.

При демонстрації дослідів з використанням вакуумної тарілки та скляних колб потрібно уникати різких струсів та ударів.

Особливо обережним потрібно бути при з'єднанні скляних трубок із шлангами насосів. Для полегшення введення трубок у шланги доцільно змащувати кінці трубок технічним вазеліном.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за паспортами на прилади з будовою ручного повітряного насоса Шінца, вакуумно-нагнітального насоса Комовського, ротаційного насоса та вакуумної тарілки з ковпаком.

2. Записати в конспект основні технічні характеристики насосів і правила їх експлуатації.

3. Зробити схематичні малюнки для пояснення принципів дії насосів.

4. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Заліковий рівень</i>							
<i>Низький</i>	X	X			X		X
<i>Середній</i>	X		X		X	X	X
<i>Високий</i>	X		X	X	X	X	X

Познайомитися з поясненням до дослідів за підручниками з фізики для середньої школи.

Скориставшись програмою з фізики для середньої школи, скласти перелік демонстрацій, для яких потрібні повітряні насоси.

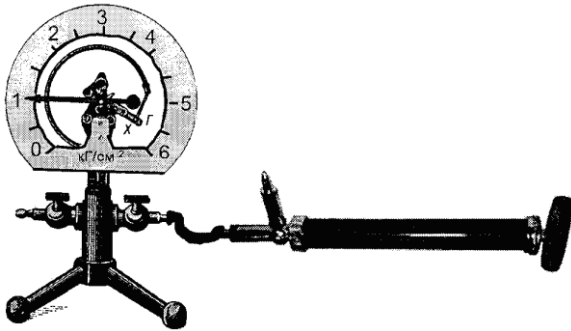
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід №1-01. Будова і дія насоса Шінца

Познайомтеся із зовнішньою та внутрішньою будовою насоса Шінца. Розберіть насос, відгвинтивши верхню та нижню муфти. Розгляньте будову поршня та ніпелів. Переконайтеся у їх справності. Зберіть насос.

Дослід №1-02. Дія демонстраційного манометра

Обладнання. Насос Шінца, демонстраційна модель металевого манометра.



Мал. 7

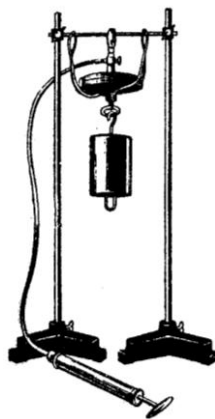
Відрізком гумового шланга приєднайте спочатку нагнітальний насос до нагнітального патрубку манометра (мал. 7). Відкрийте кран на штуцері манометра, який з'єднаний з насосом та закрийте кран на протилежному штуцері. Зробіть кілька рухів поршня, натискаючи на ручку штоку. Зафіксуйте значення тиску за показами манометра.

Повторіть те ж саме, приєднавши до манометра розріджувальний штуцер насоса. Запишіть значення тиску, створеного насосом у манометрі.

Дослід №1-03. Дія атмосферного тиску

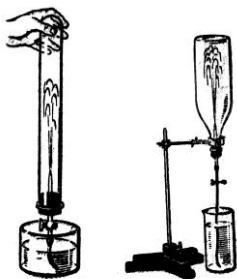
Обладнання. Насос Шінца, магдебурзькі тарілки, два штативи з муфтами та стрижнем, ги́ря масою 5 кг.

Зберіть установку, зображену на мал. 8. Для цього приєднайте розріджувальний штуцер за допомогою шлангу до патрубків магдебурзьких тарілок. З'єднайте магдебурзькі тарілки, попередньо змазавши фланець однієї з них технічним вазеліном. (Вазелін використовується лише в тарілках, які мають пришлифовані торці, без гумової прокладки). Відкрийте кран на штуцері тарілки та зробіть кілька рухів поршнем. Переконавшись, що тарілки міцно тримаються, закрийте кран на штуцері тарілки. Підвісьте тарілки на поперечному стрижні між штативами за одну з ручок, а на іншу ручку повісьте вантаж (мал. 8).



Мал. 8

Дослід №1-04. Фонтан у вакуумі



Мал. 9

Обладнання. Насос Шінца, прилад для демонстрації фонтану у вакуумі, скляна посудина з водою.

Відкачавши з посудини з трубкою повітря (мал. 9), перекрийте кран на скляній трубці (або перетисніть затискачем гумову трубку). Опустіть кінець трубки в посудину з водою і відкрийте кран.

Дослід №1-05. Будова й дія насоса Комовського

Обладнання. Насос Комовського, вакуумна тарілка з ковпаком, прилад для демонстрації фонтану у вакуумі.

1. Познайомтесь із будовою насоса Комовського. Зробіть зовнішній огляд приладу.
2. Визначте положення нагнітального та всмоктувального штуцерів.
3. Використайте насос Комовського для демонстрації фонтану у вакуумі.

Дослід №1-06. Звук у вакуумі

Обладнання. Насос Комовського, вакуумна тарілка з ковпаком, електричний дзвінок, джерело живлення.

Помістіть на тарілку модель електричного дзвоника (мал. 10).

Приєднайте його до затискачів і підключіть до клем тарілки (через вимикач) – джерело струму. Накрийте дзвоник скляним ковпаком. Під'єднайте за допомогою вакуумного шланга насос Комовського до штуцера тарілки. Замкніть коло живлення дзвінка й відмітьте рівень звуку, який надходить від нього з-під ковпака. Відкачайте повітря й спостерігайте зменшення гучності звучання дзвоника в міру зниження тиску під дзвоном.

Для забезпечення герметичності між ковпаком та основою тарілки гумову прокладку можна змочити водою (але не мінеральною оливою).



Мал. 10

Дослід №1-07. Будова й дія ротаційного насоса

Обладнання. Ротаційний насос, вакуумна тарілка із ковпаком, прилад для демонстрації фонтану у вакуумі.

Познайомтеся із зовнішньою будовою ротаційного насоса. Перевірте рівень оливи в ньому. Визначте розміщення нагнітального та всмоктувального штуцерів.

Повторіть з ротаційним насосом ті ж досліди, що й з насосом Комовського (див. Д.1 і Д.2). Порівняйте ефективність дії насосів.

Примітка. Після роботи обов'язково знімайте шланги зі всмоктуючих штуцерів.



Самоконтроль і звітність

1. Виконайте дослід з насосом, визначений викладачем.
2. Дайте відповіді на наступні питання відповідно до завдань.
 1. Яка будова ручного насоса Шінца?
 2. Яка конструкція клапанів ручного насоса Шінца?
 3. Як працює насос Шінца на розрідження та нагнітання?
 4. Як виконати профілактичний ремонт насоса Шінца (поршня, ніпелів)?
 5. Чи можна використати насос Шінца для демонстрації звуконепроникності вакууму, демонстрації тліючого розряду?
 6. Пояснити дію насоса Комовського.
 7. Як перевірити рівень оливи в насосі Комовського?
 8. Як, за необхідності, долити оливу в насос Комовського, ротаційний насос?
 9. У чому полягає принципова відмінність насоса Комовського від ротаційного насоса?
 10. Чому після відкачування повітря з тієї чи іншої ємності насос Комовського не можна залишати з'єднаним із нею?
 11. За яким принципом діє ротаційний насос?
 12. При вивченні яких тем шкільного курсу фізики в демонстраційному експерименті використовуються насоси, для постановки яких демонстрацій може бути використаний кожен з цих насосів?
4. Виконайте творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 2. ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Мета роботи. Ознайомитися з приладами, які забезпечують електроживлення дослідних установок і приладів при проведенні демонстраційного експерименту; овоїти методику їх застосування та вибору.

ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ПРИЛАДІВ

Комплект електропостачання кабінетів природничо-наукового циклу

КЭСЕ - 1

Комплект призначений для використання в системах електрозабезпечення навчальних кабінетів природничо-наукового циклу загальноосвітніх навчальних закладів. Він забезпечує живлення навчальних приладів при проведенні демонстраційних дослідів, фронтальних лабораторних робіт та лабораторних практикумів. Комплект дозволяє знижувати напругу змінного струму з 220 В до 42 В з наступним перетворенням на постійну напругу 4 В на робочих місцях учнів.



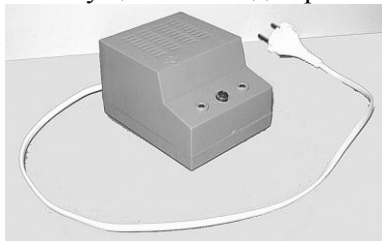
Зовнішній вигляд приладу показано на мал. 11.

Мал. 11

Загальний опис будови приладу

Основний блок комплекту має металевий корпус прямокутної форми й пристосований для стаціонарного закріплення на стіні навчального кабінету.

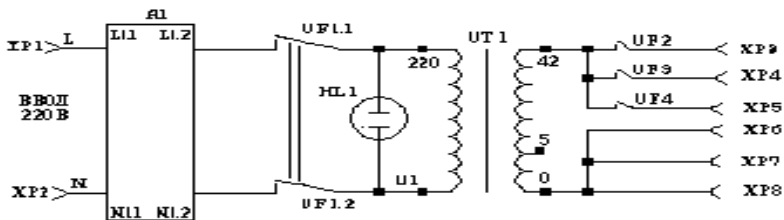
У ньому розміщені: знижувальний трансформатор; пристрій автоматичного вимкнення, призначений для захисту від ураження електричним струмом; автоматичний вимикач мережі; сигнальна неонева лампа, яка є індикатором увімкнення приладу; три автоматичних вимикачі ліній навантаження 42 В і захисту цих ліній від перевантаження.



До комплекту входить також набір джерел живлення для фронтальних лабораторних робіт **ИПФ**, мал. 12

Електрична схема приладу показана на мал. 13.

Мал. 12



Мал. 13

- VT1 – трансформатор ОСМ1 – 1М – У3
- A1 – пристрій захисного вимикання
УЗО 01 – 2П ДЭК 01 – 2 – 16 – 30
- HL1 – лампа неонева 220VAC
- UF1 – вимикач автоматичний ВА – 101 – 2/10
- UF2...UF4 – вимикач автоматичний ВА-101-1/10

Технічні характеристики КЭСЕ-1

№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	220 ±10%
2	Частота струму, Гц	50 – 60
3	Номінальна вихідна потужність, не менше, кВА	1,0
4	Номінальна вихідна напруга, В	42 ±10%
5	Макс. струм навантаження трьох ліній, не менше, А	25

Комплект електропостачання універсальний



Мал. 14

Комплект електропостачання (КЕС, раніше КЕСФ, КЕХ) призначений для оснащення кабінетів, лабораторій фізики середніх загальноосвітніх шкіл і застосовується для забезпечення електроживленням приладів, установок, електросхем при проведенні демонстраційних дослідів, фронтальних і лабораторних робіт, практикумів, гурткових і факультативних занять (мал. 14). Комплект дозволяє здійснювати перетворення змінної напруги 220 В у

напругу 42 В і розводку останньої до робочих місць учнів з подальшим перетворенням її (за необхідності) на випрямлену напругу 4 В.

Він призначений для живлення лабораторних джерел змінною напругою живлення 42 В, і для подачі напруги 4 В на кожен парту в класі для проведення лабораторних робіт з фізики, електротехніки, хімії.

Короткий опис комплекта

У корпусі КЕС зібрані:

- знижувальний трансформатор 220/5/42 В потужністю 1,6 кВА;
- три діодні випрямні мости, з'єднані паралельно для збільшення потужності по струму і комутаційних елементів;
- автоматичних вимикачів АВ1, АВ3 (двополюсних) для увімкнення електроживлення по рядах парт і комутації (одночасно) індикаторних ламп;
- АВ4 для увімкнення мережі й здійснення захисту від перевантажень;
- Т1, Т2 автомати, які служать для вибору роду струму живлення споживачів = 4 В або ~ 42 В.

При живленні споживачів від джерела 4 В здійснюється двопівперіодне випрямлення струму випрямними мостами М1, М2, М3 і подача постійного струму безпосередньо по рядах. При живленні від джерела ~ 42 В напруга знімається безпосередньо з клем трансформатора й комутується універсальними елементами АВ1-АВ3.

Основні технічні характеристики

КЕС виконаний в жорсткому металевому корпусі, здатному забезпечити захист електричних елементів і монтажу від механічних пошкоджень і доступу людей до струмопровідних частин устаткування.

Основні електротехнічні параметри

№	Параметр	Значення параметра
1	Споживана потужність кВА	не більше 0,8
2	Електроживлення від мережі змінного струму	напругою 220В, частотою 50-60 Гц
3	Вихідна напруга при зміні струму навантаження від "0" до "max" від джерела ~ 42 В:	42-38 В
4	Вихідна напруга при зміні струму навантаження від "0" до "max" від джерела 4 В:	4-2,8 В
5	Максимально допустимий струм від джерела ~ 42 В трьох ліній одночасно	10 А (не більше 20 хвилин) 5 А (не більше 40 хвилин)
6	Максимально допустимий струм від джерела 4 В трьох ліній одночасно	15 А (не більше 20 хвилин) 10 А (не більше 40 хвилин)

Підготовка до роботи та перевірка приладу

- відкрити ключем зовнішні дверцята (далі в процесі роботи вони повинні залишатися відкритими);
- включити тумблери Т1 або Т2 на вибране джерело живлення 4 В або ~ 42 В;
- включити АВ4 "УЗО";
- спалахує червона лампочка наявності мереж;
- включити АВ1 – спалахує зелена лампочка живлення 1-го ряду;
- включити АВ2 – спалахує зелена лампочка живлення 2-го ряду;
- включити АВ3 – спалахує зелена лампочка живлення 3-го ряду;
- КЕС готовий до роботи.

Після закінчення робіт відключити АВ 4.

Техніка безпеки при роботі з приладом

1. Експлуатація КЕС при пошкодженні елементів захисту й управління ЗАБОРОНЕНА.
2. Експлуатація КЕС з перевищенням параметрів по струму й часу, вказаним вище, ЗАБОРОНЕНА.
3. Експлуатація КЕС із закритими зовнішніми дверцятами (щоб уникнути перегріву) ЗАБОРОНЕНА.
4. Після закінчення роботи КЕС має бути відключений від мережі живлення автоматичним вимикачем № 4 "УЗО".
5. Проводка для живлення КЕС ~ 220 В і дроти, що відходять, 4 В; ~ 42 В мають бути проведені в різних трубах. До болта заземлення має бути підключений дріт заземлення безпосередньо від щита живлення.
6. Автоматичні вимикачі Т1 і Т2 для уникнення короткого замикання повинні вмикатися по черзі на вибрану робочу напругу ~ 42 в або 4В.
7. Одночасне увімкнення Т1 і Т2 ЗАБОРОНЕНЕ!

ВИПРЯМЛЯЧ В-24

Випрямляч В-24 (мал. 15) призначений для живлення регульованим змінним струмом та випрямленим пульсуючим струмом електричних кіл при проведенні демонстраційного експерименту на уроках фізики. Випрямляч перетворює змінний електричний струм частотою 50 Гц напругою 220 В у постійний струм та випрямлений (пульсуючий) струм з плавно регульованою напругою.

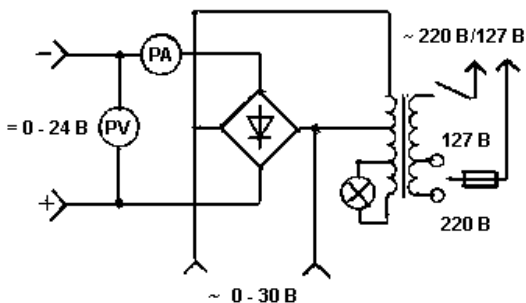


Мал. 15

Будова і робота випрямляча

У металевому корпусі випрямляча встановлено: тороїдальний трансформатор; випрямляч, зібраний на напівпровідникових діодах за містковою схемою; щиток із запобіжником. На передній панелі розташовані: вольтметр і амперметр, які показують напругу й силу випрямленого струму, ручка регулювання вихідних напруг, сигнальна лампочка, вимикач, дві пари універсальних клем для живлення кіл змінного та постійного струму. На задній стінці корпусу розміщено гвинт для приєднання заземлення.

Принципова схема випрямляча показана на мал. 16.



Мал. 16

Випрямляч В-24 є модифікацією випрямлячів ВС-24 та ВС-24М, які не відрізняються від нього за принциповими схемами, але випрямлення струму в них здійснюється селеновими випрямлячами, а вимірювальні прилади мають інше конструктивне оформлення.

Вказівки до експлуатації

Працювати з випрямлячем дозволяється тільки вчителю!

Сумарна сила випрямленого та змінного струмів на виході випрямляча не повинна перевищувати 10 А.

Час безперервної роботи випрямляча не більше 45 хв.

Перед увімкненням прилада в мережу прилад має бути заземленим.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Номинальна напруга живлення, В	220 ±10%
2	Частота струму, Гц	50 - 60
3	Споживана потужність, Вт	не більше 250
4	Номинальна вихідна нерегульована напруга, В	42 ±10%
5	Вихідна регульована напруга постійного струму	0...24 В (до 10 А)
6	Вихідна регульована напруга змінного струму	0...24 В (до 10 А)

Джерело живлення демонстраційне ИПД-1



Мал. 17

Прилад призначений для живлення демонстраційних електроустановок на уроках фізики в загальноосвітніх школах.

Будова і дія приладу

Прилад змонтований у пластмасовому корпусі (мал. 17). На передній стінці розташовані клеми для під'єднання навантаження, ручка регулятора для встановлення напруги, вольтметр класу точності 2,5, перемикач режимів, вимикач мережі. На задній стінці розміщені запобіжники на 0,4 А і 2 А.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	220 ±10%
2	Частота струму, Гц	50 ... 60
3	Вихідна напруга	1,2 – 24 В
4	Максимальний струм навантаження, А	2
5	Споживана потужність, Вт	не більше 50
6	Нестабільність вихідної напруги при коливанні напруги в мережі 10 %:	не більше 2 %

Вказівки щодо експлуатації та заходи безпеки

Перш ніж увімкнути прилад необхідно переконатися в правильності встановлення запобіжників (відповідно до напруги мережі). Одночасно може бути встановлений лише один запобіжник: 0,5 А для напруги 127 В або 0,2 А напруги 220 В.

Перед увімкненням приладу тумблером ручку регулятора напруги повернути проти годинникової стрілки до упора, під'єднати до клем навантаження (не менше 5 Ом на межі вимірювання 0...12 В и не менше 12 Ом на межі 0...24 В), увімкнути прилад і установити регулятором необхідну напругу на навантаженні. Час неперервної роботи приладу не більше 30 хвилин, після чого необхідна перерва 10 хвилин.

Вказівки до експлуатації та заходи безпеки

Перед використанням прилад необхідно заземлити!

При ремонті й заміні запобіжників прилад необхідно вимикати з мережі!

Підготовка до роботи та перевірка приладу

1. Зняти з від'єданого від мережі випрямляча кожух та познайомитися з внутрішньою будовою приладу. Перевірити, чи відповідає запобіжник і його розміщення напрузі в мережі.
2. Закрити прилад кожухом. Скласти коло для визначення напруги на виході в залежності від сили струму в колі споживача.
3. Визначити значення напруг на виході при різних струмах навантаження випрямляча й занести в таблицю.

4. Приєднати до вихідних клем приладу конденсатор ємністю 20 ... 30 мкФ. Виміряти вихідну напругу в цьому випадку $U_c = ?$ Поясніть результат досліду.

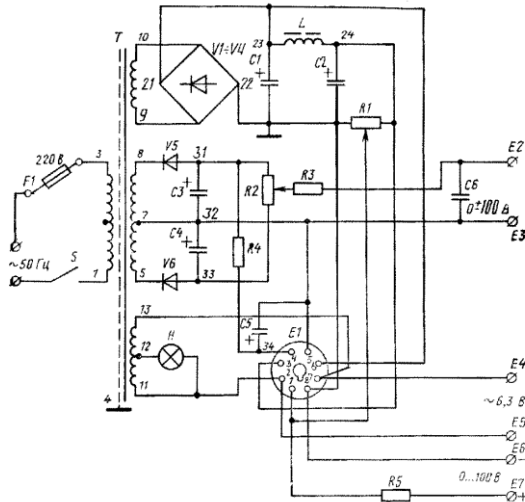
УВАГА! Якщо конденсатор електролітичний, то зверніть увагу на полярність його під'єднання ("+" до "+", "-" до "-")!

Випрямляч ВУП-2м

Випрямляч напівпровідниковий універсальний ВУП-2м призначений для живлення демонстраційних радіотехнічних і електротехнічних приладів на уроках фізики в загальноосвітній школі.

Будова приладу

Він призначений для живлення приладів, які мають великий внутрішній опір і потребують підвищену напругу живлення, а саме: індикатор йонізуючих випромінювань, комплект приладів для вивчення властивостей електромагнітних хвиль, вакуумні електронні лампи, вакуумний фотоелемент, прилад для вивчення властивостей електронних пучків та ін. Його принципова електрична схема показана на мал. 18.



Мал. 18

Для регулювання вихідних напруг використовуються змінні резистори R1, R2.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	220 ±10%
2	Частота струму, Гц	50 – 60
3	Випрямлений струм до 50 мА з плавно регульованою напругою, В	від 0 до 100 ±10
4	Випрямлений струм до 5 мА з плавно регульованою напругою, В	- 100 ± 5 +100 ±5 В
5	Змінний струм до 3 А напругою, В	6,3 ± 0,5
6.	Випрямлений струм до 200 мА напругою, В	350 ± 10

ГЕНЕРАТОР "СПЕКТР-1"

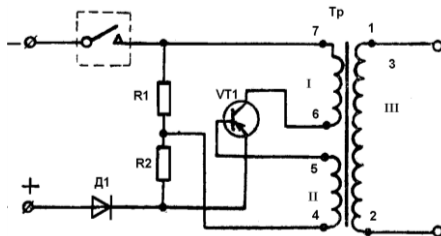
Генератор високовольтний шкільний "Спектр-1" призначений для проведення дослідів зі спектральними трубками.

Будова та принцип дії

Генератор змонтовано у пластмасовому корпусі. На корпусі встановлено футляр з відкидною кришкою для кріплення спектральних трубок. На бічній поверхні корпусу встановлено універсальні клеми для приєднання джерела живлення.

Прилад являє собою релаксаційний генератор із трансформаторним зв'язком, зібраний на транзисторі VT1, і трансформаторі Тр. Діод VD1 захищає генератор, якщо на вхідні клеми помилково подають напругу зворотної полярності.

Принципова схема приладу показана на мал. 19.



Мал. 19

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	8
2	Вихідна напруга холостого ходу, кВ	$3 \pm 0,3$

Заходи безпеки при роботі з приладом Спектр-1

1. Високовольтні виходи приладу в робочому стані повинні бути закриті захисним кожухом.
2. Поруч з приладом не повинні знаходитися сторонні предмети, через які можливі випадкові контакти з елементами, що мають високий потенціал.

ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВИСОКОВОЛЬТНИЙ “РАЗРЯД-1”

Перетворювач призначений для демонстрації дослідів з електростатики та електродинаміки за програмою середньої школи.

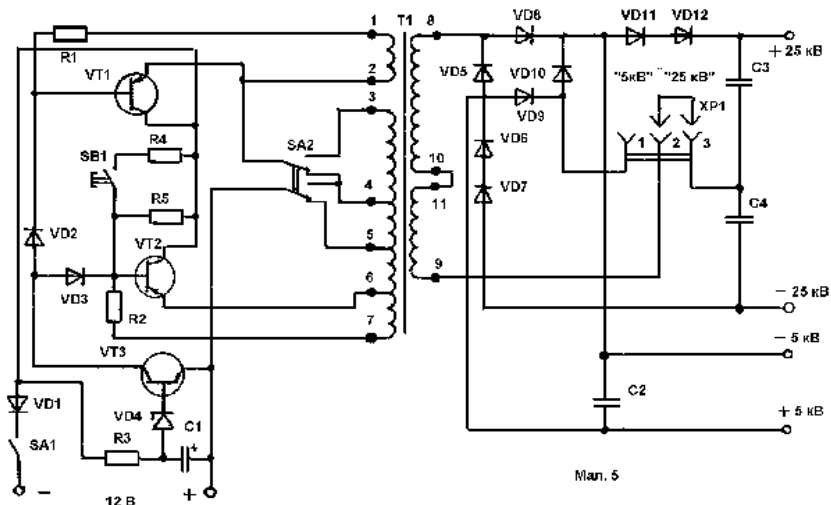
Будова і принцип дії

На верхній панелі перетворювача розташовані клавіші вимикача, клавішний та дисковий перемикачі вихідної напруги 5/25 кВ, кнопка запуску, якщо відбувся зрив генерації, клеми виходу 25 кВ, у які вставляються борни. Відстань між борнами можна регулювати, кульки можна знімати.

Для отримання потрібної напруги необхідно клавішний та дисковий перемикачі встановити у відповідні положення. Для цього дисковий перемикач слід вийняти з гнізд і переставити так, щоб мітка вказувала на потрібну напругу.

На бічних поверхнях у нішах розташовано клеми живлення та виходу 5 кВ. Постійна напруга живлення подається на клеми живлення генератора, який зібраний за схемою несиметричного мультівібратора з індуктивним зворотнім зв'язком на транзисторах VT1 та VT2 і підвищувальному трансформаторі T1 (мал. 20). Висока змінна напруга знімається з вторинної обмотки трансформатора і перетворюється за допомогою схеми подвоєння на випрямлячах VD5 – VD8, VD11, VD12 і

конденсаторах C3, C4 у постійну напругу 25 кВ. Для виходу 5 кВ випрямлення високовольтної змінної напруги здійснюється за допомогою діодів VD5, VD8 – VD10 і конденсатора C2.



Мал. 20

Перетворювач має електронний захист від перенапруги на вході до 17 В, зібраний на транзисторі VT3 і діодах VD2–VD4.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	0...12
2	Активне навантаження, МОм	1) 5 2) 220
3	Максимальна споживана потужність, не менше, Вт	20
4	Номінальна вихідна напруга, кВ	1) 0...25±10% 2) 0...5±10%
5	Поріг спрацювання захисту перетворювача від перенапруги струму живлення, В	13...17

Заходи безпеки

Забороняється доторкатися до елементів схеми, які перебувають під високою напругою. Місце роботи, де знаходиться перетворювач, необхідно тримати в чистоті, на ньому не повинно бути сторонніх предметів, через які може відбутися випадковий контакт із елементами, що мають високий потенціал. При ознайомленні з електроприладами забороняється перемикати напруги та знімати кришки, якщо прилад увімкнено в мережу. Працювати з приладами дозволяється тільки вчителю. Перед початком роботи прилади мають бути заземленими.

Підготовка до роботи

1. Особливості добору джерел живлення

Однією із проблем, з якою стикаються вчителі фізики при підготовці фізичного експерименту, є добір джерел живлення експериментального обладнання, адже необхідно враховувати низку факторів, обумовлених умовами організації експерименту, властивостями навантаження та вимогами техніки безпеки.

У першу чергу слід звернути увагу на відповідність електричних параметрів джерела струму таким вимогам експериментального обладнання.

- вид струму;
- напруга живлення;
- максимальна сила струму;
- допустимий рівень пульсацій вихідної напруги;
- наявність регулювання вихідної напруги тощо.

Потрібно пам'ятати, що джерела струму є невід'ємною частиною експериментальної установки і від правильності їх добору залежить і успішність, і безпека експерименту. У цьому зв'язку слід враховувати ще й такі параметри:

- внутрішній опір джерела струму;
- наявність системи захисту від перевантажень;
- допустимий час неперервної дії тощо.

Тому першим етапом підготовки експерименту є ретельний аналіз усіх можливих варіантів застосування тих чи інших джерел струму й відбір такого, яке б максимально задовольняло всім вимоги техніки безпеки.

Наприклад, необхідно продемонструвати вольт-амперну характеристику кремнієвого напівпровідникового діода малої чи середньої потужності. Для цього потрібне джерело постійного струму з регульованою вихідною напругою, причому для дослідження "прямого" струму достатньо мати напругу до 0,5 В, а для "зворотнього" – 15-20 В. На перший погляд, можна було б використати ВУП-2, оскільки в ньому є регульована напруга від (- 100 В) до 0 В, та від 0 В до (+100 В). Але для побудови прямої вітки графіка вольт-амперної характеристики цей прилад виявляється непридатним, оскільки за малих значень вихідної напруги неможливо забезпечити плавну її зміну, та й максимальна сила струму через діод може істотно перевищувати максимально допустиму силу струму приладу.

Отже, з перелічених вище приладів найбільше підходять В-24 та ИПД-С, оскільки забезпечують регульовану напругу та достатню силу струму. Хоча й ці прилади не позбавлені недоліків: вихідна напруга починається не від 0 В, а тому для забезпечення регульованої напруги від 0 В до 0,5 В доводиться використовувати додатковий потенціометр.

Інший приклад: для одержання електролізу теоретично можна використати будь-яке демонстраційне чи лабораторне джерело постійного струму. Наприклад, В-24 чи ВУП-2. Але коли мова йде про демонстраційний експеримент, коли час демонстрації обмежений, доцільніше використати В-24, який дозволить мати значно більшу силу струму через розчин електроліту і, відповідно, більш яскравий демонстраційний ефект за той же проміжок часу.

Для живлення демонстраційної моделі радіоприймача на транзисторах, чи підсилювача низької частоти необхідне джерело струму з вихідною напругою 6...12 В та незначними пульсаціями вихідної напруги. За цих обставин ВУП-2 непридатний через малу допустиму силу струму, а В-24 непридатний через відсутність згладжуючого фільтра.

Очевидно, що кращим джерелом струму для даної демонстрації є ИПД-С.

2. Високовольтні джерела струму теж мають свої особливості: генератор "Спектр 1" застосовується лише для живлення спектральних трубок, тоді як "Разряд-1" – більш універсальний і може бути застосований для демонстрацій великої кількості дослідів з електростатики та електродинаміки.

3. Ознайомитися за поданим описом та паспортами на прилади з будовою комплекту електропостачання кабінетів природничо-наукового профілю КЭСЕ-1, (або комплекту електропостачання універсального), випрямляча В-24, джерела живлення демонстраційного ИПД-С, випрямляча ВУП-2М, генератора "Спектр-1" та перетворювача високовольтного "Разряд-1".

4. Записати основні технічні характеристики джерел струму і правила їх експлуатації.

5. Зробити схематичні малюнки для пояснення будови джерел струму.

6. Обрати заліковий рівень й скласти конспект дослідів з використанням описаних джерел струму та передбачених у подальших пунктах цієї роботи.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Заліковий рівень</i>						
<i>Початковий</i>	X				X	
<i>Середній</i>	X	X	X	X		
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 2-01.

Підготовка до роботи та перевірка приладу «КЭСЕ-1»

Вказівки щодо експлуатації

Перед початком роботи всі тумблери повинні бути встановлені в положення "вимкнено".

1. Увімкнути прилад так:

- увімкнути тумблер живлення 220 В;
- увімкнути пристрій захисного вимикання, при цьому повинна засвітитися сигнальна лампа;
- увімкнути автоматичні вимикачі ліній 42 В;
- під'єднати джерела струму ИПФ до розеток 42 В, при цьому індикатори на корпусах ИПФ вкажуть на те, що струм подається на робочі місця.

2. Визначити мінімально допустимі при заданих напругах опори кіл, що можуть жититися від перетворювача.

3. Перевірити дію автоматичного захисту від перевантаження.

4. Вимкнення здійснюється у зворотній послідовності.

Дослід 2-02.

Підготовка до роботи та випробування приладу «В-24»

Обладнання. Випрямляч В-24, мультиметр, викрутка.

1. Перевірити, чи вимкнута прилад з мережі.
2. Познайомитися із зовнішньою будовою випрямляча.
3. Зняти кожух і розглянути розміщення та будову основних внутрішніх частин випрямляча. Переконалися в тому, що розміщення запобіжника відповідає напрузі в мережі.
4. Закрити В-24 кожухом і увімкнути в мережу. Перевірити відповідність показів приладів випрямляча показам контрольних приладів, увімкнутих у вихідні клема.

У даний час є декілька варіантів випрямлячів В-24, з такими ж параметрами, як і описаний вище, або дуже близькими до них. Один із них показано на мал. 21.



Мал. 21

Дослід 2-03. Підготовка до роботи та випробування приладу ИПД-С

1. Увімкнути прилад, виконавши всі вимоги, описані на с. 60.
2. За допомогою мультиметра перевірити відповідність меж регулювання вихідної напруги, вказаних у технічному паспорті.
3. Використати ИПД-С для живлення демонстраційного підсилювача низької частоти і зробити висновок про якість фільтра випрямляча.

Дослід 2-04. Підготовка до роботи, перевірка та використання приладу ВУП-2

Обладнання. Випрямляч ВУП-2, мультиметр, викрутка.

1. Зняти кожух із від'єданого від мережі випрямляча та ознайомитися з його внутрішньою будовою.
2. Заземлити прилад і закрити кожух.

3. Увімкнути випрямляч у мережу. Виміряти за допомогою мультиметра межі регулювання напруг на його вихідних клеммах без навантаження та відповідність нульового значення напруги на клеммах ($- 100...+ 100$) В у середньому положенні ручки-регулятора.
4. Використати випрямляч для демонстрації дії електронної лампи-діода та дослідити її ВАХ.
5. Використати випрямляч для живлення генератора сантиметрових хвиль і продемонструвати властивості електромагнітних хвиль (відповідно до матеріалу шкільного підручника).

Дослід 2-5. Підготовка приладу «Спектр-1» до роботи та проведення демонстрацій з використанням його

Обладнання. Високовольтний перетворювач "Спектр-1"; газоповні спектральні трубки; спектроскоп.

1. Приєднати джерело живлення до вхідних клем приладу відповідно до вказаної полярності.
2. Відкрити кришку й вставити газорозрядну (спектральну) трубку. Закрити кришку й увімкнути джерело живлення. Через щілину можна спостерігати газовий розряд.
3. За допомогою спектроскопа провести дослідження спектрів свічення різних газів. Замалювати спостережувані спектри випромінювання та схему розміщення приладів.

Дослід 2-6. Підготовка до роботи, перевірка та використання високовольтного перетворювача «Разряд-1»

Обладнання. Перетворювач "Разряд-1"; випрямляч В-24; спектральні трубки на штативі; паперові султани.

1. Переконалися, що вимикач живлення встановлено в положення "Вимкн."

2. Установити перемикачі вихідної напруги у положення "5 кВ" чи "25 кВ".
3. Установити паперові султани в клема високої напруги.
4. Під'єднати джерело живлення (В-24) з дотриманням вказаної полярності і, змінюючи напругу живлення від 0 до 12 В, одержати необхідну високу напругу на борнах та вихідних клеммах "5 кВ".
5. Перевірити наявність високої напруги 5 кВ за допомогою спектральних трубок.
6. Перевірити й визначити напругу спрацювання захисту $U_{с.з}$ при перенапрузі на вході.
7. Продемонструвати тліючий розряд у газосвітних або спектральних трубок.
8. Вимкнути прилад!

Робота № 3. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ АНАЛОГОВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

Мета роботи. Познакомитися з будовою й дією шкільних демонстраційних аналогових електровимірювальних приладів та оволодіти навиками їх застосування в навчальному фізичному експерименті.

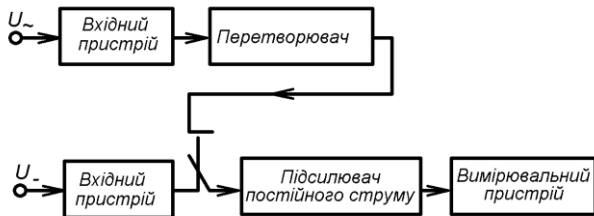
Загальний опис приладів

За формою представлення показів електровимірювальні прилади поділяють на аналогові та цифрові.

Аналоговий вимірювальний прилад – це вимірювальний прилад, покази якого або вихідний сигнал є неперервною функцією зміни вимірюваної величини.

За конструкцією та способом індикації значень вимірюваної величини вони поділяються на електромеханічні стрілкові, які здійснюють безпосередній відлік величини, та електронні. Останні можуть мати стрілкові, найчастіше магнітоелектричної системи, вимірювальні системи, або електронні із світлодіодними індикаторами.

Загальна схема аналогового універсального приладу, розрахованого на вимірювання як змінної, так і постійної напруги (сили струму), показана на мал. 22.



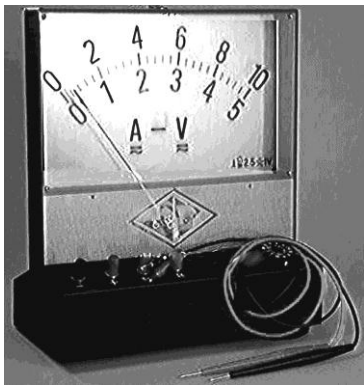
Мал. 22

Аналогові прилади із стрілкою, як правило, не мають підсилювачів постійного струму. Для вимірювання змінної напруги аналогові прилади магнітоелектричних систем та електронні прилади мають перетворювач (випрямляч).

АМПЕРВОЛЬТМЕТР ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ СТРІЛКОВИЙ

Призначення приладу

Ампервольтметр із гальванометром (мал. 23) є багатофункціональним електровимірювальним приладом. Застосовується для визначення значень сили постійного та змінного струму, постійної та змінної напруги, а також як чутливий гальванометр для виявлення електричного струму в колах і визначення його напрямку. Використовується для проведення демонстраційних дослідів з фізики. Прилад експлуатується в умовах типового кабінету фізики загальноосвітньої школи.



Мал. 23

Короткий опис

Електровимірювальний механізм приладу магнітоелектричної системи змонтований у прямокутному вертикальному корпусі з пластмаси. Усередині корпусу знаходяться також напівпровідниковий випрямляч, шунти, додаткові опори й перемикач режимів роботи.

Передня панель корпусу має прозоре вікно, крізь яке видно стрілку й матову задню панель зі шкалою. Задня панель може зніматися. Шкали нанесені на двох поверхнях панелі. З однієї сторони нанесена шкала гальванометра. Її особливість у тім, що нульовий штрих розташований посередині. По обидві сторони від нульового штриха – по десять поділок. Крайні оцифровані штрихи мають позначки "– 500" і "+500". Чутливість гальванометра складає 50 мкА/под.

На іншій стороні панелі нанесена рівномірна шкала з верхньою й нижньою оцифровками. Її використовують при

вимірюваннях сил струмів і напруг в колах постійного і змінного струму. Кожен п'ятий штрих шкали оцифрований. Межі оцифровки верхньої шкали 0...10. Ціна поділки шкали при цьому складає 0,4 значення вимірюваної напруги чи струму. Нижня оцифровка має межі 0...5. Ціна поділки шкали при цьому складає 0,2.

На передню панель виведена ручка перемикача режиму роботи й меж вимірювань та чотири гнізда для вмикання приладу в електричне коло. Гнізда, позначені знаками "-" і "+", використовуються для вимірювання напруг, а також сили постійного та змінного струму в межах 0...1 А; 0...100 мА. Для вимірювання сили постійного та змінного струмів значенням до 5 А використовують гнізда відповідно "-", "5 А=" і "-", "5 А~". Необхідний режим роботи встановлюється повертанням ручки перемикача, розміщеної на правій стороні нижньої частини передньої панелі.

У нижній частині задньої поверхні корпусу знаходиться ручка коректора стрілки й ніша для зберігання з'єднувальних провідників. Ніша закрита кришкою із засувкою.

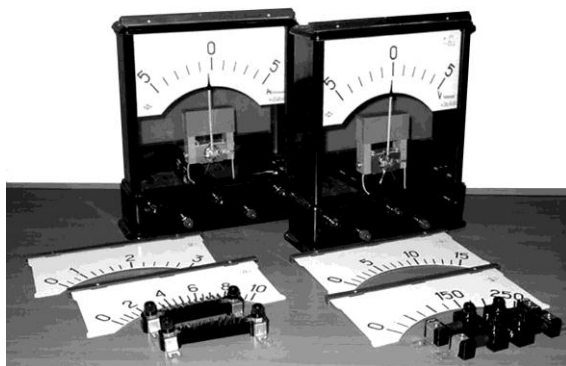
Похибка вимірювань ампервольтметра не перевищує 2,5% від верхньої межі шкали.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Клас точності приладу	2,5
2	Межі вимірювання в режимі гальванометра, мкА	0 ±500
3	Діапазони вимірювання сили струму (постійного), мА	0 – 10; 0 – 100 ; 0 – 5000
4	Діапазони вимірювання сили струму (змінного), мА	0 – 10; 0 – 100; 0 – 5000
5	Діапазони вимірювання постійної напруги, В	0 – 5; 0 – 10
6	Діапазони вимірювання змінної напруги, В	0 – 10; 0 – 50; 0 – 250
7	Внутрішній опір гальванометра, Ом	510

АМПЕРМЕТР АГ ТА ВОЛЬТМЕТР ВГ ДЕМОНСТРАЦІЙНІ (НАВЧАЛЬНИЙ)

Для проведення електричних вимірювань в демонстраційних дослідах використовуються демонстраційні амперметри і вольтметри попередніх років випуску. Конструктивно вони оформлені однаково і мають однаковий дизайн (мал. 24).



Мал. 24

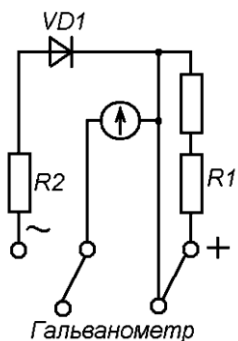
Конструктивно прилади складаються з вимірювального механізму магнітоелектричної системи, змінних шкал, напівпровідникового випрямляча, змінюваних додаткових опорів до вольтметра або змінюваних шунтів до амперметра. Змонтовані прилади у пластмасових футлярах із закритими лицьовими й тильними сторонами. Це дозволяє бачити учням шкалу, стрілку і вимірювальний механізм.

У нижній частині лицьового боку кожного з приладів встановлено п'ять клем. Три верхні клем (одного кольору) використовуються для вимірювання напруг чи сил струмів у колах змінного (ліва "~" та середня) та у колах постійного струмів (середня та права "+"). Якщо вимірювані сили струмів і напруг перевищують межі вимірювання гальванометрів (0,0005 А для амперметра і 0,02 В для вольтметра), до цих клем підключають необхідні шунти чи додаткові опори. Між двома нижніми клемами нанесено напис: "Гальванометр". Кожен з

приладів має три набори шкал, що відповідають п'яти межах вимірювань, які можуть бути виконані за допомогою кожного приладу. Робоча шкала вставляється в перший паз на кришці приладу. Інші дві зберігаються у двох інших пазах. На верхніх планках шкал є позначення "Г" – гальванометр, "-" – постійний, "~" – змінний струм, які відповідають обраному режиму роботи приладу. На задній стінці розташована головка коректора, за допомогою якої можна встановити стрілку у вихідне нульове положення. У нижній частині корпусу є висувний ящик для збереження додаткових опорів та шунтів.

Будова й принцип дії амперметра

Принципова електрична схема амперметра показана на мал. 25. Рамка його вимірювального механізму має 500 витків мідного дроту (ПЕВ або ПЕЛ) діаметром 0,05 мм. Шунти



Мал. 25

амперметра спільні як для змінного, так і для постійного струмів. Вимірювальний механізм приладу в режимі амперметра є по суті мілівольтметром з межею вимірювання напруги 700 мВ (0,7 В) постійного струму. Додатковий опір для вимірювань в колах постійного струму складається з постійного резистора $R_1=1,2$ кОм і дрютяного налагоджувального резистора та резистора R_2 для регулювання приладу для роботи в режимі змінного струму.

Резистор підбирається при регулюванні приладу в заводських умовах. Діод VD1 служить для випрямлення струму при вимірюванні сили струму в колах змінного струму. Шунти на 3 А або 10 А встановлюються на верхніх клеммах (права й середня або ліва й середня), залежно від меж вимірювання і виду вимірюваного струму (постійного чи змінного). У зв'язку з нерівномірністю характеристики напівпровідникового випрямляча, робоча частина шкал змінного струму для межі 3 А починається з 1 А, а шкала 10 А – з 3 А.

Технічні характеристики амперметра

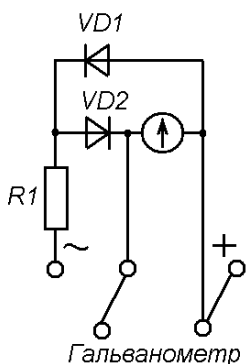
Без встановлених шунтів амперметр демонстраційний є *гальванометром* з такими характеристиками:

- чутливість (ціна поділки) – $C_T = 0,00005$ А, (для кожного приладу значення його чутливості і внутрішнього опору вказані на шкалі гальванометра)
- внутрішній опір – $R_T = 385$ Ом.

З приєднаним шунтом прилад є *амперметром* постійного або змінного струму з межами 0-3 А і 0-10 А залежно від встановленого шунта.

ПАМ'ЯТАЙТЕ! Якщо шунти не встановлені, амперметр демонстраційний є **ГАЛЬВАНОМЕТРОМ** незалежно від того, яка шкала є робочою!

Будова й принцип дії вольтметра



Мал. 26

Принципова схема вольтметра показана на мал. 26. Рамка вимірювального механізму вольтметра намотана мідним дротом (ПЕВ, ПЕЛ) діаметром 0,23 мм (40 витків). При вимірюванні постійної напруги струм проходить безпосередньо через рамку приладу. При вимірюванні змінної напруги струм випрямляється за допомогою напівпровідникового діода VD1.

У робочий півперіод випрямлений (однопівперіодний) струм проходить через рамку приладу. У неробочий півперіод струм проходить мимо рамки через діод VD2. Це зроблено для того, щоб діод VD1 у не робочий півперіод не перебував під дією високої напруги (щоб запобігти його пробію).

Технічні характеристики

Без додаткових опорів вольтметр демонстраційний є *гальванометром*, який має:

- чутливість (ціна поділки) – $C_{гв} = 0,002$ В/под;
- внутрішній опір – $R_{гв} = 2,3$ Ом.

З додатковим опором (у комплект входять два додаткові опори на 5 В і 15 В для вимірювання напруг постійного струму і два додаткові опори на 15 В і 250 В для вимірювання напруг змінного струму) прилад може служити *вольтметром* постійної або змінної напруги з межами:

- для вимірювання постійної напруги 0...5 В або 0...15 В;
- для вимірювання змінної напруги 0...15 В або 0...250 В.

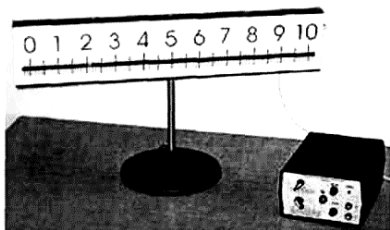
ВИМІРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОННІ АНАЛОГОВІ ИД-2 ТА ИД-2/1

Загальна характеристика

Вимірювачі електронні аналогові ИД-2 і ИД-2/1 призначені для використання в демонстраційних дослідах, пов'язаних з вимірюванням електричних величин. Вимірювачі можуть також використовуватися при організації лабораторних робіт, регулюванні, ремонті й обслуговуванні електроапаратури.

Будова та принцип дії

Вимірювачі ИД-2 і ИД-2/1 складаються з електронного блоку та панелі індикації (мал. 27). Електронний блок розміщений у пластмасовому корпусі, в якому встановлені джерело живлення, перетворювачі (струм – напруга, опір – напруга та ін.), подільник, нормуючі підсилювачі. Результати вимірювання виводяться на панель індикації вимірювального пристрою, яка складається із лінійки світлодіодів та



Мал. 27

мікроконтролера зі вбудованим аналого-цифровим перетворювачем, який керує світлодіодами. На лицьовій стороні панелі нанесена шкала. Передбачені також змінні шкали з "0" зліва, посередині та справа.

Основні технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Діапазон вимірювання напруги постійного струму, В	0,01...1000
2	Діапазон вимірювання сили струму (постійного), мкА	0,001... 100
3	Діапазон вимірювання опору постійному струмові, кОм	0,01...100
4	Частота змінної напруги живлення, Гц	50 ± 0,8 %
5	Напруга живлення, В	220 ± 10%

Заходи безпеки

Забороняється вмикати прилад у кола з напругами й силами струмів, які перевищують установлені межі. При вмиканні в кола постійного струму необхідно дотримуватися полярності ввімкнення. Зміни в колах потрібно виконувати лише при вимкнутих джерелах живлення.

Підготовка до роботи

1. За поданим вище описом та заводськими паспортами на прилади ознайомитися з будовою та принципом дії приладів, які використовуються в даній роботі.
2. Записати основні технічні характеристики й вимоги щодо їх експлуатації.
3. Користуючись програмами та підручниками з фізики для середньої школи, з'ясувати, при вивченні яких тем можуть бути використані дані прилади.
4. Знайти відповіді на запитання.
 1. Який принцип дії приладів магнітоелектричної системи?
 2. Як працюють прилади електромагнітної системи?

3. Як можна використати прилад магнітоелектричної системи для вимірювання змінного струму?
4. Як за зовнішнім виглядом, позначками на шкалі визначити систему приладу?
5. Як визначити межі вимірювання, ціну поділки приладу?
6. Що таке інструментальна похибка вимірювального приладу? Чим вона визначається?
7. Як визначити клас точності аналогового приладу?
8. Як визначити інструментальну похибку вимірювання?
9. Як розрахувати шунт до амперметра, додатковий опір до вольтметра.
10. У яких випадках використання аналогових приладів ефективніше, ніж цифрових?
11. Запропонуйте схему використання вольтметра (амперметра) для вимірювання опору. Укажіть діапазон значень вимірюваних опорів для запропонованої схеми приладу.
12. Обрати досяжний для себе заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом.
13. Ознайомитися за підручниками з фізики для середньої школи з поясненням до відібраних дослідів та скласти конспект демонстрацій.

<i>№ дослід</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Заліковий рівень</i>				
<i>Низький</i>	X	X		
<i>Середній</i>	X	X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X

7. Відмітити особливості техніки використання приладів згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

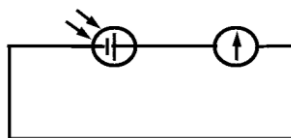
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 3-1. Застосування демонстраційних стрілкових (аналогових) приладів як гальванометрів

Обладнання. амперметр і вольтметр демонстраційні, котушка 120/220 В універсального трансформатора, гнучкий провідник в ізоляції довжиною біля 1 м, терморезистор опором 10...12 кОм, фоторезистор з темновим опором біля 10 кОм, напівпровідниковий фотоелемент, підковоподібний магніт, з'єднувальні провідники.

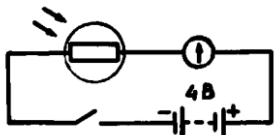
Підготовка та проведення дослідів

1. Ознайомитися з будовою приладів, перевірити наявність шунтів та додаткових опорів.
2. Підготувати прилади, скласти установку й продемонструвати явище виникнення індукційного струму в котушці при введенні-виведенні магніту. Використати спочатку гальванометр амперметра, а потім гальванометр вольтметра. Порівняти ефективність демонстрації при використанні різних приладів .
3. Використавши довгий гнучкий провідник з'ясувати можливість проведення демонстрації виникнення ЕРС індукції при русі провідника в магнітному полі. З'ясувати, із скількох витків має складатися контур при використанні гальванометра-вольтметра та гальванометра амперметра, щоб коливання стрілок приладів можна було помітити.
4. Зібрати установку за схемою, зображеною на мал. 28 та продемонструвати дію напівпровідникового фотоелемента, користуючись спочатку гальванометром від амперметра, а потім – від вольтметра. Порівняти результати.



Мал. 28

5. Зібрати установку, схема якої показана на мал. 29, продемонструвати зміну опору напівпровідникового фоторезистора при освітленні, користуючись спочатку гальванометром від амперметра, а потім – від вольтметра. Порівняти результати.



Мал. 29

Дослід 3-2. Застосування демонстраційних стрілкових аналогових приладів для вимірювання сили струму і напруги у колах постійного та змінного струму

Обладнання. Амперметр і вольтметр демонстраційні, реостати або демонстраційний магазин опорів, лампочка розжарення 6...12 В з номінальною силою струму 1,5...2 А на підставці, лампочка 3,5 В (номінальна сила струму близько 0,3 А) на підставці, з'єднувальні провідники, джерело струму з регульованими вихідними напругами 0...15 В постійного та змінного струму за сили струму не менше 3 А.

Підготовка та проведення дослідів

1. Підготувати прилади для зняття вольт-амперної характеристики однієї з ламп розжарення. Скласти коло для зняття вольт-амперної характеристики низьковольтної лампочки розжарення. Попередньо вивівши регулятор напруги джерела струму на "0" і поступово збільшуючи напругу на лампочці до номінального значення, зняти її вольт-амперну характеристику. Порівняти одержане значення сили струму за номінальної напруги із значенням номінальної сили струму, зазначеної на лампочці. Визначити номінальну потужність та опір лампочки. Результати експерименту занести в таблицю.
2. Підготувати прилади й повторити дослід з використанням джерела змінної напруги.

3. Підготувати прилади й провести такі самі досліди із лампочкою на 3,5 В. Зробити висновок щодо точності вимірювань сили струму й напруги в першому й другому випадках. Яка межа вимірювання амперметра була б зручною для проведення дослідів з лампочкою на 3,5 В, і номінальною силою струму до 0,3 А?

**Дослід 3-3. Застосування демонстраційного
електронного аналогового приладу для вимірювання
сили струму та напруги**

Обладнання. Аналоговий електронний прилад для вимірювання електричних величин та обладнання, яке використовувалося в попередніх дослідах.

Підготовка та проведення дослідів

1. Ознайомитися з будовою приладу. Встановити можливі межі вимірюваних напруг, сил струмів, опорів.
2. Підготувати прилади й провести ті ж досліди, які проводилися зі стрілковими приладами. Скласти таблицю й занести в неї отримані результати. Порівняти результати вимірювань різними приладами й оцінити ефективність їх використання для постановки дослідів.

**Дослід 3-4. Застосування електронного аналогового
приладу для вимірювання опору провідників**

Обладнання. Аналоговий електронний прилад для вимірювання електричних величин, реостат, набір резисторів.

Підготовка та проведення дослідів

1. За паспортом (технічним описом) приладу підготувати його до вимірювання опорів провідників.

2. Виміряти опори резисторів із запропонованого набору. Записати та порівняти значення опорів резисторів, зазначені на маркуванні та одержані при вимірюванні приладом.
3. Визначити опори резисторів, встановлених на реостаті при 3...4-х різних положеннях повзунка. Записати результати вимірювань.



Самоконтроль і звітність

1. Дати відповіді на запитання:
 1. Як за зовнішнім виглядом шкали стрілкових приладів визначити вид струму (змінного чи постійного), для якого вона використовується?
 2. Який набір шунтів, додаткових опорів входить у комплект демонстраційних стрілкових амперметра, вольтметра (ампервольтметра).
 3. Який шунт потрібно обрати для вимірювання сили струму за допомогою демонстраційного амперметра? Напруга, що прикладається: 1) 6 В; 2) 15 В Опори резисторів (реостатів): 2 Ом, 4 Ом.
 4. Які додаткові опори повинні бути приєднані до демонстраційного вольтметра, щоб визначити напруги на резисторах і на всій ділянці кола?
 5. Чи можна використати амперметр для вимірювання напруги, а вольтметр – для вимірювання сили струму? Якщо можна, то як це зробити?
 6. Які зміни потрібно внести в схеми приладів, щоб одну й ту ж пару клем можна було використати для увімкнення приладів у кола постійного і змінного струму? Чи потрібно буде у цьому разі дотримуватися полярності увімкнення приладу?
 7. Якщо не можна зорієнтуватися у значенні вимірюваної напруги, (сили струму), то який додатковий опір (шунт) необхідно встановити на прилад перед увімкненням його у схему для стрілкових демонстраційних приладів? На які діапазони значень вимірюваних величин слід виставити електронний прилад?
2. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 4. ДЕМОНСТРАЦІЙНІ ЦИФРОВІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

Мета роботи. Познакомитися з будовою й дією шкільних демонстраційних цифрових приладів та оволодіти навичками їх використання в фізичному демонстраційному експерименті.

Загальний опис приладів

Однією з тенденцій розвитку шкільного фізичного експерименту є впровадження цифрових вимірювальних приладів (ЦВП). Цифровими називаються вимірювальні прилади, які здійснюють дискретне кодування вимірюваної величини, що дозволяє відображати її значення на цифровому табло-дисплеї і вводити її в розрахункові математичні схеми. Вони широко застосовуються в сучасних наукових дослідженнях і в технологічних процесах для вимірювання електричних і неелектричних величин: частоти, інтервалів часу, температури, напруги і т.д. Крім суто технічних вони мають низку дидактичних переваг у порівнянні з аналоговими вимірювальними приладами.

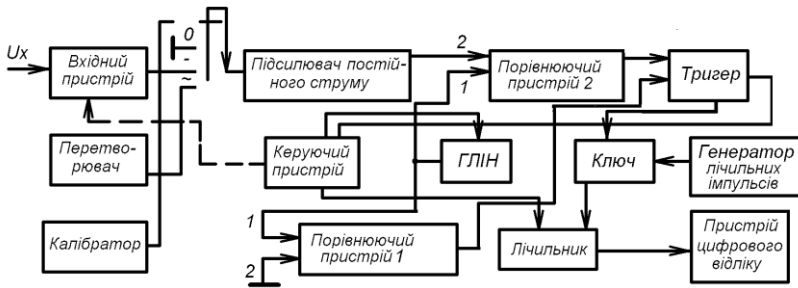
Цифрові вимірювальні прилади позбавлені впливу суб'єктивного фактора на якість відліку показів зі шкали приладу, що забезпечує швидкість і точність вимірювання.

До переваг ЦВП можна віднести також досить широкий діапазон вимірюваних величин з високою точністю вимірювання, можливість представлення результатів вимірювання в цифровому вигляді, запис їх друкуючим пристроєм, а також уведення в ЕОМ з наступною обробкою одержуваної інформації й подальшим її використанням.

Цифровий прилад містить у собі, як правило, два обов'язкових функціональних вузли: аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і цифровий показуючий пристрій. Аналогово-цифрові перетворювачі перетворюють аналогові сигнали у відповідні їм цифрові, тобто, перетворюють сигнали з неперервним спектром значень у сигнали, що мають дискретну

шкалу значень. А показуючий пристрій подає значення вимірюваної величини в цифровій формі.

Розглянемо роботу ЦВП на прикладі електронного цифрового вольтметра з час-імпульсним перетворенням, за якого вимірювана напруга U_x спочатку перетворюється в часовий інтервал, а потім – набуває цифрового вигляду. Функціональна схема такого вольтметра представлена на мал. 30.



Мал. 30

Основними вузлами цифрового вольтметра, що здійснюють зв'язок вимірюваної напруги з часовим інтервалом, є: два порівнюючі пристрої, генератор лінійно наростаючої напруги "ГЛІН" і тригер. До подачі на вхідний пристрій вимірюваної постійної напруги U_x керуючий пристрій забезпечує скидання попередніх показів лічильника, запускає "ГЛІН" і встановлює тригер у положення "0". Вимірювана напруга U_x через вхідний пристрій (ділянка напруги) і підсилювач постійного струму подається на вхід 2 пристрою порівняння 2. Вхід 2 пристрою порівняння 1 заземлений. На входи 1 пристроїв порівняння 1 і 2 подається лінійно наростаюча напруга U_n . При рівності вхідних напруг пристрої порівняння на своїх виходах виробляють короткий імпульс. Таким чином, перший імпульс виникає від пристрою порівняння 1 ($U_n = 0$), другий імпульс – від пристрою порівняння 2 при $U_n = U_x$. При цьому перший імпульс за допомогою тригера забезпечує початок роботи ключа і на лічильник протягом періоду часу T_N надходять імпульси з генератора лінійних імпульсів. При подачі на тригер другого імпульсу ключ закривається, а отже,

припиняється рахунок імпульсів. Чим більша вимірювана напруга, тим більше імпульсів надходить на лічильник, який їх підраховує, а результати видає на цифровому дисплеї.

Принцип дії цифрового вольтметра покладений в основу будови інших електричних ЦВП.

Цифровий амперметр – прилад для вимірювання сили струму з цифровою індикацією. У ньому використовується непрямий метод вимірювання сили струму, який полягає у вимірюванні за допомогою цифрового вольтметра спаду напруги на еталонному резисторі з відомим значенням опору.

Цифровий омметр – прилад для вимірювання опору з цифровою індикацією. Найчастіше використовують два методи вимірювання опорів. По-перше, компенсаційний з використанням вимірювального містка Уїтстона. Він забезпечує автоматичне зрівноважування напруг на еталонному резисторі і резисторі, опір якого визначається. Для цього з'єднані відповідно до коду опори під'єднуються за командою пристрою керування до містка по черзі, поки не забезпечується рівновага схеми. Другий спосіб полягає в пропусканні через вимірюваний опір струму певного значення. Спад напруги вимірюється за допомогою АЦП й виводиться в цифровій формі в одиницях опору.

Оскільки в основі роботи всіх АЦП лежить вимірювання напруги, їх часто об'єднують у єдиний комбінований прилад, який дістав назву мультиметра. Основою цифрового мультиметра є цифровий вольтметр, що доповнюється спеціальним комутуючим пристроєм для вимірювання різних величин. При цьому застосовуються електричні схеми цифрових амперметрів і омметрів.

Часто цифрові вольтметри оснащують датчиками температури, що дозволяють використовувати їх як термометри, а амперметри можуть окрім вимірювання сили струму мати додаткову функцію – омметра.

У наш час зустрічається значна кількість зразків різноманітних цифрових приладів як для вимірювання якоїсь однієї електричної величини, так і комбінованих. Нижче представлено опис декількох найбільш типових цифрових приладів.

ВОЛЬТМЕТР ЦИФРОВИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ (ВЦД)**Призначення**

Прилад призначений для вимірювання напруги постійного струму в електричних колах навчальних експериментальних установок у ході демонстраційного експерименту з фізики в загальноосвітніх школах і середніх професійних навчальних закладах. Прилад автоматично може визначати полярність вимірюваної напруги.

Загальний опис

Прилад змонтований у пластмасовому корпусі, в якому розміщена плата з електричними елементами, перемикач меж вимірювання та світлодіодний індикатор, на якому відображаються результати вимірювань (мал. 31). Живлення приладу відбувається через окремий нестабілізований блок живлення БПН 9-0,5. У комплект входить два з'єднувальних провідники з затискачами та інструкція з експлуатації.



Мал. 31

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Вимірювана напруга, В	19,99...199,9
2	Похибка вимірювань, %	1,5
3	Спад напруги в колі вимірювання сили струму, В	0,2
4	Вхідний опір для постійного струму, МОм	10

Послідовність роботи з приладом

Використовуючи з'єднувальні провідники, вимірник-індикатор підключають паралельно ділянці електричного кола, на кінцях якого потрібно виміряти електричну напругу. Після цього прилад з'єднують з джерелом живлення, яке вмикають у мережу 220 В. Свічення світлодіодної панелі вимірника-індикатора сигналізує про готовність приладу до роботи. За допомогою перемикача вибирається необхідний діапазон вимірювань.

Вимикання приладу виконується в зворотному порядку.

АМПЕРМЕТР ЦИФРОВИЙ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ (АЦД)

Призначення

Прилад призначений для вимірювання сили струму в ефективних колах постійного струму навчальних експериментальних установок у ході демонстраційного експерименту з фізики в середніх навчальних закладах.

Загальний опис

Конструктивно прилад оформлений як і вольтметр ВЦД (див. мал. 31).

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Вимірювана сила струму (постійного), А	0,199...1,999
2	Похибка вимірювання, %	1,5
3	Спад напруги на амперметрі в колі вимірювання сили струму, В	0,2

Послідовність роботи з приладом

Збирають навчальну експериментальну установку, включивши в розрив електричного кола, в якому потрібно виміряти силу струму, вимірник-індикатор, використовуючи з'єднувальні проводи. Вимірник-індикатор підключають до джерела живлення. Джерело живлення підключають до мережі 220 В і вмикають його. Свічення світлодіодної панелі вимірника-

індикатора сигналізує про готовність приладу до роботи. За допомогою перемикача меж вимірювання, обирають необхідний діапазон вимірювання.

Відключення виконується в зворотному порядку.

Час безперервної роботи приладу не повинен перевищувати 45 хвилин. Повторне включення можна робити не раніше, ніж через 15 хвилин. При роботі приладу з максимально допустимими струмами навантаження варто застосовувати повторно короткочасний режим, з періодом роботи не більше 5 хвилин.

ВОЛЬТМЕТР ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ЦИФРОВИЙ (З ГАЛЬВАНОМЕТРОМ) ВДЦ-1С

Призначення

Вольтметр демонстраційний цифровий з комплекту вимірювальних приладів модульної конструкції призначений для вимірювання напруги в колах постійного й змінного струму при проведенні демонстраційних дослідів з фізики (мал. 32; 33).

Загальний опис

Цифрові прилади для вимірювання різних електричних величин можуть відрізнитися тільки вхідними перетворювачами вимірюваної величини в напругу. Пристрої порівняння напруги, що поступає на ЦАП, її перетворення в цифровий код та пристрій індикації значення величини можуть мати однакову конструкцію. Це дозволяє створювати пристрої, у яких можуть бути різними лише вхідні модулі й створювати різні прилади з різними діапазонами вимірювань на основі одного й того ж вимірювального блоку, або на основі одного й того ж вимірювального блоку створювати прилади для вимірювання кількох різних величин – мультиметри. Приклади побудованих за такими схемами приладів описані нижче. Це – комплект модульних приладів для вимірювання напруг, сил струмів, опорів та індукції магнітного поля (за рахунок інших вставних модулів перелік вимірюваних величин може бути значно розширений) та комплект "амперметр-вольтметр-мультиметр".

Технічні характеристики

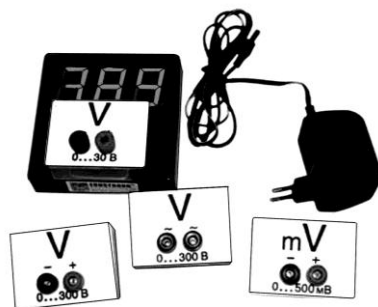
№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	12
2	Частота струму, Гц	50 – 60
3	Споживаний струм, А	не більше 0,1
4	Висота цифр індикатора, мм	не менше 38
5	Робочий діапазон температур електронного блоку, °С	-20...+85
6	Вимірювана напруга постійного струму, В	0...0,5 0...30 0...300
7	Вимірювана напруга змінного струму, В	0...300

Експлуатаційні характеристики

Вимірювана величина	Межа вимірювання	Розрізнявальна здатність	Мін. значення вимірюваної величини
Напруга постійного струму	500 мВ	0,5 мВ	1 мВ
	30 В	30 мВ	60 мВ
	300 В	0,3 В	3 В
Напруга змінного струму	300 В	0,3 В	3 В

У комплект входять

1. Модуль вимірювального блоку – 1 шт.
2. Модуль вставний 0...500 мВ (постійн.) – 1 шт.
3. Модуль вставний 0...30 В (постійн.) – 1 шт.
4. Модуль вставний 0...300 В (постійн.) – 1 шт.
5. Модуль вставний 0...300 В (змін.) – 1 шт.
6. Мережевий адаптер 12/220 В, 50 Гц – 1 шт.
7. Посібник з експлуатації – 1 шт.



Мал. 32

Прилад разом із вставним модулем є перетворювачем фізичної величини (напруги, сили струму) в електричний сигнал, рівень якого відображається на цифровому дисплеї. Особливістю приладу є те, що при зміні модулів не потрібно проводити калібрування. Воно виконується автоматично, програмним методом. На задній панелі прилад має магнітні тримачі, що дозволяють кріпити його до магнітної дошки.

АМПЕРМЕТР ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ЦИФРОВИЙ (З ГАЛЬВАНОМЕТРОМ) АДЦ-1С

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Номінальна напруга живлення, В	12
2	Частота струму, Гц	50 – 60
3	Споживаний струм, А	не більше 0,1
4	Висота цифр індикатора, мм	не менше 38
5	Робочий діапазон температур електронного блоку, °С	– 20...+85
6	Вимірювана сила струму (постійного), мА	0,004...2 2...1000
7	Вимірювана сила струму (змінного), А	0,02...10 0,1...10

Експлуатаційні характеристики

Вимірювана величина	Межа вимірювання	Розрізнявальна здатність	Мін. значення вимірюваної величини
Сила струму (постійного)	2 мА	2 мкА	4 мкА
	1 А	1 мА	2 мА
(змінного)	10 А	10 мА	20 мА
	10 А	10 мА	0,1 А

У комплект входять

1. Модуль вимірювального блока – 1 шт.
2. Модуль вставний 0.. 2 мА (постійн.) – 1 шт.
3. Модуль вставний 0... 1 А (постійн.) – 1 шт.

4. Модуль вставний 0... 10 А (постійн.) – 1 шт.
5. Модуль вставний 0...10 А (змін.)змін.) – 1 шт.
6. Адаптер мережі 12/220 В, 50 Гц – 1 шт.
7. Інструкція з експлуатації – 1 шт.



Мал. 33

Підготовка приладів до роботи

1. Уставити роз'єм обраного вставного модуля в гніздо модуля вимірювального блоку.
2. Уставити роз'єм адаптера в гніздо живлення модуля вимірювального блоку.
3. Увімкнути адаптер у мережу 220 В, 50 Гц.

Набір цифрових вимірювальних приладів (індуктивність, ємність, опір, температура)

Призначення

Набір (мал. 34) призначений для вимірювання активного опору електричних кіл, індуктивності котушок і ємності конденсаторів при проведенні демонстраційних дослідів з фізики.

Загальний опис

Вимірювальний блок разом з одним із модулів є перетворювачем фізичної величини (активного опору, індуктивності котушки, ємності конденсатора, температури) в електричний сигнал, рівень якого відображається на цифровому дисплеї. Діапазон вимірювання обирається автоматично, що забезпечує максимальну точність вимірювань. На задній панелі блоку розташовані магнітні тримачі, що дозволяють кріпити його до магнітної дошки.

Експлуатаційні характеристики

Вимірювана величина	Межа вимірювання	Розрізнявальна здатність	Мін. значення вимірюваної величини
Активний опір	1 кОм	1 Ом	3 Ом
	10 кОм	10 Ом	100 Ом
	100 кОм	100 Ом	1 кОм
	1 МОм	1 кОм	10 кОм
Індуктивність котушки	1 мГн	1 мкГн	3 мкГн
	10 мГн	10 мкГн	100 мкГн
	100 мГн	0,1 мГн	1 мГн
	1 Гн	1 мГн	10 мГн
	10 Гн	10 мГн	100 мГн
Ємність конденсатора	1000 пФ	1 пФ	3 пФ
	10000 пФ	10 пФ	100 пФ
	0,1 мкФ	100 пФ	1000 пФ
	1 мкФ	1000 пФ	10000 пФ
	10 мкФ	0,01 мкФ	0,1 мкФ
Діапазон вимірюваних температур, °С	+ 125	0,1	- 55

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Напруга живлення В.	12
2	Споживаний струм, А,	Не більше 0,1
3	Висота цифр індикатора, мм,	не менше 38
4	Робочий діапазон температур електронного блока, °С	- 20...+85

У комплект входять (мал. 34)

1. Модуль вимірювального блоку – 1 шт.
2. Модуль омметра – 1 шт.
3. Модуль вимірника індуктивності – 1 шт.
4. Модуль вимірника ємності – 1 шт.



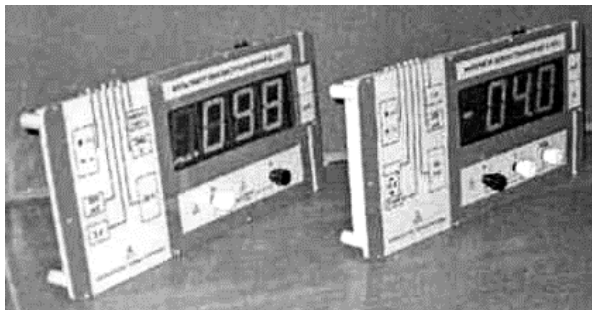
Мал. 34

5. Модуль температурного датчика – 1 шт.
6. Мережеві адаптери 12/220 В, 50 Гц – 2 шт.
7. Посібник з експлуатації – 1 шт.

КОМПЛЕКТ "ВОЛЬТМЕТР І АМПЕРМЕТР ЦИФРОВІ"

Призначення

Прилади (мал. 35) призначені для вимірювань у колах постійного й змінного струмів при вивченні електродинаміки.



Мал. 35

Загальний опис

У комплект входить приставка, що дозволяє разом з вольтметром продемонструвати явище самоіндукції та перехідні процеси в колах з конденсаторами.

Експлуатаційні характеристики

ВОЛЬТМЕТР В4301

Вимірювана величина	Межа вимірювання	Розрізнявальна здатність	Мінімальне значення вимірюваної величини
Напруга	200 мВ	0,1 мВ	0,2 мВ
постійного струму	2 В	1 мВ	2 мВ
	20 В	10 мВ	20 мВ
	200 В	10 мВ	200 мВ
	1000 В	1 В	2 В
змінного струму	200 мВ	0,1 мВ	0,5 мВ
	2 В	1 мВ	10 мВ
	20 В	10 мВ	20 мВ
	200 В	100 мВ	0,5 В
	750 В	1 В	5 В

АМПЕРМЕТР А4301

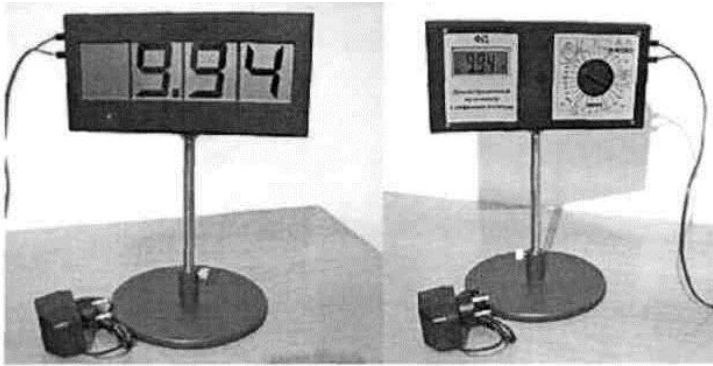
Вимірювана величина	Межа вимірювання	Розрізнявальна здатність	Мінімальне значення вимірюваної величини
Сила струму	2 мА	1 мкА	2 мкА
постійного струму	20 мА	10 мкА	20 мкА
	200 мА	100 мкА	200 мкА
	1000 мА	1 мА	2 мА
	10 А	10 мА	20 мА
змінного струму	2 мА	1 мкА	5 мкА
	20 мА	10 мкА	20 мкА
	20 В	10 мВ	20 мВ
	1000 мА	1 мА	2 мА
	10 А	10 мА	20 мА

- Живлення від мережі напругою..... 220 В.
- Споживана потужність 5 ВА.

ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ МУЛЬТИМЕТР З ЦИФРОВИМ ВІДЛІКОМ ФД

Призначення

Мультиметр (мал. 36) призначений для використання в демонстраційних дослідах, лабораторних роботах, регулюванні, ремонті та інших роботах, пов'язаних з вимірюванням електричних величин.



Мал. 36

Мультиметр застосовується для вимірювання напруги й сили постійного струму, середньоквадратичного значення сили й напруги змінного струму синусоїдальної форми кривої, опору постійному струму, ємності конденсаторів, коефіцієнта статичної передачі струму біполярних транзисторів, частоти, температури, тестування *p-n* переходів і провідності.

Загальний опис

Живлення мультиметра здійснюється як від вбудованого електрохімічного елемента, так і від джерела живлення з ЕРС 9 В – батарея типу 6F22 ("Крона"), або від зовнішнього джерела стабілізованої напруги. Прилад оснащений з'єднувальними шнурами, штативом, блоком живлення й термпарою.

Технічні характеристики

№	Параметр	Значення параметра
1	Напруга живлення	12 В
2	Діапазон вимірюваних напруги постійного струму	100 мкВ ... 1000 В
3	Діапазон напруги змінного струму частотою від 40 Гц до 400 Гц	1 мВ ... 700 В
4	Висота цифр індикатора, мм	не менше 55
5	Діапазон вимірювання сили струму (постійного)	1 мкА... 20 А
6	Час вимірювання	не більше 5 с

Експлуатаційні характеристики

1	Діапазон вимірювання сили струму (змінного) частотою від 40 Гц до 400 Гц	10 мкА ... 20 А
2 вимірювання опору постійному струму	0,1 Ом ... 20 МОм
3 вимірювання електричної ємності	1пФ ... 20 мкФ
4 вимірювання частоти	10 Гц ... 20 кГц
5 вимірювання температури (з використанням термопари)	- 50°C ... +1000°C

Послідовність роботи з приладом

Прилад приєднують до джерела струму й з'єднують з дисплеєм. Вибір режиму роботи здійснюється як і в інших подібних приладах.

УВАГА! Правила безпеки та умови збереження однакові для всіх вимірювальних приладів цього типу. Прилади повинні експлуатуватися в навчальному кабінеті відповідно до вимог до організації навчальних кабінетів, згідно з нормами розміщення устаткування й умовами його роботи. Експлуатувати прилади мають право лише викладачі й технічні працівники навчального кабінету, ознайомлені з правилами техніки безпеки при експлуатації електроустаткування. Учні до експлуатації приладів не допускаються. Забороняється експлуатувати прилади, що має механічні ушкодження й зі знятою кришкою джерела живлення.

Усі з'єднання проводити при знеструмленому стані приладу.

Підготовка до виконання роботи

1. За поданим описом та паспортами на прилади вивчити будову та принцип дії приладів, які запропоновані в даній роботі.
2. Записати основні технічні й експлуатаційні характеристики приладів і вимоги щодо їх експлуатації.
3. За програмами та підручниками з фізики для середньої школи з'ясувати, при вивченні яких тем можуть бути використані дані прилади.
4. Знайти відповіді на запитання:
 1. На яких принципах основана робота цифрових електровимірювальних приладів?
 2. Які переваги використання цифрових приладів у порівнянні з аналоговими?
 3. Як за зовнішнім виглядом та позначками на приладі визначити, для вимірювання яких фізичних величин його можна використати?
 4. З якого діапазону меж вимірювання приладу слід починати вимірювання напруг та сил струмів, якщо невідоме орієнтовне значення вимірюваної величини?
 5. Що таке інструментальна похибка приладу? Чим вона визначається?
 6. Як визначити межі похибки цифрового приладу?
5. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й за підручниками та посібниками з методики фізики ознайомитися з методикою й технікою їх проведення. Скласти конспект.

<i>№ дослідю</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Заліковий рівень</i>			
<i>Низький</i>	X		
<i>Середній</i>	X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X

6. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

ВИКОНАННЯ ДОСЛІДІВ

Дослід 4-01. Вимірювання напруг у колах постійного й змінного струмів

Обладнання. Вольтметр (мультиметр) цифровий; напівпровідниковий фотоелемент; джерела постійної та змінної регульованої напруги; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

1. Познайомитися за технічними описами з будовою запропонованих приладів, їх комплектацією, діапазонами вимірюваних ними величин.
2. Приєднати цифровий вольтметр (мультиметр) до фотоелемента та виміряти напруги на ньому за різних умов освітленості. Записати значення вимірюваних напруг.
3. Приєднати демонстраційний вольтметр до вихідних клем джерела регульованої напруги та визначити мінімальні і максимальні значення постійної та змінної напруги, які можуть бути одержані за допомогою даного джерела.

Дослід 4-02. Вимірювання сил струмів та напруг у колах постійного й змінного струмів

Обладнання. Амперметр (мультиметр) цифровий; джерело постійної та змінної регульованої напруги (наприклад, типу В-24); 2 демонстраційні штепсельні магазини опорів або 2 реостати 15...100 Ом; набір резисторів різних номіналів; лампочка розжарення на 6 В із номінальним струмом 1...2 А на підставці; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

1. Скласти установку для зняття вольт-амперної характеристики (ВАХ) низьковольтної лампочки розжарення з використанням цифрових вольтметра та амперметра.
2. За значеннями номінальних характеристик лампочки розжарення визначити й встановити на приладах діапазони вимірювань напруги й сили струму.
3. Результати вимірювань сили струму й напруги занести в таблицю. За результатами досліду побудувати вольтамперну характеристику лампи розжарення (графік $I=f(U)$). Порівняти отриману характеристику з ВАХ для металевого провідника, зображеною на малюнку в підручнику. Пояснити отримані розбіжності.
4. Використати цифрові вимірювальні прилади для ілюстрації дії законів послідовного та паралельного з'єднання провідників, використавши демонстраційні штепсельні магазини опорів або реостати.
5. Дати дидактичну оцінку ефективності використання цифрових приладів для проведення цих дослідів.

Дослід 4-3. Вимірювання опорів та температур

Обладнання. Цифровий демонстраційний омметр або мультиметр; термометр електронний демонстраційний (або вольтметр-термометр); напівпровідниковий фотоелемент; джерела постійної та змінної регульованих напруг (наприклад типу В-24); фоторезистор на панелі; освітлювач для тіньової проєкції або інше джерело світла; терморезистор на колодочці (у пробірці); електроплитка чи спиртівка; колба з водою; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

1. Скориставшись омметром або мультиметром визначити темновий опір фоторезистора та опір освітленого фоторезистора при різних відстанях до джерела світла (відстані обрати самостійно або за вказівкою викладача).
2. Скласти установку для зняття температурної характеристики терморезистора. До клем на колодочці з терморезистором приєднати омметр (мультиметр). У пробірку з термістором опустити через отвір у колодочці термодатчик цифрового термометра.
3. Визначити початкове значення температури термістора і опору терморезистора. Увімкнути нагрівник і повторити вимірювання через кожні 5...10°C зміни температури. Результати вимірювань занести в таблицю. Побудувати графік залежності опору терморезистора від температури.



Самоконтроль і звітність

Дати відповіді на запитання

1. Як визначити діапазон вимірювань, на який має бути налаштований прилад для проведення вимірювань?
2. Які межі похибок використовуваних вами приладів?
3. Чи доцільно використовувати цифрові прилади в демонстраційних установках для спостереження змінних явищ (наприклад, вільних коливань у коливальному контурі)?
4. Які діапазони вимірюваних величин слід встановити на вольтметрі, амперметрі, омметрі, якщо не можна зорієнтуватися у значенні вимірюваної величини?
5. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 5. КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ФІЗИЧНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

Мета роботи. Познайомитися з методикою й технікою використання комп'ютерних засобів у навчальному фізичному експерименті; навчитися складати установки та використовувати програмне забезпечення.

Загальна характеристика технологій

Сучасний навчальний експеримент передбачає: формулювання теоретичної гіпотези, яка вимагає практичного підтвердження, розробку методу дослідження, постановку експерименту, спостереження за його ходом, зняття фізичних параметрів, їх систематизацію, аналіз та узагальнення і формулювання висновків щодо проведеної роботи. Зважаючи на універсальність, комп'ютерну техніку можна використати на всіх етапах проведення експерименту. Це відкриває нові, перспективні підходи щодо отримання експериментальних даних.

Застосування ЕОМ в експериментально-дослідницькій діяльності дозволяє:

- забезпечити високу точність результатів та їх достовірність;
- підвищити якість та інформативність дослідження за рахунок ретельнішої обробки даних;
- збільшити кількість об'єктів, що контролюються;
- скоротити час проведення дослідів завдяки зменшенню часу на підготовку установок;
- підвищити оперативність одержання результатів за рахунок зменшення часу обробки та систематизації даних.

Комп'ютеризація експерименту розширює обізнаність учнів з досліджуваним фізичним явищем, формує їх практичні навички й надає їм упевненості при використанні сучасних

експериментальних методів, ознайомлює з передовими засобами пізнання, видами контролю за технологічними процесами на виробництві, дає змогу по-новому розглядати методику постановки шкільного експерименту.

Сучасні персональні комп'ютери (ПК) роблять можливим використання ЕОМ у дослідній роботі з підключенням відповідних допоміжних пристроїв як засобів контролю, реєструючих приладів, пристроїв відображення та ін. У експериментально-дослідній роботі проміжною ланкою між ЕОМ і об'єктом дослідження є датчики та перетворюючі пристрої. На екрані графічного дисплея можна формувати систему шкал різних вимірювальних приладів залежно від використовуваних датчиків (вимірювальних перетворювачів), що реєструють певні параметри досліджуваних об'єктів. Як правило, датчики сприймають інформацію в аналоговому вигляді (температура, тиск, освітленість, вологість, напруга та ін.), яка за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) перетворюється в цифрову форму й надходить до комп'ютера. При роботі з групою датчиків програми забезпечують періодичне опитування стану кожного з них. Після обробки експериментальних даних ЕОМ результати надходять в необхідному для аналізу вигляді на пристрої виводу.

Для використання апаратних засобів ЕОМ, опрацювання сигналів, що надходять, і виведення результатів у зручній для сприйняття формі створюють відповідні програмні засоби обробки та дослідження сигналів. Такі програми можуть бути спеціалізовані – призначені для дослідження конкретного фізичного об'єкта, або універсальні – для забезпечення різних експериментів.

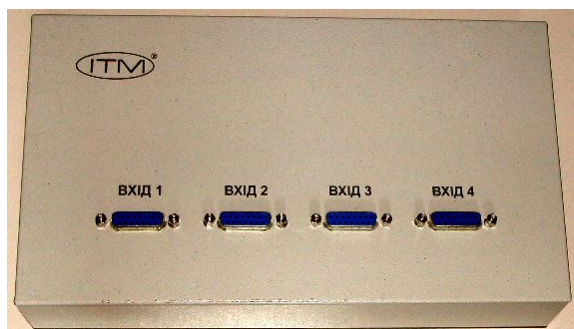
Програмні засоби, призначені для забезпечення сприйняття інформації про зміну параметрів фізичних величин та їх характеристик від датчиків та перетворюючих пристроїв для її наступної обробки в цифровому вигляді, збереження та реєстрації на засобах виводу, відносять до експериментально-дослідницьких.

Для шкільного фізичного експерименту на сьогодні випускається значна кількість різних комп'ютерних вимірювальних засобів, серед яких датчиків до них.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ КОМП'ЮТЕРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИБАД ІТМ

Призначення та основні параметри

"Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад". основний блок якого показаний на мал. 37, є складовою частиною "Мультимедіа лабораторії ІТМ" і може використовуватися як самостійний засіб у навчальному процесі з природничих та технологічних дисциплін для вимірювання фізичних величин, та створення "мультимедійних проектів" – електронних засобів навчання на основі даних вимірювань та відеозаписів. "Вимірювальний прилад" розраховано на роботу з аналоговими та цифровими вимірювальними датчиками, джерелами цифрових та аналогових відеосигналів.



Мал. 37

Основне призначення – підвищення ефективності процесу навчання з природничих та технологічних дисциплін, автоматизація навчального експерименту.

Технічні характеристики

У комплект "Універсального комп'ютерного вимірювального приладу" входить програмне забезпечення й датчики, що дають можливість виконувати наступні функції:

Базовий комплект

Електронний блок

Датчик температури $-10+120^{\circ}\text{C}$

Термопара

Динамометр 3 Н (ваги 300 г)

Датчик для вимірювання напруги $\pm 2.5\text{ В}$

Датчик для вимірювання напруги $\pm 25\text{ В}$

Датчик для вимірювання сили струму $\pm 0.1\text{ А}$

Датчик для вимірювання сили струму $\pm 5\text{ А}$

Датчик тиску диференціальний 50 кПа

Датчик абсолютного тиску 10...115 кПа (100 кПа)

Вимірник індукції магнітного поля $\pm 100\text{ мТл}$

Датчик вологості

Датчик освітленості

Частотомір, лічильник імпульсів, секундомір, зовнішній пуск

Комплект з'єднувальних шнурів і клем

Кабель USB A-B

Загальний опис

"Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад" забезпечує виконання наступних функцій:

- вимірювання фізичних величин;
- запис результатів вимірювання;
- відображення результатів вимірювань у вигляді цифрових табло, таблиць, графіків на екрані комп'ютера або проекційному екрані;
- експорт даних у формат Excel;
- синхронний запис даних вимірювань та відеозображень ходу експерименту;
- одночасне вимірювання декількох фізичних величин;
- активізація процесу вимірювань за амплітудою вимірюваного сигналу, або за імпульсом зовнішньої синхронізації;
- створення мультимедійного проекту експерименту (в складі текстового файлу опису, відеоролика з поясненнями сутності експерименту, групи файлів з даними ходу експерименту) з подальшим відтворенням на будь-якому комп'ютері.

Електронний блок виготовлено в металевому або пластмасовому корпусі розміром 260×150×45 мм. На верхній поверхні корпусу розташовано чотири роз'єми типу DB-15 призначені для під'єднання зовнішніх пристроїв (аналогових та цифрових датчиків, устаткування). На правій бічній поверхні корпусу знаходиться роз'єм типу USB-B для під'єднання до комп'ютера. Обмін даними між комп'ютером та електронним блоком, а також живлення електронного блока і датчиків, які входять до комплекту поставки, здійснюється через з'єднувальний шнур USB A-B, який входить до комплекту поставки.

Датчик температури (мал. 38)

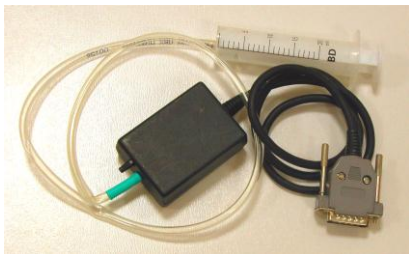


Мал. 38

Призначений для вимірювання температури твердих тіл, рідин і газів. У стандартному комплекті поставляється датчик, розрахований на вимірювання температури в межах від -10°C до $+120^{\circ}\text{C}$.

Чутливий елемент датчика

вміщений у скляну трубку для захисту від впливу агресивних середовищ. Чутливість датчика $0,2^{\circ}\text{C}$. Є датчики, розраховані на діапазон вимірюваних температур від -50°C до $+300^{\circ}\text{C}$. Для вимірювання вищих і нижчих температур потрібно використовувати термопари. У стандартний комплект входить один датчик температури на основі термопари мідь-константан з робочим діапазоном температур від -200°C до $+400^{\circ}\text{C}$. Для вимірювання температури термопарним датчиком, місце спаю потрібно помістити в точку вимірювання температури. Температуру газів і твердих тіл можна вимірювати без захисної скляної трубки. Температуру рідин і розплавлених металів слід вимірювати, попередньо помістивши термопару в скляну трубку (входить у комплект постачання). Проте, трубка виготовлена з легкоплавкого скла й розрахована на роботу при температурах не вище 450°C . Щоб закріпити скляну трубку термодатчика в затискачі штатива, не пошкодивши її, використовується силіконова трубка як прокладка.

Датчик тиску (мал. 39)**Мал. 39**

У стандартний комплект входять: диференціальний датчик тиску ± 50 кПа і датчик абсолютного тиску 10...115 кПа, останній використовується як барометр, однак, його можна використовувати й як датчик низького вакууму.

Датчики для вимірювання сили струму (мал. 40)**Мал. 40**

Виготовляються і поставляються датчики для вимірювання сили струму на наступні межі вимірювань: ± 1 ма; ± 100 мА; ± 500 мА; ± 1 А; ± 5 А; ± 10 А. Постійна складова сили струму може бути представлена у вигляді показів цифрового дисплея, або визначена за

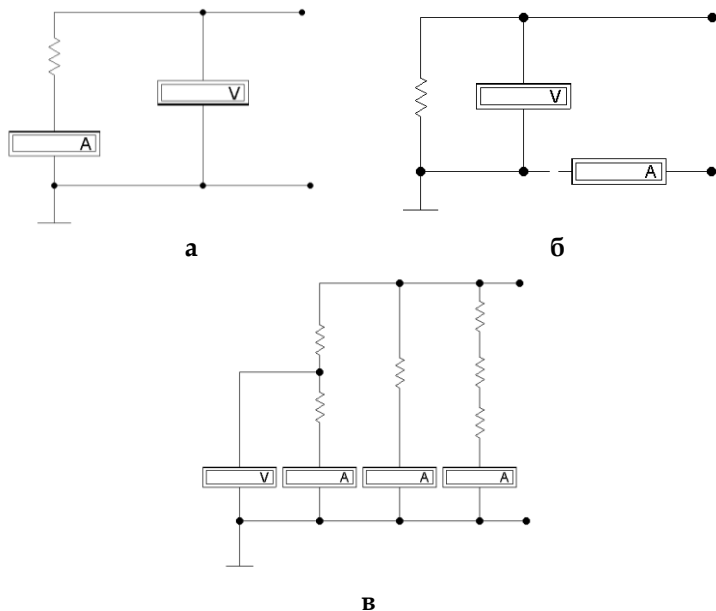
графіком. Змінна складова сили струму визначається за графіком, потім обчислюється (амплітудне значення сили струму і його діюче значення). У стандартний комплект входять датчики для вимірювання сили струму ± 100 мА, ± 5 А. При вимірюванні сили струму варто пам'ятати, що один з виводів датчика з'єднаний із загальним проводом (корпусом приладу). Тому при одночасному вимірюванні струму й напруги потрібно стежити за тим, щоб не було короткого замикання через неправильне приєднання вимірювальних приладів до електричного кола.

Датчики для вимірювання напруги

Виготовляються й поставляються датчики для вимірювання напруги на наступні межі вимірів: ± 25 мВ; ± 250 мВ; $+2,5$ В; ± 25 В; ± 250 В. Постійна складова напруги може бути представлена у вигляді показів цифрового дисплея, або визначена за графіком. Змінна складова напруги визначається за графіком, потім обчислюється (амплітудне значення напруги і його діюче значення). У стандартний комплект входять датчики для вимірювання напруг у межах $\pm 2,5$ В і ± 25 В. При вимірюванні напруги слід пам'ятати, що один з виводів датчика з'єднаний із загальним проводом (корпусом приладу).

Якщо при цьому полярність одного чи кількох приладів виявиться зворотною, то для правильного відображення результатів у налаштуваннях програми необхідно встановити інверсію даних для обраного приладу.

Рекомендовані розробниками приладу схеми увімкнення датчиків напруги та сили струму показані на мал. 41 а, б, в.



Мал. 41

Вимірник індукції магнітного поля (мал. 42)



Мал. 42

Датчик виготовлено на основі датчика Холла. Виготовляються і постачаються датчики індукції магнітного поля для роботи в наступних діапазонах: ± 3 мТл; ± 30 мТл; ± 100 мТл; ± 300 мТл; ± 3 Тл. У стандартний комплект включено датчик, що працює в діапазоні значень індукції поля до ± 100 мТл.

Люксметр

Прилад для вимірювання освітленості. має такі діапазони вимірів: 0...100 лк; 0...1000 лк; 0...10000 лк; 0...100000 лк. Прилад має спектральну характеристику, близьку до спектральної чутливості людського ока.

Датчик вологості

Призначений для вимірювання відносної вологості в діапазоні від 20% до 100%. Датчик має температурну компенсацію. При вимірюванні вологості в приміщенні потрібно забезпечити циркуляцію повітря від 0,5 до 2 м/с. При відсутності циркуляції повітря, час вимірювання збільшується й покази приладу встановлюються протягом 10...30 хвилин.

Частотомір, лічильник імпульсів, секундомір, зовнішній пуск

Робота цих приладів здійснюється за допомогою спеціального шнура. Забезпечуються наступні режими роботи: зміна частоти імпульсів рівнів ТТЛ, а також синусоїдальних сигналів 8...12 В, від 0 до 3,5 МГц; вимірювання кількості імпульсів від 0 до 65535 за один вимір; здійснення зовнішнього пуску та зупинки електронного секундоміра; зовнішній запуск процесу вимірювань після замикання або розмикання контактів.

Динамометр, терези

Пружинний динамометр призначений для вимірювання сил. У базовому комплекті поставляється динамометр, розрахований на роботу із силами до 3 Н. Виготовляються також динамометри з межами вимірювання сили 0...100 мН (мілідинамометр); 0...1 Н; 0...3 Н; 0...10 Н; 0...50 Н.

Геркон

Магнітний граничний датчик магнітного поля. Призначений для запуску процесу вимірювання під впливом поля постійного магніту.

Мікрофон

Електретний мікрофон призначений для реєстрації звукових сигналів. Може бути використаний для активації вимірів за звуковим сигналом.

Датчик освітленості

Фоторезистивний датчик, який може бути використаний:

- для активації процесу вимірювання за рівнем освітленості;
- вимірювання інтервалів часу між подіями;
- у колориметричних вимірюваннях.

Світлодіодні випромінювачі

Чотири світлодіодних випромінювачі різних кольорів: червоний, жовтий, зелений, голубий призначені для використання в колориметричних вимірюваннях, а також можуть використовуватися разом з датчиком освітленості для реалізації датчика "Світлові ворота" (оптопара).

Комплект з'єднувальних шнурів і клем

У базовий комплект входять з'єднувальні проводи з контактами різного типу ("штекер", "крокодил") для з'єднання елементів електричних схем та кабель USB А-В призначений для з'єднання електронного блоку з комп'ютером.

Принцип роботи

Принцип роботи "Вимірювального приладу" ґрунтується на перетворенні сигналів датчиків вимірювання фізичних величин з аналогової форми в цифрову та їх подальшої обробки. Сигнали від аналогових та цифрових датчиків надходять до входів електронного блоку. З входів сигнали подаються на аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Дані, отримані від АЦП через порт USB передаються до комп'ютера. Алгоритм роботи електронного блоку задається програмно. Користувач має можливість підключити необхідні датчики, налагодити режими вимірювання, задати спосіб відображення результатів вимірювань (налагодити інтерфейс), здійснити відеозапис ходу експерименту синхронно з даними вимірювань, обрати важливі моменти ходу експерименту та багаторазово відтворити їх на екрані комп'ютера, експортувати дані вимірювань для подальшої обробки до електронних таблиць Excel.

Послідовність роботи з приладом

УВАГА! Робочий діапазон АЦП знаходиться в межах 0...5 В. Для вимірювань сигналів з більшою амплітудою користуйтеся зовнішніми подільниками напруги. Подача до входів пристрою сигналів, які перевищують ± 12 В можуть вивести з ладу вхідні кола електронного блоку. **Забороняється вмикати та вимикати роз'єми датчиків під час роботи програми вимірювання.**

Загальні положення. Інформацію щодо роботи "Вимірювального приладу" та програми "Навчальна лабораторія ІТМ" подано у вигляді списку основних понять з поясненнями. Основні поняття виділено жирним шрифтом. Курсивом у лапках відображено назви активних об'єктів (кнопок, написів, позначок на інтерфейсі та ін., а стрілками – послідовність їх натискання для одержання бажаного результату.

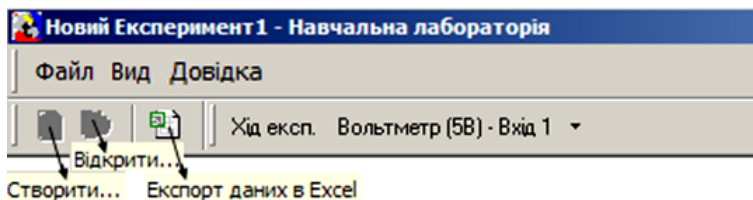
Приклад: "Робота з вимірювальним приладом" → "Проведення" → "Вид" → "Налагодження" → "Пристрій" → "Частотомір" → "v" (подвійний клік лівої клавіші миші) → "Цифровий дисплей" → "Так" – відповідає ланцюжку дій, які забезпечують доступ до необхідного приладу (у даному випадку до частотоміра).

Підключення "Вимірювального приладу", установка програмного забезпечення "Навчальна лабораторія ІТМ". Вставте компакт-диск в пристрій запису, запустіть програму-інсталятор ITMLabSetup та виконуйте інструкції. Після закінчення установки програмного забезпечення перевантажте операційну систему та під'єднайте електронний блок до комп'ютера за допомогою шнура USB A-B.

Запуск програми та вибір режимів роботи. Наведіть курсор на іконку "Навчальна лабораторія ІТМ", яка знаходиться на робочому столі Вашого комп'ютера, та натисніть ліву клавішу миші. Запуск програми можна здійснити також натисканням відповідної позначки з меню "Програми" ("Запуск" → "Програми" → "Навчальна лабораторія ІТМ"), або іконки на панелі швидкого запуску. На екрані з'явиться вікно вибору режимів роботи з активними написами:

- "Робота з вимірювальним приладом" ("Робота з вимірювальним приладом" → "Проведення");
 - "Бібліотека експериментів" ("Бібліотека експериментів" → виберіть експеримент → "Далі" → "Проведення").
- Оберіть необхідний режим роботи.

Меню програми "Навчальна лабораторія ІТМ". Верхній (перший) рядок меню програми "Навчальна лабораторія ІТМ" (мал. 43) складається з таких кнопок:



Мал. 43

"Файл" – після натискання цієї кнопки з'являється список команд: "Створити" (відкрити новий проект); "Відкрити" (відкрити список записаних проектів); "Закрити" (вихід з поточного режиму); "Вихід" (вихід з програми).

Натиснувши кнопку "*Вид*", можна дістати доступ до підменю "*Налагодження*" і здійснити вибір датчиків, які будуть використовуватися при вимірюванні; налаштувати режими вимірювань; налагодити вікна графіків, цифрових дисплеїв, відео. "*Повний екран*" та команду "*Зафіксувати*" (блокування рухливості вікон);

Натискання останньої кнопки верхнього рядка "*Довідка*" відкриває вікно з інформацією про програму.

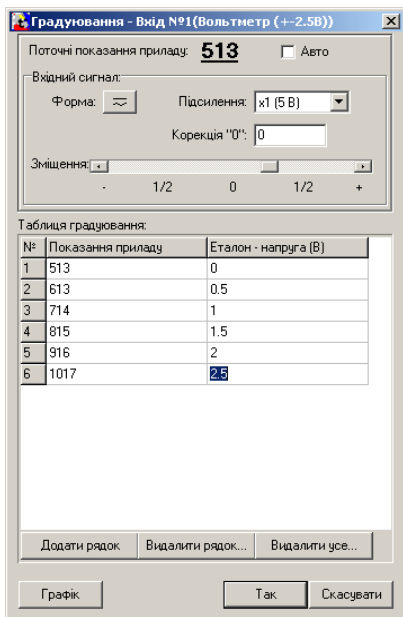
У другому рядку розташовано кнопки "*Створити*" (*Новий експеримент*), "*Відкрити*" (*Бібліотека експериментів*), "*Експорт даних в Excel*", а також група кнопок налаштувань вікон "*Хід експерименту*", "*Відео*" та кнопки керування відтворенням даних з активних датчиків. Останні дозволяють показувати та ховати відповідні вікна. Кнопки "*Експорт даних в Excel*", "*Хід експерименту*", "*Відео*", "*Датчик – № входу*", з'являються тільки після обрання режиму "*Проведення*" "*Нового експерименту*" або будь-якого експерименту з "*Бібліотеки експериментів*" (кнопки "*Створити*", "*Відкрити*"), а кнопки "*Відео*" та "*Датчик – № входу*" – за умови підключення та налаштування відповідного обладнання.

Новий експеримент. Вікно "*Новий експеримент*" відкриває доступ до створення файлу опису експерименту – "*Опис*" та початку роботи з вимірювальним приладом – "*Проведення*".

Після закінчення сеансу роботи з вимірювальним приладом в режимі запису експерименту можна вибрати "*Зберегти*" або "*Зберегти як*" для збереження запису експерименту.

Входи "Вимірювального приладу". На верхній поверхні корпусу розташовано чотири роз'єми типу DB-15 призначені для підключення зовнішніх пристроїв (аналогових та цифрових датчиків, устаткування). До входів 1-4 підключається по одному аналоговому датчику вимірювання фізичних величин. Одночасно до пристрою можна підключати до 4-х датчиків. До всіх чотирьох роз'ємів під'єднано п'ять цифрових входів. У базовій комплектації використовується лише два цифрових входи. На один з них подається сигнал "*Зовнішній пуск*" режиму

"Вимірювання", та зовнішні сигнали управління секундоміром "Вимірювання" та "Зупинити". Інший вхід є входом "Частотоміра" та "Лічильника імпульсів".





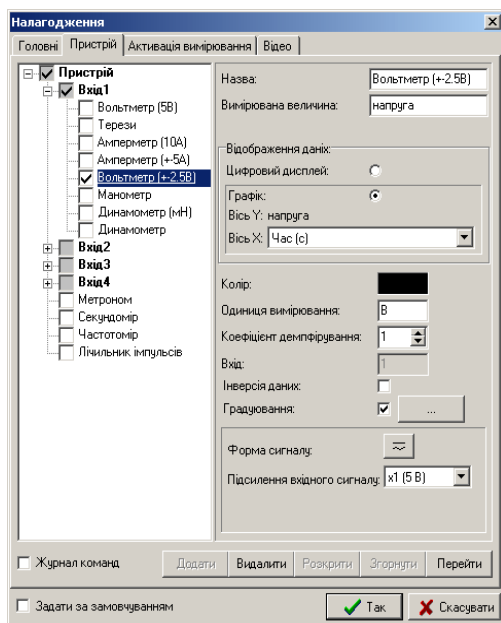
Мал. 44

Входи 1, 2, 3 та 4 аналого-цифрового перетворювача розраховані на роботу з електричними сигналами в межах від "0" до "+5" вольт. Усі датчики, які постачаються в комплекті, перетворюють вимірювані фізичні величини в аналоговий сигнал, який змінюється в межах робочого діапазону АЦП. Цифровий вхід призначений для роботи з імпульсними сигналами в межах від "0" до "+5" вольт або з сигналами стандарту TTL. Для градуювання приладів, що відображаються на екрані та встановлення їх на "0" використовується вікно "Градування" (мал. 44).

Вибір входів, підключення датчиків, вимірювання. Щоб побачити списки датчиків, які вже підключилися до входів і мають таблиці градуювання, потрібно виконати такі дії: "Робота з вимірювальним приладом" → "Проведення" → "Вид" → "Налагодження" → "Пристрій" → "+" "входу 1"; → "+" "входу 2"; → "+" "входу 3"; → "+" "входу 4". Після проведення цих процедур, у вікні відображення стану входів відкриється список датчиків, для яких задані параметри та "градування". Наведення курсора миші на віконце попереду назви необхідного датчика та подвійне натискання на ліву кнопку миші виведуть у вікно налагоджень органи налаштувань вибраного датчика. Перед назвою вибраного датчика з'явиться позначка "v". Для підтвердження обраного режиму натисніть кнопку "Так".

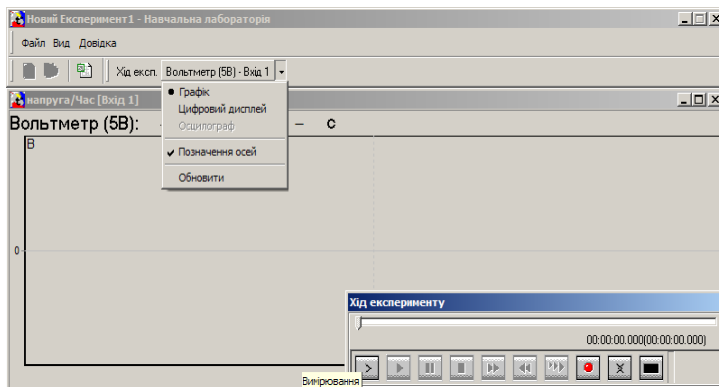
Після виконання цих дій на екрані з'являться вікна "Меню", "Графік" та вікно "Хід експерименту", на останньому розташовано кнопки керування процесами вимірювання, запису та відтворення.

Щоб почати вимірювання потрібно натиснути ліву кнопку вікна "Хід експерименту" –  "Вимірювання". Для закінчення вимірювань потрібно натиснути кнопку  "Зупинити". Список датчиків можна доповнювати за умови їх попереднього підключення до електронного блоку перед кожним новим сеансом запуску програми. Для доповнення знову потрібно відкрити вікно "Налагодження" (мал. 45), натиснути лівою клавiшею миші на вибраному вході, фон під назвою входу стане синім, а потім на клавіатурі клавiшу "ins" або натиснути праву кнопку миші на тому ж місці й обирати "Додати".



Мал. 45

У списку датчиків з'явиться "Новий" датчик. Вписати у відповідні комірки вікна *"Налагодження"* назву датчика, вимірювану ним величину та одиницю вимірювання. Провести *"Градування"* датчика (мал. 46).



Мал. 46

Параметри вимірювань. Вимірювання різних фізичних величин та умови проведення дослідів вимагають переналагодження параметрів вимірювання. Ці параметри поділяються на дві групи. Перша група – параметри, які налагоджуються для кожного датчика окремо і є доступними у вікні налаштувань датчиків: *"Коефіцієнт демпфірування"*, *"Інверсія даних"*, *"Градування"*, *"Форма сигналу"*, *"Підсилення вхідного сигналу"*. Друга група – загальні параметри, які діють незалежно від того, які датчики підключено. Такими є: *"Час вимірювання"*, *"Період вимірювання"*, *"Зовнішній пуск"*, пуск *"За рівнем вимірюваного сигналу"*.

"Коефіцієнт демпфірування" – включає цифровий фільтр верхніх частот. Зменшує дію електричних періодичних та випадкових перешкод. Встановлюється експериментально в межах від 1 до 20 од.;

"Інверсія даних" – змінює знак даних вимірювання на протилежний. Є еквівалентом переключення полярності вхідного сигналу;

"Градування" – процедура встановлення відповідності між сигналами датчика та значенням вимірюваного параметру;

"Зміщення" – узгодження меж зміни електричного сигналу датчика з діапазоном вимірювань АЦП (0-5 В)'

"Форма сигналу" – гальванічна розв'язка входу. Відділяє постійну складову вимірюваного сигналу шляхом включення розв'язувального конденсатора у вимірювальне коло.

"Підсилення вхідного сигналу" – задає коефіцієнт підсилення вхідного підсилювача. Діє на "Вхід 1" та "Вхід 2". Діапазони вимірюваних АЦП електричних потенціалів для різних коефіцієнтів підсилення становлять: $K = 1$ (0...5 В); $K = 10$ (0... 0.5 В); $K = 100$ (0...0.05 В).

Друга група параметрів:

"Час вимірювання" – встановлює загальний час проведення вимірювань в одиницях часу або знімає часові обмеження;

"Період вимірювання" – встановлює час між послідовними вимірюваннями. Мінімальний період вимірювань – 100 мкс;

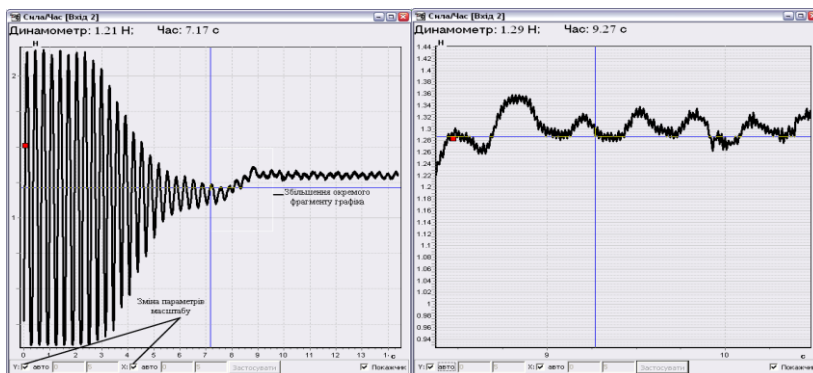
"Зовнішній пуск" – активація процесу вимірювання за зовнішнім синхронізуючим імпульсом (замиканням або розмиканням контактів "синхро" з набору датчиків);

"За рівнем вимірюваного сигналу" – активація процесу вимірювання за величиною вимірюваного параметру вибраного із списку датчика.

Відображення результатів вимірювання. Результати вимірювань можуть відображатися на екрані комп'ютера у вигляді чисел – "Цифровий дисплей" та графіків – "Графік".

Приклад: "Робота з вимірювальним приладом" → "Проведення" → "Вид" → "Налагодження" → "Пристрій" → "+" "Входу 2" → "v" "Термометр" → "•" "Цифровий дисплей" або "•" "Графік" → "Так" → "Вимірювання". У процесі роботи з приладом параметри "Цифрового дисплею" та "Графіка" можна змінювати, або відключати кнопками меню (кнопки "Вхід" другої строки меню). За бажанням користувач може змінити колір цифр та розміри вікна "Цифрового дисплею", або вікна "Графік". Колір цифр дисплею змінюється наступними процедурами: "Налагодження" → "Пристрій" → "+" "входу 2" → "Термометр" → "Колір" (Натиснути лівою кнопкою миші на кольоровому прямокутнику і обрати колір з палітри) → "Так".

Настроювання "Графіків" здійснюється наступним чином. Після натискання "v" "Графік" активізуються написи поля "Графік" у вікні "Налагодження". Вісь "У" відображує зміни параметрів, вимірюваних поточним датчиком. Вісь "Х" за замовчуванням відображує плин часу. Але, якщо до інших входів пристрою підключені датчики, то їх покази можна відобразити на осі "Х", вибравши відповідний датчик із списку "Вісь Х". Подальше налагодження вікна "Графік" здійснюється безпосередньо на цьому вікні. За замовчуванням масштабування поля графіку відбувається автоматично. Подвійне натискання лівої кнопки миші на полі графіку призводить до появи інструментів налагодження. З їх допомогою можна скасувати автоматичне масштабування по осях шляхом видалення позначок "v" і встановлення бажаних меж змін параметрів. Налагодження слід підтвердити натисканням кнопки "Застосувати" (мал. 47).




Мал. 47

Налагодження відео. Для запису ходу експерименту можна використовувати різні типи відеокамер. Для цього комп'ютер повинен бути оснащений портом USB (WEB камера), відеокартою з аналоговим або цифровим входом, портом IEEE-1394. Найкращий результат можна отримати з допомогою цифрових камер.

Робота з відеокамерою

- підключити відеокамеру до комп'ютера;
- включити живлення відеокамери та режим відеозйомки;
- підключити вимірювальний прилад до комп'ютера;
- запустити програму "Навчальна лабораторія ІТМ";
- виконати наступні дії: *"Робота з вимірювальним приладом" → "Проведення" → "Вид" → "Налагодження" → "Відео" → "v" "Включити відео" → "Джерело" (Вибрати із списку) → "Так".* Якщо список джерел відео пустий, перевірте правильність підключення та наявність драйверів відеокамери. При нормальній роботі комп'ютера та відеокамери на екрані з'явиться вікно *"Відео"*.

Експорт даних у формат Excel. Дані, отримані в результаті вимірювань можна експортувати в формат Excel. Для цього натисніть відповідну кнопку  в другому рядку меню програми "Навчальна лабораторія ІТМ".

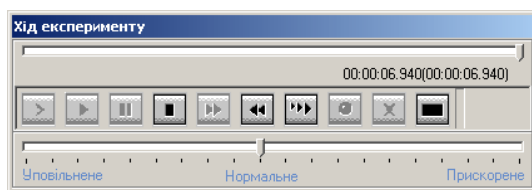
Вікно керування ходом вимірювання, записом та відтворенням записаних експериментів. У вікні (мал. 48) відображено:

- показчик та цифровий індикатор плинущ процесу, який відбувається;
- кнопки *"Вимірювання", "Відтворення", "Пауза", "Зупинити", "Вперед", "Назад", "Зміна швидкості", "Запис", "Понулити", "Повний екран", "Індикатор завантаження процесора"*;
- регулятор швидкості відтворення. Цей орган керування (кнопка *"Зміна швидкості"*) активний лише при відтворенні записаного експерименту за умови наявності відеофайла.

Запис експерименту. Для запису експерименту потрібно провести наступні процедури:

- під'єднати до входів вимірювального приладу необхідні датчики;
- вибрати режим *"Робота з вимірювальним приладом"* у вікні вибору режимів;
- вибрати режим *"Проведення"* у вікні *"Новий експеримент"*;

- відкрити вікно налагоджень командами "Вид" → "Налагодження";
- установити параметри вимірювань;
- натиснути кнопку "Так" для підтвердження налагоджень;
- впорядкувати на екрані комп'ютера вікна, які використовуються в експерименті;
- натиснути кнопку "Вимірювання" та провести попередній експеримент. Якщо результати експерименту незадовільні, змінити налагодження параметрів вимірювань або умови проведення експерименту;
- за умови задовільних результатів та їх повторюваності, експеримент можна записати. Для запису експерименту натиснути червону кнопку "Режим запису" → "Запис" ("Вимірювання"), а після закінчення → "Зупинити" у вікні керування "Хід експерименту";
- для перегляду записаного експерименту натиснути кнопку "Відтворення" того ж вікна.



Мал. 48

Бібліотека експериментів. При виборі режиму "Бібліотека експериментів" на екрані з'явиться вікно "Бібліотека експериментів", в якому відображено список записаних експериментів. Обирати експеримент для відтворення і натиснути кнопку "Далі" → "Проведення".

Обслуговування. При роботі та зберіганні апаратури не слід допускати забруднення контактів електричних роз'ємів та попадання на них вологи. Зберігати електронний блок та датчики необхідно в спеціальній упаковці. Не можна користуватися для очищення контактів абразивним папером, пастами, порошками тощо.

Підготовка до виконання роботи

1. За технічним паспортом познайомитися з будовою й дією комп'ютерного вимірювального засобу.
2. Познайомитися з програмним забезпеченням до комп'ютерного засобу та його інсталяцією.
3. З'ясувати, які датчики входять у комплект приладу та познайомитися з їх технічними характеристиками.
4. Знайти відповіді на запитання:
 1. У чому переваги застосування комп'ютерного вимірювального засобу в навчальному фізичному експерименті?
 2. За яких умов переваги використання комп'ютерних засобів можуть бути реалізовані в повній мірі?
 3. Які принципи покладені в основу дії комп'ютерних вимірювальних засобів?
5. Виписати основні характеристики вимірювального засобу та характеристики датчиків.
6. Скласти конспект запропонованих у даній роботі демонстрацій.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

**Дослід 5-01. Ознайомлення з будовою й дією
вимірювального засобу**

Обладнання. Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад; технічна документація до прилада.

Зміст роботи

Познайомитися з будовою та складом комплекту комп'ютерного засобу. Користуючись технічною документацією на прилад виконати його підключення до комп'ютера та інсталивати програмне забезпечення до нього.

За технічним паспортом з'ясувати порядок керування за допомогою персонального комп'ютера процесом вимірювання різних величин і виведення результатів.

Дослід 5-02. Залежність індукції магнітного поля електромагніта від сили струму в ньому

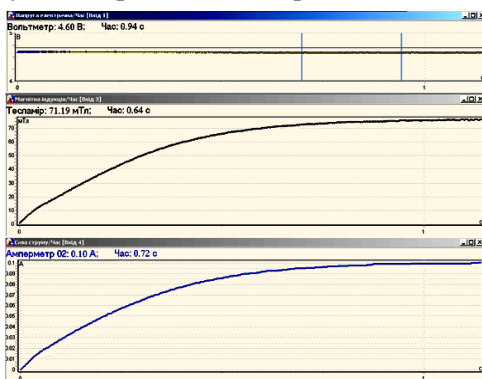
Обладнання. Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад; джерело постійного струму (вихідна напруга до 5 В, сила струму до 2 А); універсальний трансформатор з дросельною котушкою й конусоподібними наконечниками; датчик напруги; датчик сили струму; датчик індукції магнітного поля; з'єднувальні провідники; ключ.

Підготовка і проведення демонстрації

На осердя універсального трансформатора одягають дросельну котушку. До котушки за схемою а) або б) (мал. 41) приєднують датчики амперметра та вольтметра і через ключ приєднують до джерела струму. У зазор між конусними наконечниками поміщають датчик індукції магнітного поля.

Налаштовують прилад згідно процедур його підготовки для вимірювання напруги, сили струму та індукції магнітного поля. Замикають ключ у колі котушки і проводять вимірювання згідно інструкції у технічному паспорті.

Варіант відображення результатів одного з експериментів показано на малюнку (мал. 49), де відображено графіки зміни напруги, сили струму в колі та вектора магнітної індукції в магнітопроводі.



Мал. 49

Дослід 5-03. Вимірювання сили поверхневого натягу методом відриву кільця

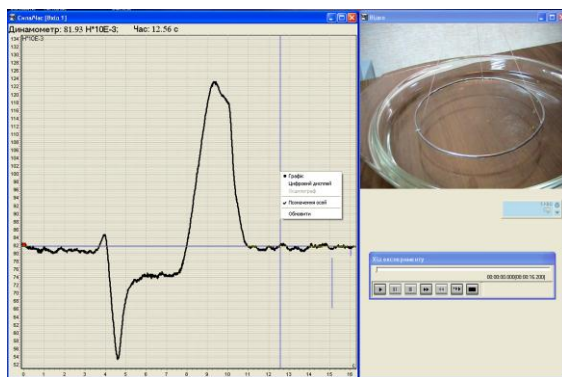
Обладнання. Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад; міллідинамометр з комплекту датчиків; металеве кільце діаметром біля 10 см з підвісом на трьох нитках; посудина з водою на підйомному столику (можна скористатися обладнанням з набору для визначення коефіцієнта поверхневого натягу методом відриву петлі).

Підготовка та проведення демонстрації

Складають установку для вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу методом відриву кільця. Металеве кільце підвішують до повідця динамометра на 3-х нитках.

Налагоджують універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад за описом у технічному паспорті до приладу.

Кювету з розчином (водою) спочатку піднімають угору до занурення кільця, а потім плавно опускають униз до відриву кільця. Результат одного з експериментів відображено на мал. 50.



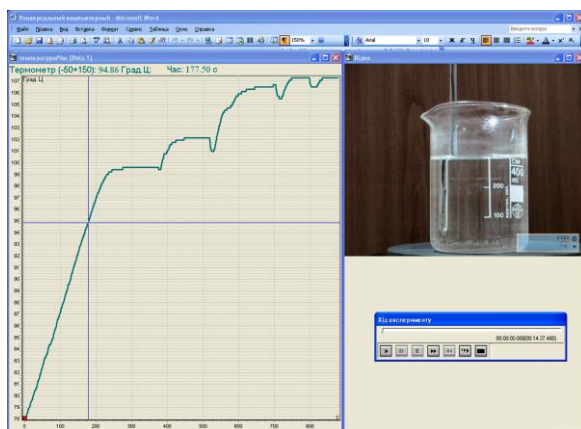
Мал. 50

Дослід 5-04. Залежність температури розчину солі від рівня мінералізації

Обладнання. Універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад; датчик температури; хімічна склянка (200...250 мл); електроплитка; сіль; терези.

Зміст і послідовність виконання завдання

Готують універсальний прилад для вимірювання температури. Наливають у хімічну склянку воду й ставляють її на плитку. Занурюють у воду датчик температури в захисній трубці й починають вимірювання. Поки гріється вода, готують 4...5 порцій кухонної солі масою по 50 г. Після закипання води додають у неї порцію солі. Продовжують нагрівання, і після повторного закипання розчину знову додають сіль. Так повторюють кілька разів. Аналізують і пояснюють одержаний графік. Відображення на моніторі одного з результатів проведених експериментів показано на мал. 51.



Мал. 51



Самоконтроль і звітність

1. Дати відповіді на запитання

1. У чому полягають особливості використання комп'ютерних засобів у шкільному фізичному експерименті?
2. Які датчики входять у базовий набір комп'ютерного засобу вимірювання?
3. Скільки і які датчики можуть одночасно бути приєднані до комп'ютерного засобу вимірювання?
4. Чи може комп'ютерний засіб бути використаний для керування ходом експерименту?
5. Як здійснюється обробка результатів експерименту? У якій формі може бути виведений результат проведення експерименту?
6. Як експортувати результати експерименту в табличний процесор Excel та провести з його допомогою їх обробку?
7. Які особливості використання датчиків для вимірювання сили струму і напруги?
8. Як за графіком зміни сили при відриві кільця від поверхні води визначити масу кільця, виштовхувальну силу, силу поверхневого натягу?
9. Які вимоги техніки безпеки щодо використання приладу?
10. Як можна використати універсальний комп'ютерний вимірювальний прилад для створення мультимедійних дидактичних засобів?

2. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота №6. ЕЛЕКТРОННІ ОСЦИЛОГРАФИ ТА ЗВУКОВІ ГЕНЕРАТОРИ

Мета роботи. Познайтися з будовою й дією демонстраційних осцилографів та генераторів, навчитися використовувати їх для постановки демонстраційних дослідів на уроках фізики.

Осцилоскопічний метод у навчальному фізичному експерименті

Осцилографи як електронні засоби, що дозволяють не лише вимірювати характеристики швидкозмінних процесів, а й спостерігати характер їх змін, та звукові генератори, за допомогою яких можна одержувати періодичні змінні напруги в досить широкому діапазоні частот, використовуються в навчальному експерименті при вивченні різних тем курсу фізики середньої школи. Демонстраційні осцилографи ОДШ, ОДШ-2, які випускалися 10–20 років назад і ще використовуються в шкільних кабінетах є ламповими приладами. Постачання таких приладів продовжують лише окремі фірми.

Загальний опис приладів

Сучасні демонстраційні осцилографи та звукові генератори побудовані на новій елементній базі можуть живитися від низьковольтних (до 12 В) джерел живлення або від мережі 220 В через адаптери. Нові розробки демонстраційних осцилографів мають значно більші екрани (до 34 см по діагоналі, можуть виводити на екрани зображення, що відображають одночасно два й більше періодичних процеси. Частина моделей демонстраційних осцилографів випускається як приставки до телевізорів, або комп'ютерів, що дозволяє не лише спостерігати процеси на великих екранах, але й зберігати й відтворювати одержані осцилограми.

Розвиток комп'ютерних засобів підтримки навчального фізичного експерименту при вивченні коливних процесів відбувається в двох напрямках:

- створення електронних блоків, у яких аналогові сигнали, що надходять від експериментальних установок, перетворюються на цифрові коди, поступають на входи комп'ютера й після обробки програмними засобами виводяться на екран у графічному та числовому вигляді;
- використання можливостей звукової карти комп'ютера обробляти низькочастотні (звукові) аналогові періодичні сигнали, що поступають на її входи, й після перетворення та обробки програмними засобами виводити інформацію на екран монітора.

У найпростішому випадку для обробки сигналів, які поступають на вхід звукової карти ПК можуть використовуватися стандартні програми системного забезпечення комп'ютера, наприклад, для звукозапису, або програми, які відтворюють на екрані звичні органи управління осцилографів і звукових генераторів (їх часто називають віртуальними осцилографами).

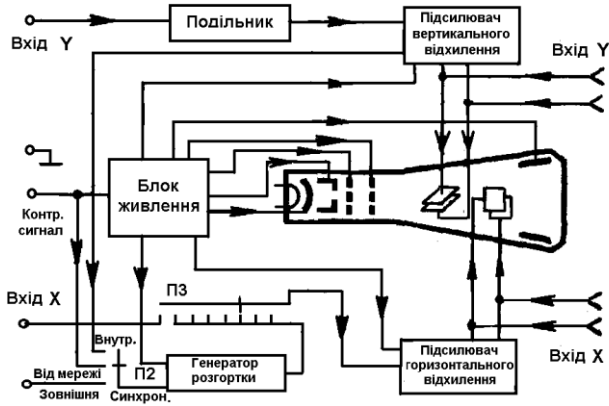
ЕЛЕКТРОННИЙ ОСЦИЛОГРАФ

Призначення

Осцилограф – електронний прилад, призначений для візуального спостереження та дослідження (форми та частоти) періодичних електронних процесів.

Загальний опис приладів

Основним елементом одного з найбільш поширених в експерименті осцилографів є електронно-променева трубка, принцип дії якої розглядається у шкільному курсі фізики в темі "Струм у різних середовищах". Спрощена блок-схема такого осцилографа показана на мал. 52.

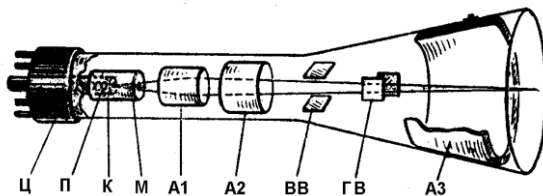


Мал. 52

На цій схемі головні блоки осцилографа показані прямокутниками, а зв'язки між ними стрілками.

Досліджувана напруга подається на атенуатор (подільник напруги). Він призначений для того, щоб високу вхідну напругу за необхідності знизити до рівня, за якого осцилограф працює без спотворень.

З подільника напруги сигнал потрапляє на підсилювач вертикального відхилення променя, який підсилює сигнал до значення, зручного для його спостереження на екрані. Рівень підсилення можна плавно регулювати. З виходу підсилювача сигнал подається на вертикально відхиляючі пластини (ВВ) електронно-променевої трубки ЕПТ (мал. 53).



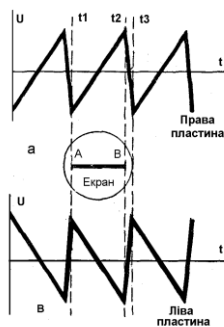
Мал. 53

Рівномірне горизонтальне переміщення електронного променя забезпечується пилкоподібною напругою, прикладеною до горизонтально відхиляючих пластин ГВ. Цю напругу виробляє спеціальний генератор розгортки, частота якого може змінюватись і плавно, і дискретно. Для одержання на екрані ЕПТ стійкого нерухомого зображення необхідно, щоб частота розгортки точно дорівнювала або була кратною частоті сигналу, який досліджується.

Оскільки генератор розгортки виробляє напругу не досить стабільну (вона може "плавати" за частотою), спеціальна електронна схема забезпечує зміну в невеликих межах частоти генератора розгортки до збігу її з частотою сигналу. (Досліджуваний сигнал може також синхронізуватись: з частотою мережі 50 Гц або із зовнішнім синхронізуючим сигналом).

Блок живлення осцилографа служить для створення напруг різного значення для роботи ЕПТ та всіх інших блоків приладу. Щоб забезпечити рівномірне переміщення електронного променя в ЕПТ вздовж осі Х, необхідно на горизонтально відхиляючі пластини подавати таку напругу, яка б рівномірно наростала чи спадала з часом. Тоді світлова пляма на екрані осцилографа переміщуватиметься горизонтально відповідно до зміни напруги. Для цього служить генератор розгортки, який виробляє напругу спеціальної форми – пилкоподібну (мал. 54).

На двох виходах генератора напруга відносно корпусу змінюється в протифазі. Один із виходів приєднують до правої відхиляючої пластини, а другий – до лівої. У початковий момент часу ($t = 0$) напруга на виходах генератора й відповідно на пластинах дорівнює 0. Тому світлова пляма знаходиться в центрі екрану ЕПТ. Протягом часу t додатна напруга на правій пластині плавно зростає, а на лівій – за таким же законом зростає від'ємна напруга. У результаті, світна пляма на екрані відносно повільно й плавно

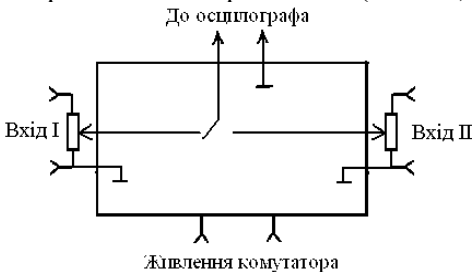


Мал. 54

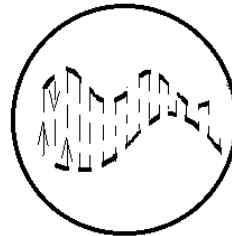
переміщується зліва направо. Потім за короткий проміжок часу $t_2 - t_1$ на правій пластині напруга від максимального додатного значення зміниться до максимального від'ємного значення, а на лівій – навпаки – від максимального від'ємного до максимального додатного значення. Унаслідок цього світна пляма на екрані дуже швидко зміститься в лівий край екрану і почне знову плавно рухатися зліва направо і т.д. Оскільки частота коливань генератора досить велика, на екрані буде спостерігатися пряма лінія, лінійний масштаб якої відповідає певному проміжку часу. Таким чином, час розгортається у відрізок прямої ОХ.

Очевидно, якщо при ввімкненому генераторі горизонтальної розгортки подати досліджуваний сигнал на вхід Y, на екрані можна буде спостерігати, як залежать форма, частота, амплітуда сигналу від часу.

При роботі з осцилографом іноді виникає потреба одержати на екрані електронно-променевої трубки зображення двох осцилограм. Для цього використовують двопробеневі осцилографи або електронні комутатори. Двоканальний комутатор (мал. 55) має два входи, на які подають досліджувані напруги, і один вихід, який приєднується до входу осцилографа. Комутатор автоматично по черзі подає на вхід осцилографа то одну, то другу напругу, внаслідок чого на екрані утворюється зображення двох осцилограм. Частота перемикаць комутатора більша за частоту розгортки осцилографа. Внаслідок цього електронний промінь, накресливши частину першої кривої, починає креслити частину другої кривої, потім знову повертається до першої і т. д (мал. 56).



Мал. 55



Мал. 56

Одночасно з тим чи іншим сигналом на вхід осцилографа з комутатора може поступати невелика постійна напруга, яку можна регулювати. Це дозволяє змістити осцилограми різних сигналів на екрані вгору або вниз відносно одна одної (наприклад верхня осцилограма – коливання сили струму, нижня – напруги). Органами керування комутатора є регулятори напруг, які стоять на входах комутатора. Деякі осцилографи (ОДШ-2) мають вмонтовані комутатори.

З особливостями будови й дії того чи іншого осцилографа перед його використанням необхідно ознайомитися за його технічним описом (паспортом).

ОСЦИЛОГРАФ ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ДВОКАНАЛЬНИЙ (приставка до телевізора)

Призначення і принцип дії

Осцилограф призначений для спостереження форми й вимірювання частоти періодичних електричних сигналів при проведенні різних демонстраційних дослідів, використовуючи як монітор будь-який телевізор з низькочастотним відеовходом (мал. 57).



Мал. 57

Загальний опис прилада

Осцилограф є аналого-цифровим перетворювачем, на входи якого через масштабуючі каскади надходять досліджувані сигнали, де перетворюються в потік цифрових кодів.

Значення кодів пропорційні миттєвому значенню рівня сигналу. Потік цифрових кодів завантажується в пам'ять цифрового сигнального процесора, у якому під керуванням програми формується повний телевізійний сигнал, що подається на відеовхід телевізора. Телевізійний сигнал складається з зображення осцилограми, масштабної сітки й меню режимів управління осцилографом. Ціна поділки масштабної сітки по вертикалі залежить від коефіцієнтів передачі масштабуючих каскадів. Ціна поділки по горизонталі визначається частотою запуску аналого-цифрового перетворювача. Керування зміщенням променів по вертикалі здійснюється потенціометрами, що змінюють рівень постійної складової на входах аналого-цифрового перетворювача.

На передній стінці корпусу встановлені органи керування осцилографом: кнопка "МЕНЮ", кнопки ">" і "<" для установки режимів роботи (рівнів вхідних сигналів, горизонтального розгортання, вибір каналів і демонстрація фігур Ліссажу), гнізда "Вх.А" і "Вх.Б" для подавання вхідних сигналів у кожен канал, ручки "↑А" і "↓Б" для керування зсувом по вертикалі осцилограм, перемикач "= ~" для вмикання й вимикання постійної складової сигналу. На задній стінці встановлене гніздо для під'єднання джерела живлення та вимикач.

Технічні характеристики

Масштабна сітка на екрані телевізора – 8×8 поділок.

Кількість вхідних каналів – 2.

Діапазон частот вхідних сигналів на кожному каналі – 0 ... 500 кГц. При увімкненні роздільної ємності – 10 Гц ... 500 кГц.

Діапазон рівнів вхідних сигналів – 20 мВ/под ... 1 В/под. (20, 50, 100, 200, 500мВ і 1 В).

Діапазон горизонтальної розгортки – 10 мкс/под ... 50 мс/под. (10, 20, 50, 100, 200, 500мкс і 1, 2, 5, 10, 20, 50 мс).

Вхідний імпеданс – 1 МОм, 25 пФ.

Режими роботи: одноканальні А і Б, двоканальні АБ і Х/У.

Режим синхронізації – внутрішній, від сигналу.

Регулювання зсуву осцилограм по вертикалі – окремо на кожному каналі.

Цифрове екранне меню – установлення масштабу вхідних рівнів, розгортки та режимів роботи.

Живлення – 12 В від мережі 220 В, 50 Гц через адаптер.

Споживана потужність – не більш 5 ВА.

Комплект постачання

Осцилограф – 1 шт.

Адаптер – 1 шт.

Кабель для підключення до телевізора типу "Гюльпан" – 1 шт.

Кабель для підключення сигналу – 2 шт.

Посібник з експлуатації – 1 шт.

Підготовка до роботи і послідовність роботи з осцилографом

Увімкнути телевізор і встановити режим відтворення з відеомагнітофона у відповідності з інструкцією на телевізор. Увімкнути осцилограф перемикачем на задній стінці апарата, при цьому на екрані повинне з'явитися зображення масштабної сітки й екранне меню, що складається з чотирьох стовпчиків. Крайній лівий стовпчик визначає рівень сигналу по вертикалі для каналу А, що впливає – для каналу Б. Третій стовпчик визначає один з 4-х режимів роботи, а остання – визначає масштаб розгортки. При натисканні й утриманні кнопки "Меню" курсор послідовно переміщається по стовпчиках меню ліворуч-праворуч. При натисканні й утриманні кнопок ">" "<" послідовно перебираються значення параметрів стовпчика меню, на яку вказує курсор.

Досліджуваний сигнал з амплітудою не більш 4 В підключити на входи А, Б осцилографа. Установити один з 4-х режимів роботи осцилографа. В одноканальних режимах на екран виводиться сигнал одного обраного каналу. У режимі А, Б – осцилограма двох каналів. У режимі Х/У відхилення крапки по вертикалі пропорційно рівню сигналу каналу А, а по

горизонталі – каналу Б. Режим X/Y дозволяє спостерігати фігури Ліссажу.

Потенціометрами зсуву "уст.0" каналу А і Б і регулюванням масштабу по вертикалі (1 і 2 стовпчика меню) встановити необхідний розмір осцилограми по вертикалі. Регулюванням ціни поділки по горизонталі (4-й стовпчик меню) установити необхідний масштаб розгортання.

Для надійної синхронізації осцилограми на екрані повинен спостерігатися повний період зображення. В одноканальних режимах синхронізація вмикається, якщо сигнал перетинає центральну лінію масштабною сітки знизу вгору. У режимі А, Б синхронізація здійснюється тільки від каналу А, якщо сигнал перетинає знизу вгору 3-ю зверху лінію масштабною сітки. При швидкості розгортання 10 мксек/под. у режимі А, Б синхронізація не вмикається.

Для спостереження фігур Ліссажу доцільно спочатку відрегулювати кожен сигнал в одноканальному режимі, встановити масштаб розгортання таким чином, щоб на екрані виводилося 2 періоди для нижчої частоти. Для відділення постійної складової сигналу перемикач "= ~" встановити в положення "~".

ДЕМОНСТРАЦІЙНИЙ ОСЦИЛОГРАФ ("віртуальний осцилограф")

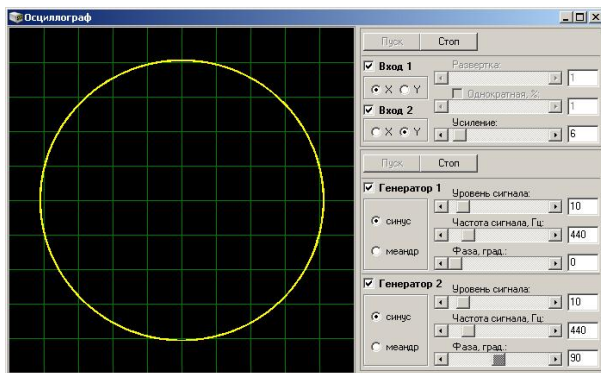
Призначення

"Демонстраційний осцилограф" – комп'ютерний аналог традиційного електронного осцилографа. Осцилограф призначений для спостереження форми й вимірювання частоти періодичних електричних сигналів при проведенні різних демонстраційних дослідів, використовуючи монітор комп'ютера.

Загальний опис прилада

Прилад складається з двох функціональних модулів: осцилографа та генератора сигналів звукової частоти. Апаратною частиною осцилографа є звукова карта комп'ютера. За допомогою цього приладу можна вивчати електричні сигнали,

отримані від зовнішніх пристроїв, генерувати електричні коливання звукової частоти, подавати їх до зовнішніх електричних кіл, вивчаючи їхній вплив на параметри електричних сигналів. Розглянемо версію продукту 2.02. Інтерфейс програми зображено на мал. 58.



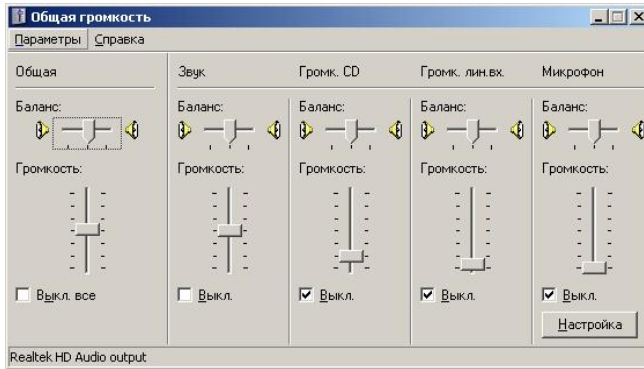
Мал. 58

- вхідні сигнали можна подавати на два окремих входи;
- окрім розгортки в часі є можливість подавати сигнали на входи "X" та "Y";
- одноразова розгортка. Цей режим відкриває можливість вивчати неперіодичні електричні процеси. Пуск розгортки може здійснюватися вручну, або за приходом на вхід першого імпульсу достатньої амплітуди;
- сітка екрану має квадратні клітинки, що поліпшує роботу з симетричними сигналами на входах "X" та "Y";
- генератор сигналів звукової частоти має два самостійних канали, з незалежними органами керування. Є регулятори фази сигналу.

Налагодження та робота з програмою "Осциллограф"

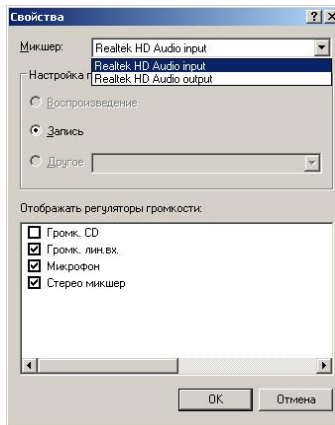
Перед початком роботи з програмою треба обрати необхідні режими роботи звукової карти. Якщо в правому нижньому куті комп'ютера є піктограма регулятора гучності, навести на неї курсор миші і натиснути праву кнопку. У меню

обрати "Відкрити регулятор гучності". Для роботи пристрою необхідно активізувати "Спільну гучність", та "Звук" і встановити обидва регулятори приблизно в середнє положення, як показано на мал. 59. Усі інші пристрої відтворення можна відімкнути.



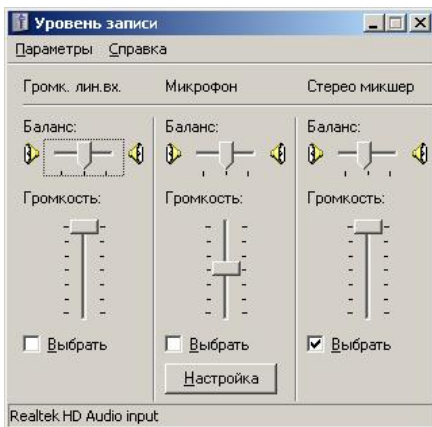
Мал. 59

У підменю "Параметри", обрати "Властивості", а у вікні "Мікшер" із випадаючого списку вибрати "Input" (Мал. 60).



Мал. 60

Після виконання останніх дій можна побачити регулятори рівня запису пристроїв, сигнали з яких можна буде виводити на екран осцилографа (мал. 61).

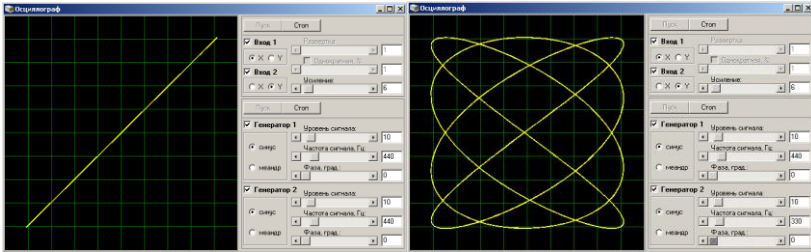


Мал. 61

Зазвичай, є можливість обирати "лінійний вхід", "мікрофон", та "стереомікшер". "Лінійний вхід" забезпечує підключення двох різних сигналів від зовнішніх пристроїв на різні входи 1,2 – (L, R) та відображувати дані на осях (X, Y) екрану "Осцилографа". Підключення здійснюється через гніздо лінійного входу (Line in) звукової карти комп'ютера. Мікрофонний вхід є більш чутливим, але забезпечує роботу тільки з одним сигналом, який можна з'єднати з будь-яким входом "Осцилографа". Підключення сигналу до комп'ютера здійснюється через гніздо підключення мікрофона (Mic). Останній вхід "Стереомікшер" забезпечує роботу "Осцилографа" у віртуальному режимі. Він дозволяє подати сигнали з пристроїв, які входять до складу комп'ютера на вхід звукового процесора за допомогою внутрішніх зв'язків.

Наприклад на мал. 62 відображено вигляд інтерфейсу програми, коли на обидва входи (1, 2) підключено сигнали, отримані з генераторів цього ж пристрою. З органів налагодження генераторів видно, що частоти та амплітуди сигналів ідентичні, а фази відрізняються на 90 градусів.

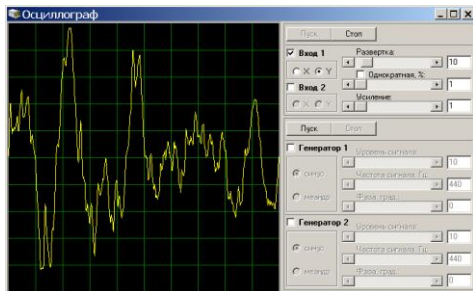
Осцилограму суми тих самих сигналів з однаковими фазами показано на мал. 63.



Мал. 62

Мал. 63

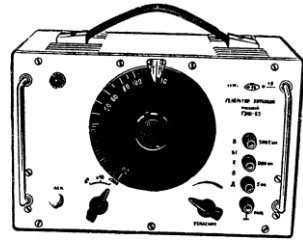
Якщо змінити частоту генератора 2 з 440 на 330 Гц, то на екрані з'явиться діаграма показана на мал. 64. Існує два способи отримання таких результатів. У реальному режимі сигнал з виходу звукової карти слід подати на її лінійний вхід за допомогою шнура з стерео штекерами діаметром 3,5 мм на обох кінцях. У цьому випадку слід переключити пристрій запису зі "Стерео мікшера" на "Лінійний вхід". У зовнішнє коло можна вмикати різні пристрої, які є компонентами експериментальних установок. Як видно з прикладів, осцилограми відображені на мал. 62, мал. 63, мал. 64, отримані шляхом підключення одночасно двох досліджуваних сигналів, значення одного відображується на осі X, іншого на осі Y. Режим розгортки сигналу в часі стає доступним при відключенні входів X. Цей режим роботи осцилографа є більш традиційним у техніці. У випадку використання даного пристрою в режимі розгортки сигнали можна подавати на обидва входи "Y". Сигнали в цьому випадку будуть додаватися. Приклад роботи "Осцилографа" з одним неперіодичним сигналом приведено на мал. 64.



Мал. 64

ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВИЙ ГЗШ

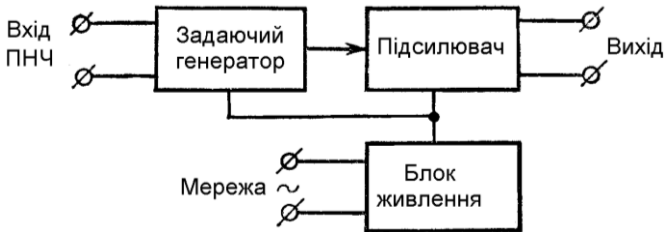
Прилад ГЗШ (мал. 65) призначений для одержання синусоїдальних електричних коливань звукової частоти при демонстрації різних дослідів з фізики та електротехніки в середній школі. Генератор можна використовувати і як підсилювач низької частоти.



Мал. 65

Загальний опис

Генератор складається з таких основних блоків (мал. 66): задаючий генератор, підсилювач, блок живлення.



Мал. 66

Задаючий генератор генерує коливання синусоїдальної форми строго визначеної частоти. У задаючому генераторі є пристрій для зміни частоти коливань. Ці коливання подаються на підсилювач, на вході якого є пристрій для регулювання підсилення. До виходу підсилювача може бути приєднане навантаження опором 5 Ом, 600 Ом, 5000 Ом. У режимі ПНЧ генератор може використовуватися як попередній підсилювач і як підсилювач з вихідною потужністю 2 Вт. Блок живлення служить для створення напруг, необхідних для роботи блоків приладу.

Генератор зібрано в металевому корпусі. На передній панелі розташовано:

- вихідні клеми 5000 Ом, 600 Ом, 5 Ом;
- “Вхід ПНЧ “;
- затискач загальний, з’єднаний з корпусом приладу;

- ручка регулювання підсилення, повертаючи яку за годинниковою стрілкою, можна збільшити вихідну напругу;
- перемикач піддіапазонів на чотири положення: $\times 1$; $\times 10$; $\times 100$ та ПНЧ. У положенні ПНЧ перемикач переводить прилад в режим підсилення низької частоти;
- тумблер – вимикач мережі;
- диск із шкалою, з'єднаний з регулятором частот. На задній панелі приладу змонтовано запобіжник та гніздо для шнура живлення приладу від мережі.

Технічні характеристики

1. Діапазон частот (20 ... 20 000 Гц) розбито на три піддіапазони:
 - I ($\times 1$) – 20...200 Гц ;
 - II ($\times 10$) – 200...2000 Гц ;
 - III ($\times 100$) – 2000...20000 Гц.
2. Номінальна вихідна потужність 2 Вт.
3. Похибка генератора по частоті не більше 1 Гц.
4. Виходи генератора розраховано на навантаження 5 Ом, 600 Ом та 5 000 Ом.
5. Вихідна напруга на кожному виході регулюється плавно.
6. Прилад живиться від мережі 220 В або 127 В частотою 50 Гц.
7. Споживана потужність – не більше 70 Вт.
8. Тривалість неперервної роботи – не більше 2 год.

Послідовність роботи з приладом

Перед початком роботи з приладом необхідно його оглянути і переконатись у відсутності пошкоджень, **перевірити правильність установки запобіжника (відповідно до напруги мережі 220 В чи 127 В)**. Вмикання приладу здійснюється в такій послідовності.

1. Ручку підсилення встановити в крайнє ліве положення.
2. Увімкнути вилку шнура в мережу.
3. Поставити вимикач мережі в положення "Вкл". При цьому повинна засвітитися контрольна лампочка на передній панелі.

Робота з приладом може здійснюватися в різних режимах

1. *Режим підсилення низької частоти.* Для підсилення низько-частотних коливань ручку перемикача встановити в положення "Вхід ПНЧ". Підключити до клем "Вхід ПНЧ" джерело сигналу, а до клем "Загальний" та "5 Ом" – гучномовець. Ручкою "Підсилення" встановити необхідний рівень гучності.
2. *Установка частоти.* Установлення необхідного значення частоти здійснюється регулятором частоти. Відлік частоти здійснюється за поділкою шкали, що розташована проти штриха покажчика. При переході з одного піддіапазона на інший необхідно врахувати множник $\times 1$, $\times 10$ чи $\times 100$.
3. *Вихідна напруга* встановлюється плавним повертанням ручки "Підсилення".
4. Для узгодження виходу генератора з навантаженням служить вихідний трансформатор, який дає змогу узгодити генератор з навантаженнями 5 Ом; 600 Ом; 5000 Ом.

ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ**Призначення**

Генератор є джерелом електричних сигналів звукових частот і призначений для проведення демонстрацій і лабораторних робіт з курсу фізики середньої школи (мал. 67)



Мал. 67

Технічні характеристики, комплектність і будова

Діапазон частот, Гц	1...100000
Точність установки частоти в діапазоні 1...100 Гц.....	±1
Точність установки частоти в діапазоні (100...10000 Гц)	±10
Точність установки частоти в діапазоні (10000...100000 Гц)	±100
Стабільність частоти, не гірше.....	10 – 5
Вихідна напруга (еф), В	0...5
Точність установки вихідної напруги, В.....	0,02
Опір навантаження, не менш, Ом	8
Вихід	симетричний
Тип вихідного з'єднання.....	USB-AF
Напруга живлення (через адаптер 12/220 В, 50 Гц), В	12
Споживаний струм, не більше, А.....	0,3

До комплекту входять

1. Генератор звукової частоти – 1 шт.
2. Шнур з'єднувальний – 1 шт.,
3. Мережевий адаптер 12/220 В, 50 Гц – 1 шт.
4. Посібник з експлуатації – 1 шт.

Прилад виконаний на базі кварцового мікропроцесорного програмованого генератора з прямим синтезом частоти, що забезпечує високу стабільність частоти й амплітуди у всьому робочому діапазоні частот, а також точність форми генерованих сигналів.

Форма генерованих сигналів:

- 1) синусоїдальний сигнал;
- 2) сигнал трикутної форми;
- 3) сигнал типу "меандр";
- 4) сигнал пілкоподібної форми.

Особливістю генератора є наявність цифрового індикатора амплітуди й частоти вихідного сигналу.

Умови експлуатації

При підготовці генератора до роботи необхідно:

1. Підключити до гнізда живлення кабель адаптера.
2. Підключити до вихідного гнізда підвідний шнур.
3. Увімкнути адаптер у мережу 220 В, 50 Гц.

Налагодження частоти, амплітуди й форми сигналів здійснюється натисканням на відповідні кнопки керування. При однократному натисканні на кнопку частота (амплітуда) змінюється на один крок (у відповідності з таблицею характеристик генератора). При тривалому утриманні кнопок (більш 1 с) вмикається режим повтору ~ 25 разів/с. Значення частоти, амплітуди й форми сигналів відображаються за допомогою світлодіодних індикаторів.

Умови зберігання

Зберігати прилад потрібно в сухому опалюваному приміщенні.

ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВОЇ ЧАСТОТИ З МЕТРОНОМОМ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦІЙНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ГЗЧМ

Призначення

Призначений для проведення демонстрацій та лабораторних робіт у школах і університетах (мал. 68).



Мал. 68

Основні технічні параметри

Живлення від мережі змінного струму 220 В ± 10 % частотою 50...60 Гц.

Форма сигналів – синусоїдальна, трикутна, прямокутна.

Діапазон частот – 0,1 Гц ...100 кГц, у режимі метронома – 0,43...4,8 Гц.

Індикація значення встановленої частоти (періоду) на 4-и розрядному індикаторі.

Регульована напруга на навантаженні 8 Ом – 0...10 В.

Коефіцієнт нелінійних спотворень (синус) – <2 %.

Час наростання/спаду (прямокутник) – 0,3 мкс.

Споживана потужність не більш 30 Вт .

МОДЕЛЬ ЗВУКОВОГО ГЕНЕРАТОРА ДЕМОНСТРАЦІЙНА (ГЗД)

Призначення

Модель ГЗД призначена для проведення в середній школі дослідів з автоматики, телемеханіки та для перетворення вимірюваних неелектричних величин у електричні коливання.

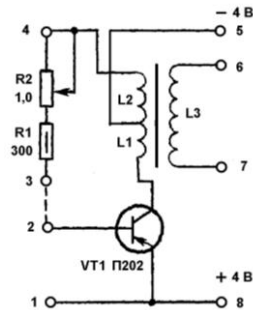
Загальний опис

Модель являє собою металеву панель розміром 170×100 мм, на лицевій стороні якої встановлено транзистор, трансформатор, змінний резистор, постійний резистор та вісім контактних затискачів. Розташування елементів генератора на панелі відповідає їх розташуванню на принциповій електричній схемі (мал. 69).

На зворотній стороні панелі встановлена ручка змінного резистора. Біля затискачів живлення є знаки "+" та "-". Затискачі 1, 2, 3 та 4 служать для під'єднання різних датчиків:

напівпровідникового фотоелемента (1 та 2), термоопору й фоторезистора (3 та 4); затискачі 6 та 7 для підключення гучномовця потужністю до 1 Вт.

Оскільки прилад є однокаскадним підсилювачем НЧ, зібраним на транзисторі середньої потужності П214В за схемою з позитивним зворотнім зв'язком, він може виконувати функції генератора, модулятора, підсилювача коливань чи підсилювача постійного струму.



Мал. 69

Технічні характеристики

Напруга живлення – 4 В (постійний струм).

Діапазон частот – 100...2000 Гц.

Підготовка до виконання роботи

- 1.** Ознайомитися за поданим описом та паспортами на прилади з будовою та принципом їх дії, які запропоновані в даній роботі.
- 2.** Записати основні технічні характеристики й вимоги щодо їх експлуатації.
- 3.** З'ясувати за програмами та підручниками з фізики для середньої школи, при вивченні яких тем можуть бути використані дані прилади.
- 4.** Знайти відповіді на запитання:
 1. Яка будова та принцип дії електронно-променевої трубки осцилографа?
 2. Яка роль генератора пилкоподібної напруги в осцилографі?
 3. Яке призначення атенюатора осцилографа?
 4. Як за допомогою осцилографа можна продемонструвати одночасно два коливальні процеси?
 5. З якою метою використовують генератори звукової частоти в навчальному експерименті з фізики?
 6. Що являє собою віртуальний осцилограф?
 7. У чому переваги осцилоскопічних методів дослідження коливних процесів?
 8. Що являють собою фігури Ліссажу? З якою метою їх одержують?
- 5.** Скласти конспект із зазначенням основних характеристик, призначенням та дидактичними можливостями приладів, запропонованих у даній роботі.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 6-01. Підготовка до роботи та перевірка дії осцилографа та звукового генератора

Обладнання. Осцилограф, звуковий генератор, комп'ютер з програмою "осцилограф", з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

1. За паспортом до осцилографа познайомитися з його будовою, органами керування та характеристиками.
2. Уважно розглянути панелі, на яких знаходяться органи керування осцилографом. З'ясувати призначення ручок клем та гнізд.
3. Установити ручки осцилографа " \leftrightarrow ", " \updownarrow ", "**яскравість**", "**фокус**" в середнє положення. Решта ручок повинна знаходитися в крайньому лівому положенні (повернуті до упору проти годинникової стрілки).
4. Увімкнути осцилограф у мережу. Ручками " \leftrightarrow ", " \updownarrow ", "**яскравість**" і "**фокус**" установити світну пляму в центр екрану та одержати чітке, але не дуже яскраве її зображення.
5. Знайти вихідне гніздо "контрольний сигнал" і подати на вхід осцилографа контрольний сигнал з гнізда на задній панелі осцилографа. Одержати стійку осцилограму сигналу.
6. За паспортом, технічним описом познайомитися із конструкцією, технічними характеристиками та органами керування звукового генератора.
7. Розглянути передню панель генератора. З'ясувати призначення органів керування.
8. Приєднати до вихідних клем динамічний гучномовець, увімкнути генератор і перевірити його роботу в різних діапазонах частот та за різних опорів навантаження.

9. З'єднати вихід звукового генератора із входом осцилографа й одержати осцилограму сигналів. Налаштувати осцилограф (встановити подільник вхідної напруги у положення, що відповідає амплітудам напруг сигналів, які на нього подаються, діапазони частот та ін.) Продемонструвати осцилограми звукових коливань різних частот і амплітуд, одержаних за допомогою генератора.
10. Перевірити відповідність частот сигналів одержаних за допомогою генератора та тих, які відображає осцилограф (за встановленою частотою розгортки та частотою, встановленою на генераторі), для різних діапазонів частот сигналів генератора й частот розгортки осцилографа.

**Дослід 6-02. Використання комп'ютерних засобів
для демонстрації коливних**

Обладнання. Персональний комп'ютер, програмний продукт "осцилограф", звуковий генератор, з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

1. Інсталювати програму "Осцилограф" на комп'ютер, ознайомитися за інструкцією до програми з її роботою.
2. Подати на вхід комп'ютера сигнал від генератора та одержати його осцилограму на екрані.
3. Перевірити можливість проведення дослідів, описаних в інструкції до програми.
4. Провести досліди з відтворення осцилограм сигналів різної форми.



Самоконтроль і звітність

1. Дати відповіді на запитання:

1. Які основні елементи блок-схеми осцилографа та яке їх призначення?
2. Як змінити довжину розгортки?
3. Як одержати стійку осцилограму досліджуваного сигналу?
4. Як одержати фігури Ліссажу на екрані осцилографа?
5. Як визначити за виглядом фігур Ліссажу на екрані осцилографа частоту досліджуваного сигналу?
6. Як одержати на екрані осцилографа зображення одного, двох періодів коливань досліджуваного сигналу?
7. Як за допомогою осцилографа можна виміряти амплітуду напруги досліджуваного сигналу, частоту?
8. При постановці яких дослідів може бути використаний генератор звукової частоти?

2. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Розділ 3

НАВЧАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПРИ ВИВЧЕННІ ОКРЕМИХ ТЕМ ПРОГРАМИ

- Робота №7. Основи кінематики
- Робота №8. Основи динаміки
- Робота №9. Закони збереження
- Робота №10. Механічні коливання і хвилі
- Робота №11. Основи гідро- та аеростатики
- Робота №12. Гідро- та аеродинаміка
- Робота №13. Молекулярні явища
- Робота №14. Теплові явища
- Робота №15. Тепло та робота
- Робота №16. Властивості пари та газів
- Робота №17. Властивості рідин і твердих тіл
- Робота №18. Електричне поле
- Робота №19. Постійний електричний струм
- Робота №20. Електричний струм у розчинах електrolітів
- Робота №21. Електричний струм у вакуумі
- Робота №22. Електричний струм у газах
- Робота №23. Електричний струм у напівпровідниках
- Робота №24. Магнітне поле
- Робота №25. Магнітні властивості речовини
- Робота №26. Електромагнітна індукція
- Робота №27. Електромагнітні коливання
- Робота №28. Змінний струм
- Робота №29. Властивості електромагнітних хвиль
- Робота №30. Геометрична оптика
- Робота №31. Хвильові властивості світла
- Робота №32. Квантові властивості світла

Робота № 7. ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ

Мета роботи. Оволодіти методикою та технікою проведення дослідів з кінематики.

Особливості експерименту з теми

Основи кінематики вивчаються в 10 класі 12-річної школи. При вивченні даної теми слід пам'ятати, що ряд понять уже відомі учням із курсу фізики 8 класу. Тому перед вчителем стоїть завдання розширити та поглибити ці поняття, а також сформувані нові поняття, з якими учні ще не знайомі. Більшість дослідів теми носить ілюстративний характер, коли учні лише спостерігають те чи інше явище, але деякі з них передбачають встановлення кількісних співвідношень між різними фізичними величинами.

Проведення дослідів із кінематики передбачає наявність достатніх навичок вчителя у проведенні відповідного експерименту. Слід мати на увазі, що для проведення багатьох демонстрацій може використовуватися нескладне обладнання, яке може бути виготовлене учнями чи вчителем. Особливо перспективним є застосування прямих вимірювань кінематичних величин, які можливі при використанні досягнень сучасної електронної апаратури.

При проведенні дослідів можуть використовуватися джерела струму високої напруги, відтворюватися явища з предметами, які рухаються з великими швидкостями. Тому слід строго дотримуватися правил техніки безпеки.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручниками зі змістом і основними поняттями теми "Основи кінематики".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які основні поняття використовуються для опису механічного руху ?
 2. Що таке шлях, переміщення, траєкторія руху тіла?
 3. Що таке швидкість, середня швидкість, миттєва швидкість?
 4. Що таке прискорення тіла?
 5. Як розрахувати переміщення тіла при рівноприскореному русі?
 6. Як визначити доцентрове прискорення в обертальному русі? Який напрямок воно має?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно з графіком відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Заліковий рівень</i>						
<i>Низький</i>	X		X			
<i>Середній</i>	X	X	X	X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

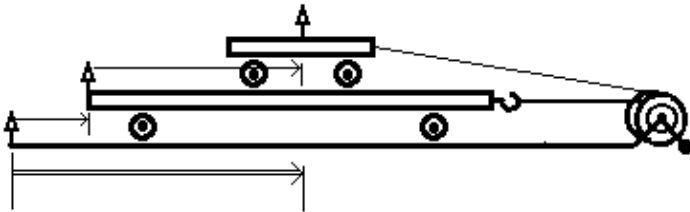
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 7-01. Відносність руху

Обладнання. Блок двох шківів різного діаметра; довга нитка; лінійка, вішки.

Зміст і послідовність виконання завдання

На столі розміщують довгий візок, а на нього зверху ставлять короткий візок. Довгу нитку прикріплюють одним кінцем до шківів, а іншим – до довгого візка (довжину нитки беруть з урахуванням ходу візка та довжини стола). Розміщують візки біля лівого кінця стола (мал. 70).



Мал. 70

За допомогою вішок відмічають положення короткого візка на довгому, а довгого – на столі. Обертаючи шківви, демонструють відносність спокою короткого візка: відносно стола він змінює своє положення (рухається), а відносно довгого візка – залишається нерухомим. Поставивши візки у крайнє ліве положення, ниткою з'єднують короткий візок з шківом меншого діаметра. Вішками відмічають початкове положення обох візків на столі та положення короткого візка на довгому. Обертають ручку шківів та порівнюють переміщення довгого візка відносно стола й переміщення короткого візка відносно стола та відносно довгого візка.



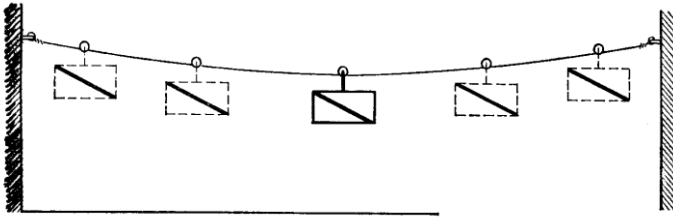
1. Яка роль вішок у досліді?
2. Чому в досліді використовуються шківви різних діаметрів?

Дослід 7-0 2. Поступальний рух

Обладнання. Тонкий трос; модель вагонетки з блоком.

Зміст і послідовність виконання завдання

Між протилежними стінами класу закріплюють трос так, щоб він проходив над демонстраційним столом на висоті 40...50 см з невеликим провисанням (мал. 71). Виготовляють модель вагонетки, для чого можна використати малий ящик-підставку. Для цього на його вузькій грані кріплять нерухомий блок, а на широкій грані закріплюють кольорову планку, яка моделює пряму, що проходить через будь-які дві точки тіла. Підвішують вагонетку на канатній дорозі за допомогою блока.



Мал. 71

Рухаючи вагонетку від одного кінця троса до другого, звертають увагу учнів на те, що пряма, яка проходить через будь-які дві точки вагонетки, при її русі залишається паралельною сама собі.



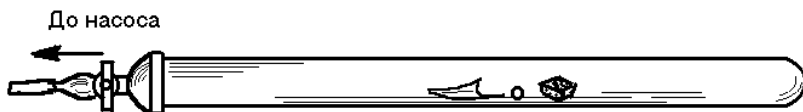
1. Чи обов'язково досягати максимального наближення до горизонтальності троса?
2. Чи можна трос замінити тонким стрижнем?
3. Чому пряма на корпусі "вагонетки" проведена під гострим кутом до горизонту?

Дослід 7-03. Падіння тіл у повітрі та в розрідженому просторі

Обладнання. Трубка Ньютона; насос Комовського; гумовий вакуумний шланг.

Зміст і послідовність виконання завдання

Забезпечують зручне розташування приладів з тим, щоб при проведенні дослідів при швидкому повертанні трубки Ньютона (мал. 72) на 180° уникнути зіткнення її з іншими приладами чи столами.



Мал. 72

Відкривають кран трубки Ньютона та швидко перевертають її краном донизу. Звертають увагу учнів, що спочатку всередині трубки Ньютона падає свинцева дробина, потім – шматочок поролону, а насамкінець – пір'їна. За допомогою гумового шланга під'єднують до трубки Ньютона насос Комовського та відкачують з неї повітря. Від'єднавши шланг від трубки Ньютона (попередньо заклавши на ній кран), перевертають її швидко на 180° та демонструють, що всі тіла при цьому падають майже синхронно. Для більшої переконливості дослід повторюють декілька разів.



1. Чому перевертання трубки мусить бути швидким?
2. Чому дослід проводиться в два етапи?

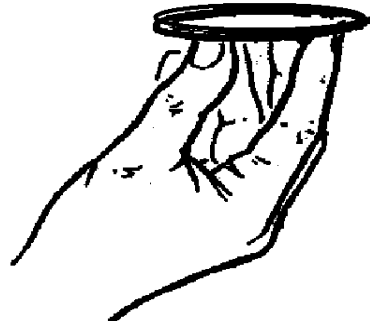
Дослід 7-0 4. Падіння тіл у повітрі

Обладнання. Металевий та паперовий диски однакового діаметра.

Зміст і послідовність виконання завдання

Металевий диск можна взяти від приладу для практикуму з механіки, а паперовий – вирізають із нецупкого паперу таким чином, щоб обидва диски мали однаковий діаметр.

Беруть в одну руку металевий диск, а в іншу – паперовий (мал. 73) і одночасно їх відпускають. Після того, як металевий диск доторкнеться стола, паперовий ще продовжує падати і досягає стола з помітним запізненням. Потім на металевий диск накладають паперовий. Відпускають диски – вони, зберігаючи горизонтальне положення, падають разом на стіл. Роблять висновок, що причиною неодночасності падіння тіл є опір повітря, після усунення якого паперовий і металевий диски падають одночасно.



Мал. 73



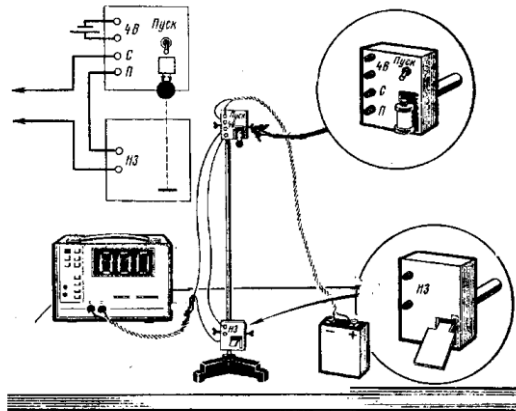
1. Яка проблемна ситуація закладена в зміст дослідіу?
2. Яким буде результат дослідіу, коли паперовий диск покласти на металеве кільце?

Дослід 7-0 5. Визначення прискорення вільного падіння

Обладнання. Штатив універсальний; електронний секундомір з приставкою "НЗ" та електромагнітом; сталева кулька діаметром 10... 20 мм; джерело постійного струму з напругою 4 В.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають демонстраційну установку (мал. 74), для чого на штативі у верхній його частині закріплюють електромагніт, а знизу (на відстані близько 1 м) – приставку "НЗ". Причому ці елементи установки розмішують таким чином, щоб кулька, відокремившись від електромагніта, впала на контактну пластину приставки. Для зменшення шуму при проведенні демонстрації доцільно в місці імовірного падіння кульки на стіл після стикання з контактною пластиною покласти шматочок поролону. Виконують необхідні електричні з'єднання. Для цього до клем "4 В" під'єднують відповідне джерело електричного струму, а контакти приставки "НЗ", електромагніта та електронного секундоміра з'єднують послідовно.



Мал. 74

Вмикають електромагніт, встановивши перемикач у положення, протилежне до положення "Пуск". До осердя електромагніта підносять сталеву кульку (вона міцно утримується електромагнітом). Переводять перемикач у положення "Пуск", внаслідок чого коло електромагніта розмикається, кулька починає падати й одночасно розпочинається відлік часу падіння кульки. Відлік часу припиняється в момент удару кульки об контактну пластину приставки "НЗ", коли розмикаються контакти секундоміра. Таким чином кілька разів вимірюють час падіння кульки. Вимірявши висоту падіння кульки та знаючи час її падіння, визначають прискорення вільного падіння.



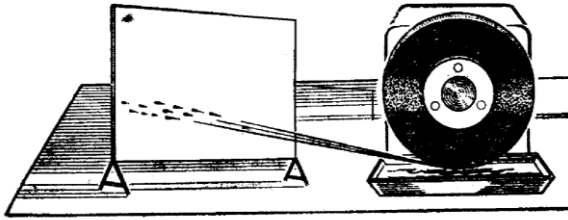
1. Які зміни потрібно внести в установку, щоб підвищити точність дослідження?
2. Чому для утримування сталеві кульки використовується електромагніт?
3. Як запобігти викочування кульки за межі столу після її падіння?

Дослід 7-0 6. Визначення напрямку вектора лінійної швидкості в обертальному русі

Обладнання. Обертовий диск; штатив; кювета з підфарбованою водою; екран, покритий білим пористим папером; освітлювач.

Зміст і послідовність виконання завдання

Двигун з закріпленим на осі диском закріплюють у штативі за допомогою лапки з муфтою так, щоб диск знаходився у вертикальній площині (мал. 75). Після цього муфту з двигуном опускають доти, доки диск злегка доторкнеться поверхні підфарбованої води в кюветі. Поруч із диском розташовують екран, площину якого розміщують під невеликим кутом до площини диска.



Мал. 75

Замикають коло живлення електродвигуна і спостерігають за краплинами води, які відлітають при цьому з диска, що обертається. (Для кращої видимості краплин на них спрямовують пучок світла від освітлювача). Звертають увагу на те, що краплини відриваються від диска й летять по дотичній до нього, тобто, що вектор лінійної швидкості при русі тіла по колу напрямлений по дотичній до нього. Щоб не було надмірного розбризкування води, підбирають помірну швидкість обертання диска.



1. Які зміни потрібно внести в схему установки, щоб уникнути використання освітлювача?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, тему якої визначає викладач.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Чому в досліді на відносність руху використано подвійний шків?
 2. Для введення кого поняття може бути застосований подвійний шків?
 3. Як експериментально можна визначити прискорення вільного падіння?
 4. Яке дидактичне завдання розв'язує дослід з трубкою Ньютона?
 5. На яких явищах можна продемонструвати напрям швидкості при русі тіла по колу?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 8. ОСНОВИ ДИНАМІКИ

Мета роботи. Оволодіти методикою та технікою проведення дослідів із динаміки

Особливості експерименту з теми

Основи динаміки вивчаються в старшій школі. Ряд понять уже відомі учням із курсу фізики основної школи, тому перед вчителем стоїть завдання розширити та поглибити ці поняття, а також сформулювати нові поняття, з якими учні ще не знайомі. Більшість демонстрацій теми носить ілюстративний характер, коли учні лише спостерігають те чи інше явище, але деякі демонстрації передбачають установлення кількісних співвідношень між різними фізичними величинами.

Проведення дослідів із динаміки передбачає наявність достатніх навичок вчителя у проведенні відповідного експерименту. Слід мати на увазі, що для проведення багатьох демонстрацій може використовуватися нескладне обладнання, яке може бути виготовлене учнями чи вчителем. При проведенні дослідів можуть використовуватися джерела струму високої напруги, відтворюватися явища з предметами, які рухаються з великими швидкостями. Тому слід строго дотримуватися правил техніки безпеки.

Підготовка до виконання роботи

- 1.** Ознайомитися за шкільною програмою та підручником з фізики зі змістом та основними поняттями теми "Основи динаміки".
- 2.** Знайти відповіді на запитання:
 1. Які основні поняття використовуються в динаміці?
 2. Що таке маса тіла?
 3. Що таке сила?
 4. Як формулюються закони динаміки Ньютона?
 5. Від чого залежить прискорення тіла, на яке діє сила?
 6. Як формулюється закон всесвітнього тяжіння?
 7. Який зміст має закон Гука?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>Заліковий рівень</i>												
<i>Низький</i>	X		X		X	X	X			X	X	
<i>Середній</i>	X	X		X		X	X	X		X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

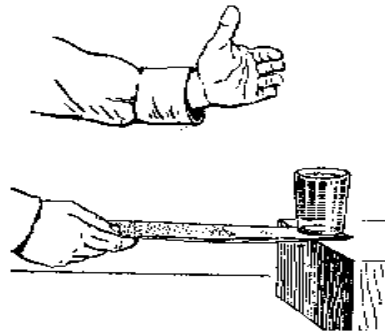
а) інерція спокою

Обладнання. Склянка з водою; смужка цупкого паперу.

Зміст і послідовність виконання завдання

У склянку наливають воду так, щоб вона не досягала верхнього краю на 10...15 мм. Із цупкого паперу вирізають смужку довжиною 25...30 см та шириною 4...5 см. На край стола кладуть одним кінцем паперову смужку, а на нього ставлять склянку з водою. Інший кінець смужки вільно звисає зі столу.

Утримуючи вільний кінець смужки лівою рукою (мал. 76), правою різко вдаряють по її середній частині. Смужка висмикується з-під склянки, а склянка залишається в спокої. При цьому навіть вода із склянки не виливається.



Мал. 76



1. Як зміниться перебіг досліду, якщо замість склянки використати алюмінієву посудину?
2. Чому в описі досліду рекомендується склянку наповнювати водою?

б) рух за інерцією

Обладнання. Штатив; жолоб; сталева кулька; пісок.

Зміст і послідовність виконання завдання

За допомогою штатива на демонстраційному столі похило встановлюють жолоб (під кутом до стола біля 20°) так, щоб кулька скочувалася по ньому з невеликим прискоренням. На стіл насипають шар піску, товщиною біля 1 см.

Кульку розмішують у верхній частині жолоба та відпускають її (мал. 77). Скотившись по жолобу, кулька швидко зупиняється в піску. Зменшують шар піску до 2 – 3 мм. Повторивши дослід, спостерігають, що кулька прокочується далі, ніж у попередньому випадку. Прибирають пісок. Кулька котиться через увесь стіл, не зменшуючи помітно свою швидкість.



Мал. 77



1. З якою метою використовується похилий жолоб? Чому?
2. Яка роль смужки піску в досліді?

Дослід 8-02. Дія першого закону Ньютона

Обладнання. Прилад для демонстрації законів механіки ПДЗМ.

Зміст і послідовність виконання завдання

Монорейку приладу ПДЗМ встановлюють горизонтально. На ній розміщують велику каретку з пружиною та вмикають утримуючий електромагніт.

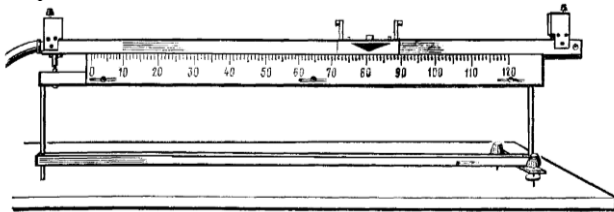
Вимикають живлення електромагніта, і каретка проходить по монорейці невелику відстань. Причиною гальмування є сила тертя. Вмикають повітродувку, значно зменшуючи тим самим тертя. Повторюють дослід і спостерігають за рівномірним рухом каретки вздовж всієї монорейки. Роблять відповідний висновок (у вигляді першого закону Ньютона).

Дослід 8-03. Прояв маси тіла

Обладнання. Прилад для демонстрації законів механіки ПДЗМ; паперова стрічка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установлюють монорейку приладу ПДЗМ горизонтально. Для цього ставлять каретку посередині монорейки (мал. 78) та вмикають повітродувку. Якщо каретка ковзає вправо, то лівий опорний гвинт повертають проти годинникової стрілки; якщо вліво, то за годинниковою стрілкою. Збереження кареткою стану спокою при ввімкненні повітродувки є ознакою горизонтальності монорейки.



Мал. 78

На початку досліду легенько дотикаються каретки вузькою паперовою стрічкою. Каретка виходить при цьому зі стану спокою й рухається в напрямку дії сили. Після припинення дії на каретку швидкість її руху зберігається сталою.

При короткочасній дії на каретку спостерігається незначна, малопомітна зміна швидкості її руху. При тривалій дії спостерігається велика зміна швидкості.

Намагаються зупинити рухому каретку паперовою стрічкою. Каретка відхиляє стрічку, майже не змінюючи швидкості руху. Щоб зупинити каретку, необхідно діяти на неї протягом тривалого часу. (У пропонуваних дослідах оцінка зміни швидкості проводиться "на око". Щоб довести справедливність цих спостережень, проводять вимірювання швидкості руху каретки при скомпенсованих та некомпенсованих діях на неї інших тіл).



1. Чому досліди проводяться з увімкненою повітродувкою?
2. Чому для зміщення каретки застосовують паперову стрічку?

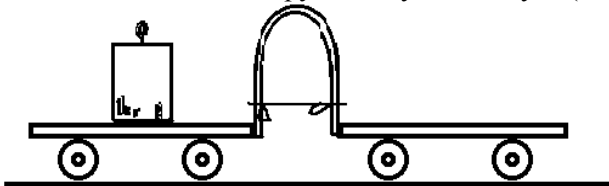
Дослід 8-0 4. Способи порівняння мас тіл

а) дослід з візками

Обладнання. Два легкорухомі візки однакової маси, на одному з яких закріплена пружина; важки; нитка; сірники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Візки розташовують на демонстраційному столі один проти одного і зв'язують ниткою так, щоб пружина була стиснута (мал. 79).



Мал. 79

Перепалюють нитку та спостерігають відкочування візків на однакову відстань від початкового положення. Враховуючи, що в даному випадку відношення прискорень, яких набувають візки під час взаємодії, дорівнює відношенню пройдених ними шляхів, роблять висновок про рівність прискорень візків однакової маси під час їх взаємодії.

На один із візків ставлять важок та повторюють дослід. При цьому спостерігають, що візок більшої маси відкочується на меншу відстань, а отже, набуває і меншого прискорення.



1. Для чого на каретці закріплена пружина?
2. Чому нитку, якою зв'язана пружина, перепалюють, а не перерізають?
3. За якими ознаками порівнюють прискорення візків після взаємодії?

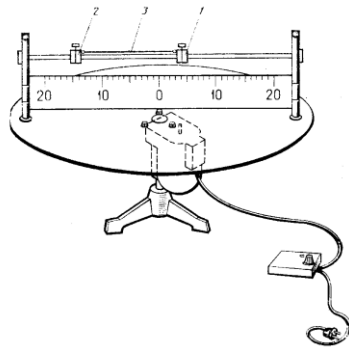
б) дослід із комплектом "Обертання"

Обладнання. Комплект "Обертання"; сталевий важок; алюмінієвий важок; нитка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають комплект "Обертання" (мал. 80), під'єднують його двигун через пульт керування до джерела живлення. Установлюють на стрижні сталевий та алюмінієвий важки на довільній відстані від центра диска й з'єднують їх ниткою довжиною біля 20 см.

Використовуючи пульт керування, приводять диск у обертання. Важки при цьому зміщуються до одного з кінців



Мал. 80

стрижня. Повторюють дослід, розмістивши важки таким чином, щоб відстань від осі обертання диска до центра сталевого важка дорівнювала 0,25 відстані між важками. Під час обертання диска важки залишаються нерухомими відносно його центра. Вимірявши радіуси кіл, по яких обертаються сталевий та алюмінієвий важки, та врахувавши, що частота їх обертання однакова, обчислюють відношення прискорень сталевого та алюмінієвого важків. Порівнюють це відношення із відношенням мас важків (густина важків відома, а їх об'єми рівні) та роблять відповідні висновки.



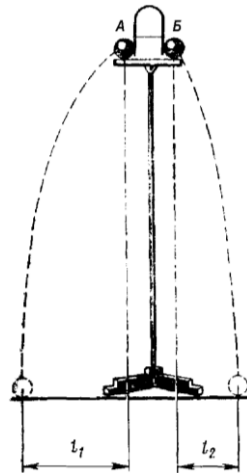
1. Чому у першій частині досліду обидва важки зміщуються до одного з кінців стрижня?
2. Як передбачити, до якого кінця змістяться важки?
3. Як визначити положення важків так, щоб вони при обертанні знаходилися у рівновазі?

в) дослід із кульками

Обладнання. Штатив універсальний; сталеві та пластмасові кульки однакового діаметра; пружна сталеві пластинка; нитка; лінійка; сірники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку (мал. 81), закріпивши на штативі горизонтальну площадку. На ній кладуть сталеву та пластмасову кульки, між якими розміщують зігнуту та зв'язану ниткою пружну пластинку. (Можна скористатися двома пластмасовими кульками для гри в теніс, наповнивши одну з них піском).



Мал. 81

Перепалюють нитку. При цьому пружна пластинка випрямляється й діє на кульки, в результаті чого вони падають на підлогу (чи стіл). Звуки від падіння кульок чути одночасно, що свідчить про однаковість часу їх падіння. Але пройдені кульками відстані в горизонтальному напрямку різні, а отже, різні й швидкості руху їх у горизонтальному напрямі. Порівнявши швидкості руху кульок, роблять висновок про їх маси.



1. Як підвищити точність вимірювання відстані зміщення кульок в горизонтальному напрямі?
2. Яку експериментальну задачу можна скласти на основі цього досліду?

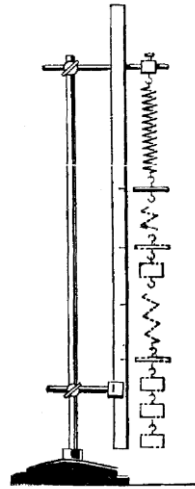
Дослід 8-0 5. Вимірювання сили

Обладнання. Пружина від відерця Архімеда; демонстраційний метр; набір важків масою 100 г; штатив.

Зміст і послідовність виконання завдання

Один кінець спіральної пружини закріплюють у лапці штатива. На цьому ж штативі за допомогою лапки поруч з пружиною встановлюють демонстраційний метр (мал. 82).

На вільний кінець пружини підвішують тягарець масою 100 г та вимірюють видовження пружини. Послідовно збільшують навантаження пружини, підвішуючи додаткові тягарці, щоразу вимірюючи її видовження. За одержаними даними будують графік залежності видовження пружини від навантаження. Знімаючи поступово вантажі, з'ясовують, що пропорційно зменшується і видовження пружини. Після повністю знятого навантаження пружина набуває початкової довжини.



Мал. 82

На основі результатів дослідів роблять висновок, що сила пружності пружно деформованого тіла прямо пропорційна його видовженню.



1. Який вигляд матиме графік, побудований за результатами дослідів?
2. Чи можна застосувати інші способи деформації пружини без важків?
3. Чи можна збільшувати кількість важків більше, ніж запропоновано?

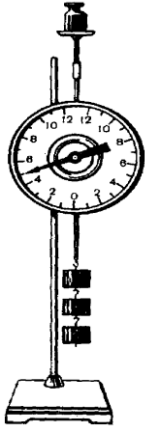
Дослід 8-06. Додавання сил

Обладнання. Два демонстраційні динамометри; два штативи універсальні; набір демонстраційних важків масою по 100 г; гиря масою 500 грамів; нерухомий блок.

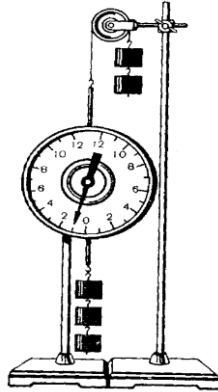
Зміст і послідовність виконання завдання

1. Демонстраційний динамометр закріплюють у штативі і, підвішуючи до нього важки з демонстраційного набору важків, показують, що рівнодійна сил, що діють по одній прямій в один бік, дорівнює їх сумі (мал. 83).
2. Збирають установку, зображену на малюнку 84 і, змінюючи довільно сили, що діють на динамометр, демонструють, що рівнодійна сил, що діють по одній прямій у протилежні боки, дорівнює їх алгебраїчній сумі.
3. Збирають установку, зображену на малюнку 85. Вставивши гачок від демонстраційного важка в одну з петель, зроблених на нитці, яка з'єднує динамометри, повертають динамометри таким чином, щоб їх стержні співпали з напрямком ниток. Вимірявши кут, утворений нитками, креслять на класній дошці вектори діючих сил та силу, що їх зрівноважує.

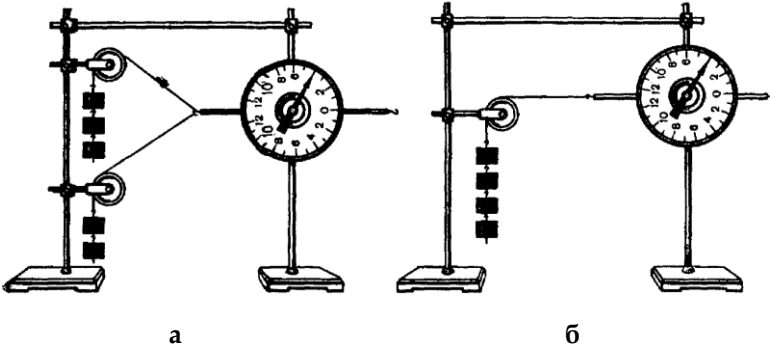
Накресливши рівнодійну сил F_1 та F_2 (рівну за модулем, але протилежну за напрямком силі F), з'єднують кінці векторів усіх трьох сил. Одержана фігура – паралелограм. Аналізуючи пророблене, роблять висновок: сила – величина векторна, а діючі на тіло сили додаються геометрично (за правилом додавання векторів).



Мал. 83



Мал. 84



Мал. 85



1. Чому в дослідах з додавання сил використовуються важки?
2. Чи можна замінити важки пружинами?
3. Які вдосконалення в дослідах Ви могли б запропонувати?

Дослід 8-07. Другий закон Ньютона

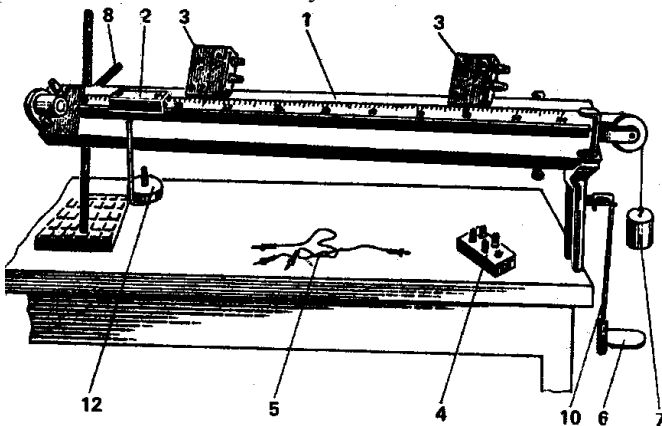
а) дослід з комплектом КПМ-1

Обладнання. Комплект з механіки для практикуму КПМ-1.

Зміст і послідовність виконання завдання

До складу комплекту входять: 1 – монорейка; 2 – візок; 3 – контактні датчики НЗ та НР; 4 – пульт; 5 – з'єднувальні провідники; 6 – площадка; 7 – важок; 8 – стрижень для кріплення монорейки до штатива; 9 – штатив; 10 – стержень; 11 – навантаження візка; електронний секундомір.

Використовуючи штатив, встановлюють монорейку, на якій кріплять контакти НЗ та НР, розміщують на ній візок, нитку від якого перекидають через блок. Кут нахилу монорейки підбирають таким, щоб візок (без важків) рухався по ній без прискорення (мал. 86). Виконують електричні з'єднання. При натисканні кнопки пульта відмикається електромагніт, внаслідок чого візок повинен приходити в рух. При проходженні візка повз контакт НР (який стоїть першим на шляху візка), його контакти замикаються й секундомір починає відлік часу руху візка. При проходженні візка повз контакт НЗ, його контакти розмикаються і відлік часу припиняється. Таким чином, секундомір вимірює час проходження візком шляху між контактами НР та НЗ.



Мал. 86

Змінюючи масу візка (встановлюючи на нього додаткові важки), з'ясовують залежність прискорення тіла від його маси. Змінюючи силу, що діє на візок (змінюючи масу важка на столику 7), встановлюють залежність прискорення від значення діючої сили.



1. Як компенсується дія сили тертя в досліді?
2. Як вимірюється час руху візка?
3. Які зміни в установку вносять перед дослідженням залежності прискорення від маси?
4. Як досліджується залежність прискорення від сили?

б) дослід з комплектом "Обертання"

Обладнання. Комплект "Обертання"; частотомір.

Зміст і послідовність виконання завдання

Зібрати установку (мал. 80), під'єднавши пульт керування частотою обертання диска та частотомір. На горизонтальному стрижні установки розмістити сталевий та алюмінієвий циліндри. За допомогою нитки, перекинутої через блок, під'єднати до динамометра сталевий важок.

Привести диск у рух і зафіксувати частоту обертання, при якій покази динамометра дорівнюватимуть 2 поділкам. Замість сталевого важка прикріпити алюмінієвий та визначити частоту обертання, при якій будуть ті ж покази динамометра. Знаючи частоту обертання, обчислити прискорення тіл та зробити висновок про залежність прискорення тіла від його маси (при сталій силі, що діє на тіло). Встановити два довільні значення частоти обертання диска та визначити, яка сила діятиме на один і той же важок у кожному випадку. Обчислити прискорення важка для кожної із встановлених частот обертання та зробити висновок про залежність прискорення тіла від сили, що діє на нього (при сталій масі тіла). Узагальнити отримані висновки.



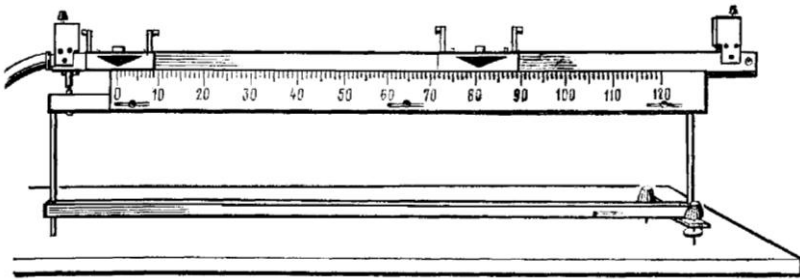
1. З якою метою в дослідах вимірюється частота обертання диска?
2. Чим і як вимірюється сила, яка діє на важок?
3. Яку залежність між частотою обертання і прискоренням використовують при обробці результатів досліду?

в) дослід з приладом ПДЗМ

Обладнання. Прилад для демонстрації законів механіки ПДЗМ.

Зміст і послідовність виконання завдання

Монорейку приладу ПДЗМ (мал. 87) встановлюють під кутом 1° до горизонту. На неї ставлять малу каретку, маса якої 50 г. При цьому скочуюча сила дорівнює 0,25 Н. Знімають з каретки пружину, вмикають електромагніт.



Мал. 87

Вмикають повітродувку. Вимикають електромагніт, і каретка під дією сили 0,25 Н починає рухатися рівноприскорено. Секундоміром вимірюють час руху каретки до кінця трека. За показами секундоміра при відомій відстані обчислюють прискорення за формулою $a = 2s/t^2$. Дослід повторюють із більшою кареткою (її маса 100 г) знову обчислюють прискорення. Порівнюючи результати, приходять до висновку, що при сталій силі прискорення обернено пропорційне масі.

Збільшують кут нахилу монорейки до 3° , при якому скочуюча сила дорівнює $0,5 \text{ Н}$. Запускають каретку, обчислюють прискорення та приходять до висновку, що при сталій масі прискорення прямо пропорційне силі. Об'єднують висновки із дослідів і порівнюють з формулюванням другого закону Ньютона.



1. З якою метою рейку ПДЗМ встановлюють під кутом до горизонту?
2. Як досліджується залежність прискорення від сили?
3. Як установлюється залежність прискорення від маси?

Дослід 8-08. Третій закон Ньютона

а) дослід із динамометрами

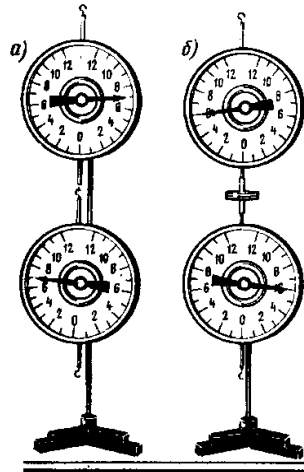
Обладнання. Два демонстраційні динамометри; штатив універсальний.

Зміст і послідовність виконання завдання

Закріпити динамометри на штативі так, щоб їх гачки були зчепленими між собою (мал. 88). Шкали динамометрів виставити таким чином, щоб стрілки стали на нульові позначки.

Послабити кріплення верхнього (нижнього) динамометра та відвести його вгору (вниз) на певну відстань. Порівняти покази динамометрів.

Установити на динамометрах упори, розташувати динамометри так, щоб упори ледь дотикалися один одного, шкали виставити на "0". Наблизити



Мал. 88

динамометри один до одного. Порівняти їх покази та зробити відповідний висновок: динамометри діють один на одного із силами, рівними за модулем та протилежно напрямленими (стрілки динамометрів повертаються в протилежні боки).



1. Яке походження сил, співвідношення між якими встановлюється в досліді?
2. Яку фізичну величину вимірює динамометр в досліді?

Дослід 8-09. Демонстрація зміни ваги тіла при прискореному вертикальному русі

Обладнання. Демонстраційний динамометр; важки; мідний дріт.

Зміст і послідовність виконання завдання

Підвісити важок на гачку динамометра та закріпити його за допомогою тонкого дроту чи нитки (щоб уникнути спадання важка з гачка під час різкого опускання його вниз). За показами динамометра визначити вагу тягарця.

Розташувати зібрану установку вертикально й різко опустити вниз. Покази динамометра при цьому зменшуються, що свідчить про зменшення ваги тягарця. При різкому підніманні вгору покази динамометра збільшуються, що свідчить про збільшення ваги тягарця.



1. Яка сила надає прискорення набірному важку?
2. Чому в першому випадку паперова смужка рветься?

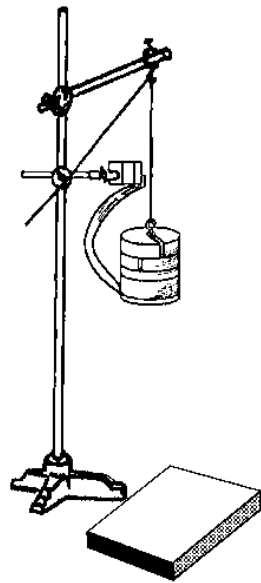
Дослід 8-10. Невагомість

Обладнання. Набірна гиря масою 1 кг; штатив універсальний; шнур; стрічка паперу; поролон.

Зміст і послідовність виконання завдання

Підвішують набірну гирю на шнурі так, щоб її можна було легко опускати вниз та піднімати вгору (мал. 89). Між важками набірної гири затискають кінець паперової стрічки, а інший її кінець фіксують за допомогою лапки штатива.

Притримуючи рукою шнур, повільно опускають гирю. Стрічка паперу при цьому розривається. Замінюють стрічку іншою, такою ж як і попередня. Шнур відпускають і гиря вільно падає. Стрічка паперу залишається цілою.



Мал. 89



1. Яке призначення шматка поролону в досліді?
2. Оцініть можливість підвищення ефективності демонстрації шляхом використання фото- чи відеокамери.
3. Знайдіть у літературі (або сконструюйте) інші варіанти демонстрації явища невагомості.

Дослід 8-11. Дія закону Гука

а) дослід із пружиною

Обладнання. Штатив універсальний; лапка; пружина; лінійка; набір тягарців масою 100 г.

Зміст і послідовність виконання завдання

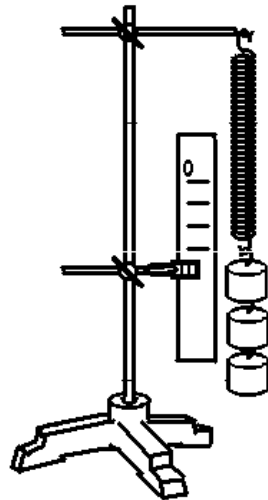
У лапці штатива закріплюють спіральну пружину. Поруч установлюють вертикально лінійку (мал. 90). До кінця пружини прикріплюють паперову стрілку.

На початку досліду фіксують початкову довжину пружини, відмітивши положення стрілки на шкалі. Потім підвішують до нижнього її кінця важок масою 100 г і відмічають видовження пружини. При цьому з'ясовують, що абсолютне видовження пружини пропорційне прикладеній до неї силі. Знімають вантаж та з'ясовують, що довжина пружини не змінилася, що пояснюється її пружністю.

Продовжують дослід, збільшуючи поступово кількість підвішених важків. При цьому виявляється, що, починаючи з деякого навантаження (сили, що діє на пружину), видовження пружини вже не буде прямо пропорційним прикладеній до неї силі. Роблять висновок, що лінійна залежність між абсолютною деформацією та прикладеною силою справедлива лише для пружних деформацій. Формулюють та записують закон Гука.



1. Чи може бути проведений цей дослід без застосування важків? Чому?
2. Як забезпечити максимальну в даних умовах точність відліку видовження пружини?



Мал. 90

б) дослід із гумовим шнуром

Обладнання. Гумовий шнур сталого поперечного перерізу; набір важків масою 100 г; лінійка; штатив універсальний; лапка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Заготовляють 4 гумові шнури довжиною l , $2l$, $3l$, $4l$. Шнур довжиною $4l$ складають удвоє. Кінці всіх 4 шнурів прикріплюють до однакових гачків (за один гачок шнур кріпиться в штативі, а до іншого підвішуються важки).

Закріплюють перший шнур у штативі та підвішують до нього тягарці. При цьому з'ясовується, що $\Delta l \sim F$. Закріпивши поруч шнур довжиною $2l$, виявляють, що його абсолютне видовження при однакових деформуючих силах у два рази більше, ніж у першого шнура. Закріпивши поруч шнур довжиною $3l$, виявляють, що його абсолютне видовження за тих же умов у три рази більше. Отже, при сталій силі $\Delta l \sim l$. Підвісивши поруч шнур довжиною $2l$, який має у два рази більшу площу поперечного перерізу (шнур складено вдвічі), бачать, що його видовження в два рази менше, ніж у шнура тієї ж довжини, але не складеного вдвічі. Отже, при сталій силі та довжині шнура видовження обернено пропорційне площі поперечного перерізу, тобто $\Delta l \sim 1/S$. Узагальнюють результати дослідів та записують: $\Delta l = lF/kS$.



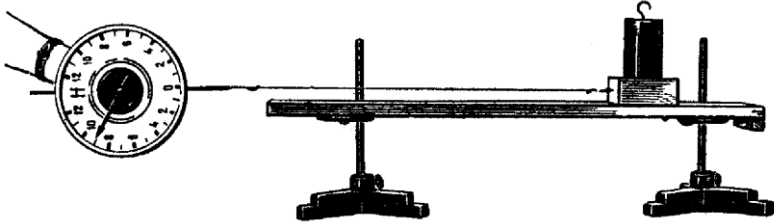
1. Які дидактичні переваги цього дослідів над попереднім?
2. З якою метою гумовий шнур складають декілька разів?

Дослід 8-1 2. Дія сил тертя спокою та ковзання

Обладнання. Два штативи; демонстраційний динамометр; гиря; трибометр; нитка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку (мал. 91), закріпивши дошку горизонтально. На дошку ставлять брусок та прив'язують до нього один кінець нитки, а інший кінець – до гачка динамометра.



Мал. 91

Обережно та повільно збільшують силу натягу нитки. Брусок при цьому деякий час не рухається. Отже, на нього діють інші сили, які зрівноважують прикладену зовнішню силу. Збільшуючи прикладену до бруска силу, помічають, що при певному значенні цієї сили брусок починає рухатись і покази динамометра зменшуються. Таким чином, сила тертя спокою більша від сили тертя ковзання.

Демонструють незалежність сили тертя ковзання від площі поверхонь, які дотикаються. Для цього брусок ставлять спочатку на бічну поверхню з меншою площею, а потім – на грань з більшою площею, не змінюючи масу важка. Якщо ж на брусок, який лежить на більшій грані, ставлять додатковий вантаж, то спостерігають збільшення сили тертя ковзання. Нарешті, коли брусок ставлять на дошку шорсткою гранню, то виявляють, що сила тертя ковзання збільшується. Отже, сила тертя ковзання залежить від матеріалу поверхонь, які труться.



1. На основі якого закону динаміки можна пояснити необхідність рівномірного руху бруска?
2. Чому переважна більшість дослідів на вимірювання сили тертя проводяться на горизонтальних площинах?
3. Запропонуйте інші варіанти демонстрації дії сил тертя спокою і ковзання.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним заліковим рівнем.
 1. Чи можна знаходити рівнодійну сил, з якими взаємодіють два тіла?
 2. Зобразити сили, що діють на тіло при його прискореному підніманні та опусканні.
 3. Навести приклади стану невагомості.
 4. Для яких деформацій справджується закон Гука?
 5. З'ясуйте дидактичні можливості кожного з описаних варіантів демонстрацій.
 6. Як за допомогою динамометра визначити сили тертя спокою та ковзання?
 7. Чому сили тертя спокою більші за сили тертя ковзання?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 9. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Мета роботи: Оволодіти методикою та технікою проведення дослідів із теми "Закони збереження в механіці".

Особливості експерименту з теми

Закони збереження імпульсу та енергії в програмі середньої школи займають одне з провідних положень. Навчальний експеримент при вивченні цієї частини програми виконує як роль джерела знань, так і виступає критерієм справедливості теоретичних викладок. На основі експерименту не тільки вводяться основні фізичні величини – робота, енергія, імпульс, але й підтверджуються закони збереження імпульсу та механічної енергії. Для досягнення основних завдань вивчення розділу бажане встановлення кількісних співвідношень між фізичними величинами, які визначають основні поняття й закони. Серед них – сила, переміщення, імпульс. Проте відомі учням методи вимірювання сили за допомогою динамометра не можуть бути застосовані в кожному випадку, оскільки час взаємодії, як правило, настільки малий, що неможливо відчитати покази приладів. Відсутні також зручні й компактні прилади для прямого вимірювання швидкості. Усі ці обставини вимагають використання непрямих вимірювань швидкості через вимірювання переміщень та сили – через прискорення. З огляду на це більшість дослідів проводяться на якісній основі, без встановлення кількісних.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за шкільною програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Закони збереження в механіці".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які основні поняття використовуються в темі "Закони збереження в механіці"?
 2. Що таке імпульс тіла? Які одиниці його вимірювання?
 3. У чому полягає закон збереження імпульсу?

4. Що таке кінетична енергія тіла?
 5. Записати теорему про кінетичну енергію.
 6. Що таке потенціальна енергія?
 7. Записати теорему про потенціальну енергію.
 8. Сформулювати закон збереження механічної енергії.
3. Обрати заліковий рівень, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>Заліковий рівень</i>									
<i>Низький</i>		X	X		X			X	
<i>Середній</i>	X	X	X	X	X	X			
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 9-01. Закон збереження імпульсу (I)

Обладнання. Два легкорухомі візки, на одному з яких закріплена пружина; пластилін.

Зміст і послідовність виконання завдання

До одного з візків (мал. 92) прикріплюють кульку м'якого пластиліну. Приводять візки в зустрічний рух з однаковою швидкістю відносно стола. Після зіткнення візки зупиняються.

Один візок залишають нерухомим, а інший спрямовують на нього з певною швидкістю. Після зіткнення візки рухаються разом (удар був непружним), а швидкість цієї системи приблизно вдвічі менша за початкову швидкість візка, який рухався.



Мал. 92

Дослід повторюють, використовуючи замість кульки з пластиліну пружину. У цьому випадку після взаємодії візок, що рухався, зупиняється, а інший набуває швидкості, що дорівнює початковій швидкості першого візка.



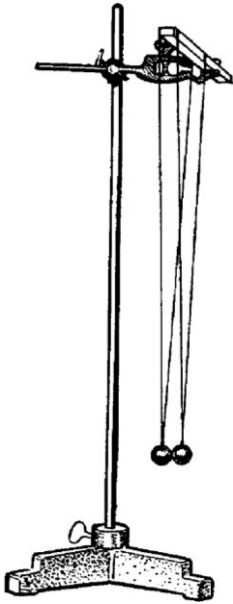
1. Яка роль кульки з пластиліну в досліді?
2. Який вид удару демонструє дослід?
3. Який висновок можна зробити з дослідів про особливості непружного удару?
4. Яким буде удар візків, якщо на одному з них закріплена пружина?

Дослід 9-02. Закон збереження імпульсу (II)

Обладнання. Дві металеві кульки з гачками; дві пластилінові кульки; дві дерев'яні планки; штатив з лапкою і муфтою; нитки; невеликі цвяхи.

Зміст і послідовність виконання завдання

У бічні грані дерев'яних планок, ширина яких дорівнює діаметру кульок, забивають по два цвяхи, до яких прикріплюють біфілярний підвіс кульок. Підвішені кульки у рівноважному стані повинні дотикатися одна до одної (мал. 93).



Мал. 93

Одну з кульок відхиляють на деякий кут і відпускають. Спостерігають, що при зіткненні рухомої кульки з нерухомою вона зупиняється, а нерухома починає рухатись, відхиляючись на такий самий кут. Повертаючись назад, рухома кулька знову вдаряє нерухому й зупиняється, а нерухома починає рухатися з швидкістю, яку мала рухома в момент зіткнення, і відхиляється знову майже на той самий кут. Після двох-трьох зіткнень рух кульок треба припинити, а потім, у разі необхідності, повторити знову.

Взявши кульки руками, розводять їх так, щоб кути відхилення їх підвісів від вертикалі були однаковими, і відпускають. Зіткнувшись, кульки майже з незмінними швидкостями знову розходяться в протилежні сторони і піднімаються на однакову висоту. Врахувавши напрями й значення швидкостей кульок до

взаємодії й після взаємодії кульок, роблять висновок.

Такі самі досліди проводять з пластиліновими кульками. Але результати дослідів будуть іншими: у першому випадку після взаємодії обидві кульки рухатимуться в напрямі руху вдаряючої кульки, але зі швидкістю, у два рази меншою; в іншому випадку – кульки після зіткнення зупиняться. Аналіз досліду, показує, що й у цих випадках закон збереження імпульсу справджується.



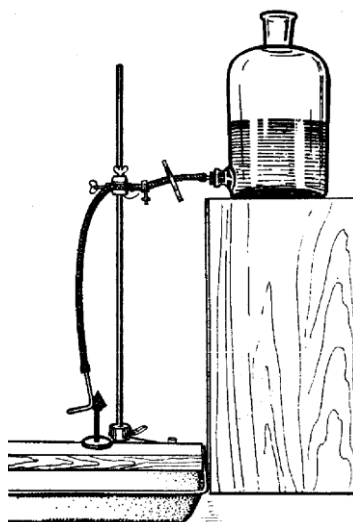
1. З якою метою для підвішування кульок застосовують біфілярний підвіс?
2. Як зміняться результати досліду з пластиліновими кульками після їх охолодження в холодильнику?

Дослід 9-0 32. Реактивний рух

Обладнання. Г-подібна скляна трубка з відтягнутим кінцем; гнучка гумова трубка завдовжки 40...50 см; скляна банка з тубусом; штатив з лапкою і муфтою; вода; велика кювета; ящик-підставка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Щоб продемонструвати реакцію витікаючого струменя повітря чи води, виготовляють реактивне сопло із скляної тонкої (6...8 мм завтовшки) трубки. Для цього її згинають у вигляді букви Г і відтягують один її кінець на 1,5...2 мм у полум'ї пальника. На широкий кінець трубки натягують гумову трубку (мал. 94). Спочатку демонструють реакцію струменя повітря. Тримавши сопло за вільний кінець гумової трубки, яка повинна звисати, продувають насосом повітря, спостерігаючи відхилення скляної трубки в бік, протилежний напрямку витікання повітря з її відтягнутого



Мал. 94

кінця. Потім вільний кінець гумової трубки з'єднують з тубусом банки й затискають цей кінець у лапці штатива. У банку заливають воду, а під відтягнутий кінець скляної трубки підставляють велику кювету. Якщо кран (затискач) біля тубуса банки відкрити, то вода почне витікати з сопла, яке відхилиться в напрямі, протилежному напрямку витікання води. З дослідів роблять висновок про те, що при відокремленні частини речовини тіла виникає сила, яка зумовлює зміну його швидкості.



1. З якою метою дослід проводиться у двох варіантах: з повітрям і з водою?
2. Чому при тривалому витіканні води кут відхилення трубки буде зменшуватися.?
3. Запропонуйте зміст домашнього експериментального завдання для учнів.

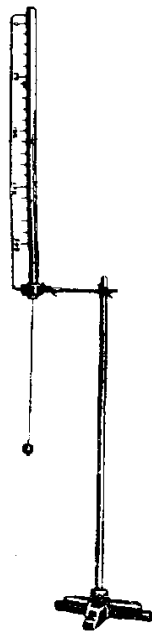
**Дослід 9-04. Демонстрація зміни енергії тіла
при виконанні роботи**

Обладнання. Динамометр пружинний; важок; лінійка; штатив універсальний.

Зміст і послідовність виконання завдання

На штативі за допомогою лапки закріплюють у вертикальному положенні динамометр. До гачка динамометра прикріплюють важок (мал. 95).

Важок піднімають рукою до рівня, коли покази динамометра дорівнюватимуть нулю, а потім різко відпускають його. Під дією сили тяжіння важок опускається, розтягуючи пружину динамометра. Фіксують максимальне видовження пружини, тобто крайнє нижнє положення важка, де він на мить зупиняється. За допомогою лінійки вимірюють видовження пружини та шлях, пройдений важком у процесі падіння. Обчислюють зміну потенціальної енергії важка та роботу сили пружності пружини. Показують, що ці величини рівні. (Силу пружності за умови певного розтягу пружини визначають за показами динамометра).



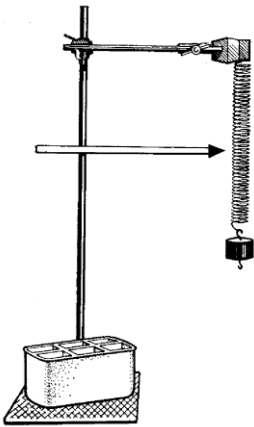
Мал. 95



1. Як зафіксувати положення важка при максимальному розтягу пружини?
2. За рахунок якої енергії важка розтягується пружина після його падіння?

Дослід 9-0 5. Перетворення механічної енергії

Обладнання. Циліндрична пружина; важок; штатив з лапкою і муфтою; стрілка-показчик.



Мал. 96

Зміст і послідовність виконання завдання

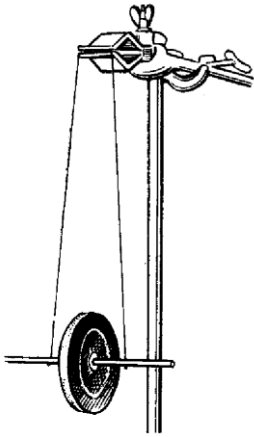
До нижнього кінця пружини підвішують важок (мал. 96). Відтягнувши важок вниз, відпускають його і спостерігають коливання, які виникають під дією сили пружності пружини й сили тяжіння. Послідовно розглядаючи сили, які діють на важок і характер його руху в різних точках траєкторії, роблять висновок про перехід потенціальної енергії розтягнутої (стиснутої) пружини в кінетичну (потенціальну) енергію важка.

Дослід 9-06. Маятник Максвелла

Обладнання. Маятник Максвелла; штатив з лапкою і муфтою.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дослід з маятником Максвелла (мал. 97) завжди викликає зацікавлення учнів, і хоча в школі детально розглянути причини



Мал. 97

саме такого руху маятника неможливо через відсутність в учнів знань про момент інерції, однак його дію доцільно показати. Зауважимо, що маятник працює краще, якщо відстань між точками підвісу його до штатива трохи більша або менша за відстань між точками кріплення ниток підвісу до осі.

Закручують маховик маятника так, щоб нитки рівномірно намоталися на його вісь, а маятник піднявся у верхнє положення.

Відпускають маятник і спостерігають за його рухом.



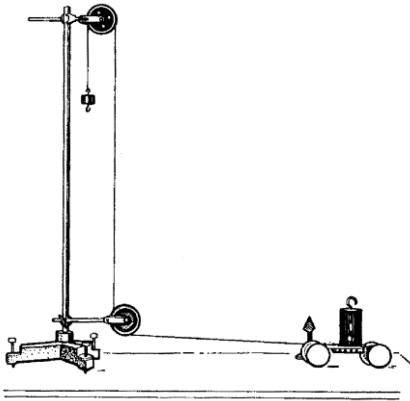
1. Чому потрібно слідкувати, щоб нитки, на яких знаходиться маятник, не були паралельними?
2. Перетворення енергії яких рухів відбувається в маятнику Максвелла?
3. Чому прискорення поступального руху маятника вниз менше за прискорення вільного падіння?

Дослід 9-07. Виконання роботи при перетворенні механічної енергії

Обладнання. Легкорухомий візок; два блоки на стрижнях; гиря 0,5... 2 кг; набір важків з гачками; штатив з двома муфтами; нитки.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дослід ілюструє роботи при переході потенціальної енергії важка в кінетичну (мал. 98). Відтягуючи візок від штатива,



Мал. 98

підіймають важок, підвішений до кінців нитки, перекинutoї через блок. Унаслідок цього його потенціальна енергія зростає. Якщо відпустити візок, то внаслідок опускання важка візок почне рухатися у зворотньому напрямі, набуваючи певної швидкості.



1. Чи однакові кінетичні енергії важка та візка наприкінці досліду?
2. З якою метою в досліді використовується система блоків, закріплених в штативі?
3. Чи змінилася потенціальна енергія візка наприкінці досліду?

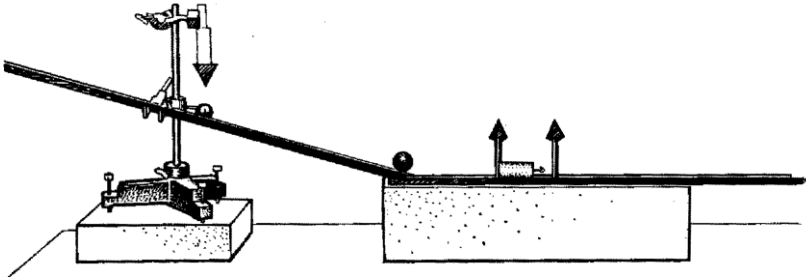
Дослід 9-09. Виконання роботи за рахунок кінетичної енергії

Обладнання. Розбірний жолоб Галілея; дві металеві кульки різних мас; дерев'яний брусок або металевий циліндр для дослідів з калориметрії; штатив з лапкою і муфтою; стрілки-показчики.

Зміст і послідовність виконання завдання

За допомогою цього досліді демонструють, що за рахунок зміни кінетичної енергії рухомого тіла (кульки) виконується робота з переміщення іншого тіла (бруска, циліндра). Одну частину

розбірного жолоба Галілея за допомогою штатива встановлюють похило, а другу, що є продовженням першої, – горизонтально (мал. 99). На горизонтальний жолоб кладуть невеликий дерев'яний брусок ребром у заглибину жолоба або невеликий металевий циліндр.



Мал. 99

Положення циліндра позначають стрілкою-показчиком. Меншу металеву кульку встановлюють на похилому жолобі, позначивши її початкове положення стрілкою або крейдою на жолобі.

Відпускають кульку скочуватись по жолобу. Ударяючись об брусок (циліндр), кулька переміщує його на деяку відстань, а сама зупиняється. Проводячи дослід, пояснюють учням процес перетворення енергії кульки при її скочуванні та взаємодії з циліндром.

Збільшивши (або зменшивши) початкову висоту пуску кульки, помічають, що збільшилося (зменшилося) переміщення бруска. Роблять висновок про залежність кінетичної енергії кульки від швидкості, а також звертають увагу на різну роботу, яку виконує кулька.

Дослід повторюють з кулькою більшої маси й встановлюють зв'язок кінетичної енергії кульки з її масою (якісно). Об'єднавши висновки з обох дослідів, констатують, що кінетична енергія тіла залежить від його швидкості й маси, і що тіло, яке має більшу енергію, може виконати більшу роботу.



1. Чи можна вважати рух кульки поступальним?
2. Чому при виборі бруска чи циліндра потрібно враховувати їх пружність?
3. Чому бажано, щоб кулька була металевою?
4. Чи зміниться швидкість поступального руху кульки, якщо вона буде ковзати похилою площиною без тертя?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання згідно з обраним заліковим рівнем.
 1. Які межі застосування закону збереження імпульсу?
 2. Від чого залежить імпульс тіла?
 3. Чи можуть тіла різної маси мати однаковий імпульс?
 4. Яка особливість роботи сили тертя?
 5. Записати формули потенціальної енергії пружно деформованого тіла та тіла, піднятого на певну висоту.
 6. Які межі застосування закону збереження механічної енергії?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 10. МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ Й ХВИЛІ

Мета роботи. З'ясувати особливості демонстрацій та оволодіти методикою і технікою демонстраційного експерименту з теми.

Особливості експерименту з теми

Вивчення теми пов'язане з широким використанням математичного апарату. Математичний опис коливального руху є не надто складним для учнів, але надмірні акценти на математичних співвідношеннях можуть призвести до нерозуміння фізичної суті явищ. Саме добре підібраний і виразний демонстраційний експеримент може запобігти виникненню цієї проблеми.

Демонстрація механічних коливань не викликає забруднень, якщо для демонстрації коливань математичного маятника застосовувати біфілярний підвіс, який забезпечує коливання маятника в одній площині. Складнішими є демонстрації хвильових процесів, оскільки важко досягти належної видимості. Саме на них і потрібно звернути увагу. Як правило для цього застосовують або моделювання процесів, або тіньову проекцію з використанням водяної хвильової ванни. При цьому виникає потреба пояснити учням природу утворення на екрані світлих і темних смуг. Відсутність глибоких знань з оптики, утруднює учням розуміння цих явищ. Найбільш зрозумілим буде для учнів пояснення на основі їх знань про дію вгнутих і опуклих лінз, які відповідно розсіюють чи збирають світлові пучки. Найменше дидактичних проблем виникає при застосуванні телевізійної камери для проекції на екран зображення хвилі на воді.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Механічні коливання".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Що таке коливальна система?

2. Які основні характеристики коливального руху?
3. Які умови виникнення вільних коливань?
4. Як можна отримати незатухаючі коливання в системі?
5. Які умови резонансу?
6. Що таке хвиля?
7. Які види хвиль?
8. У чому полягає принцип Гюйгенса?
9. За яких умов можлива інтерференція хвиль?

3. Обрати заліковий рівень, згідно графіка відібрати досліди і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>Заліковий рівень</i>											
<i>Низький</i>	X								X		X
<i>Середній</i>		X	X	X			X			X	
<i>Високий</i>		X	X	X	X	X	X	X		X	

4. Відмітити особливості техніки проведення досліду.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

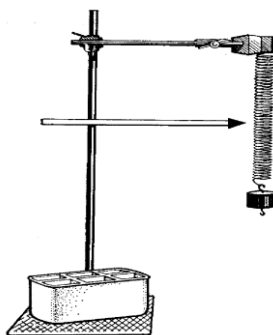
Дослід 10-01. Вільні механічні коливання

Обладнання. Штатив з лапкою; металева кулька масою 20...30 г з отвором; міцна тонка нитка довжиною близько 1 м; пружини різної жорсткості; набір важків масою по 100 г.

Зміст і послідовність виконання завдання

Металеву кульку підвішують до штатива на нитці довжиною близько одного метра. Пояснюють, що кулька, підвішена на нитці, та Земля утворюють коливальну систему. Якщо кульку відвести вбік і відпустити, в системі виникнуть вільні коливання. За допомогою малюнка з'ясовують усі особливості перебігу вільних коливань.

Вільні коливання можна отримати, підвісивши важок до штатива на пружині (мал. 100). Вивівши важок з положення рівноваги, піднявши його вгору, або відтягнувши вниз, відпускають його і спостерігають вільні коливання. Учням пропонують самостійно з'ясувати елементи цієї коливальної системи та пояснити, як в ній виникає коливальний процес.



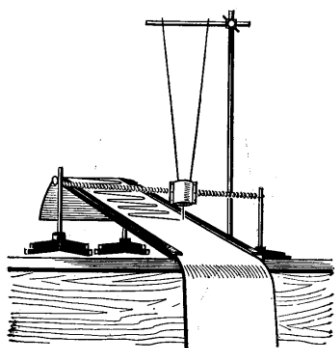
Мал. 100

Дослід 10-02. Запис коливального руху

Обладнання. Штатив з лапкою; важок масою 1 кг; міцна нитка довжиною 2 метри; паперова стрічка шириною 15 ... 20 см; маркер; клейка стрічка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку так, як показано на мал. 101. Пояснюють учням, що подвійний (біфілярний) підвіс забезпечує сталість площини коливання маятника. До важка за допомогою клейкої стрічки прикріплюють маркер. Бажано, щоб маркер був не новий, але добре заправлений фарбою. Відводять важок від положення рівноваги на 5...7 см і одночасно з пуском маятника починають рівномірно протягувати паперову стрічку. На стрічці утворюється чіткий слід – осцилограма коливань маятника.



Мал. 101



1. Для чого в досліді застосовується біфілярний підвіс?
2. Чому стрічку паперу потрібно протягувати рівномірно?

Дослід 10-03. Залежність періоду коливань пружинного маятника від жорсткості пружини та маси вантажу

Обладнання. Кілька важків різної маси; кілька пружин з різними пружними властивостями; штатив; екран фону; секундомір.

Зміст і послідовність виконання завдання

До лапки штатива підвішують пружину з прикріпленим важком. За допомогою секундоміра визначають період коливання цього пружинного маятника. Далі збільшують масу маятника в 4 рази й знову визначають період його коливання. Порівнявши два результати, показують, що $T \sim \sqrt{m}$.

Не змінюючи маси маятника, підвішують його до пружин з різними пружними властивостями й пересвідчуються, що період коливання маятника залежить від пружних властивостей пружин.



1. Як зміниться період коливань маятника при збільшенні маси вантажу у 4 рази?
2. Як показати учням, що жорсткості пружин різні?
3. Спроектуйте зміну в дослідній установці для дослідження впливу сил опору на затухання коливань?

Дослід 10-04. Залежність періоду коливань вантажу на нитці від її довжини

Обладнання. Штатив з лапкою; дві металеві кульки з отворами і відповідно масами 10 г та 40 г; дві міцні тонкі нитки довжиною по 1 м; секундомір.

Зміст і послідовність виконання завдання

У муфті штатива закріплюють горизонтальний стрижень і на ньому підвішують на відстані 10 см один від одного важки на біфілярних підвісах однакової довжини. Відхиляють важки від положення рівноваги так, щоб кути відхилення ниток були однаковими, і відпускають. Фіксують секундоміром час 10 коливань. Звертають увагу учнів, що важки коливаються синхронно. Це свідчить про те, що період коливань нитяного маятника від маси не залежить.

Довжину одного з підвісів збільшують. Відвівши маятники на однаковий кут від положення рівноваги й одночасно відпустивши їх, помічають, що тепер вони коливаються не синхронно. Визначають час 10 коливань довшого маятника і переконуються, що період коливань став більшим. Отже, період коливань маятника залежить від довжини підвісу. Порівнявши періоди коливань і довжини підвісу двох маятників, отримують залежність $T \sim \sqrt{l}$.



1. Чому маятники потрібно підвішувати на біфілярному підвісі?
2. Як повинні коливатися маятники відносно класної дошки, щоб учні могли спостерігати синхронність коливань?

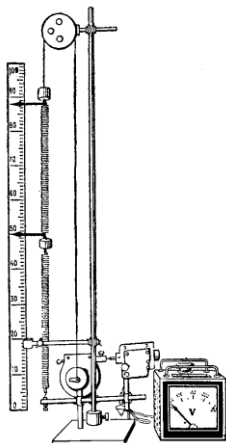
Дослід 10-05. Вимушені коливання і резонанс

Обладнання. Дві спіральні пружини; два тягарці масами по 100 г; нейлоновий шнур; штатив з двома муфтами та лапками; метрова лінійка; ексцентрик; електродвигун з регульованою швидкістю обертання ротора, регулятор напруги типу РНШ.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку, показану на мал. 102. Верхній тягарець може здійснювати лише вимушені коливання. Другий тягарець, закріплений між пружинами, може здійснювати як вимушені, так і вільні коливання. Тягарці за допомогою еластичного нейлонового шнура з'єднують з ексцентриком, який приводиться в рух електродвигуном.

Якщо ввімкнути електродвигун, на тягарці почне діяти періодична сила. Верхній тягарець здійснюватиме вимушені коливання, а нижній від першого поштовху почне коливатися 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.



Мал. 102

Якщо поступово змінювати частоту змушуючої сили (зручніше починати з більшої й поступово зменшувати її), спостерігатиметься зміна амплітуди коливань нижнього тягарця. При певній частоті вона стане максимальною. Спостережуване явище – резонанс настає – внаслідок співпадіння частоти змушуючої сили з власною частотою коливальної системи.



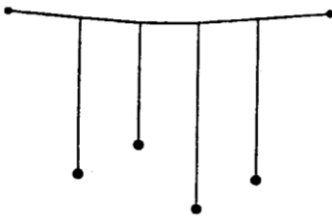
1. Чому частота вимушених коливань нижнього важка встановлюється не відразу?
2. Чому в досліді потрібно використовувати двигун з регульованою частотою обертання?

Дослід 10-06. Резонанс маятників

Обладнання. П'ять однакових металевих кульок з отворами; штатив; металевий стрижень довжиною 40...50 см; два кільця з гачками; нитки.

Зміст і послідовність виконання завдання

Металевий стрижень закріплюють у муфті горизонтально на штативі. На нього вдягають і закріплюють дві муфти з гачками.



Мал. 103

Між гачками натягують пружну нитку, а до неї – п'ять нитяних маятників різної довжини. Два маятника мають однакову довжину (мал. 103). Приводять у коливальний рух один з маятників і спостерігають, що всі інші маятники також коливаються з незначними амплітудами.

Відводять і відпускають один з маятників, які мають однакову частоту. Через короткий інтервал часу почне коливатися зі значною амплітудою такий же маятник. Усі інші маятники будуть як і перед цим коливатися з незначними амплітудами.



1. Як при вказаній кількості маятників провести більшу кількість дослідів на резонанс нитяних маятників?
2. Чому маятники кріпляться до нитки, а не до стрижня?

Дослід 10-0 7. Поширення поздовжніх та поперечних

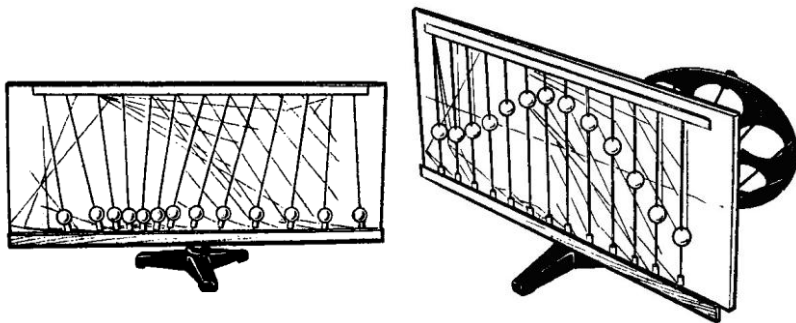
Обладнання. Еластичний гумовий шнур довжиною 2,5...3 м; хвильова машина Зворикіна.

Зміст і послідовність виконання завдання

Виникнення й поширення поперечної хвилі можна продемонструвати за допомогою еластичного гумового шнура, або гумової трубки діаметром 6...10 мм. Один кінець шнура міцно закріплюють, а другий – приводять у коливальний рух у вертикальній площині. При цьому учні спостерігають поширення коливального процесу вздовж шнура.

Учням пояснюють, що гумовий шнур можна представити як послідовність однорідних елементів, зв'язаних силами пружності. Якщо приводять в коливальний рух один елемент, то з невеликим запізненням, яке пояснюється інертністю частинок. Так само починають рухатися і другий, і третій, й усі інші.

Поширення поздовжніх і поперечних хвиль можна показати за допомогою хвильової машини Зворикіна (мал. 104).



Мал. 104

У цьому приладі сукупністю кульок моделюється поширення коливань в просторі (хвиля). Кожна насаджена на металеву спицю кулька з'єднана також з обертовим диском, що

знаходиться на зворотному боці дошки за допомогою ниток. Обертаючи колесо, можна або лише зміщувати кульки у вертикальному напрямі (поперечна хвиля), або зміщувати кінці спиць (поздовжня хвиля).



1. За якої довжини гумового шнура при заданих інших умовах дослід проходить з найбільшою ефективністю?
2. Яка хвиля утворюється на прив'язаному гумовому шнурі?
3. Яка відмінність у рухах диска хвильової машини при демонстрації моделі поздовжньої і поперечної хвилі?
4. Чому шнур доцільно коливати в вертикальній площині?

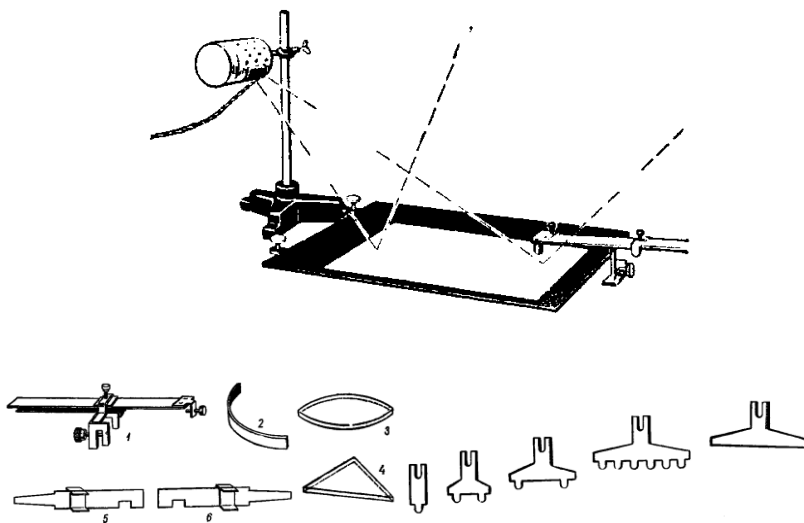
Дослід 10-08. Хвилі на поверхні води

Обладнання. Точкове джерело світла; хвильова ванна з комплектом пристроїв до неї.

Зміст і послідовність виконання завдання

До комплекту хвильової ванни входить (мал. 105):

- 1) ванна із дзеркальним дном і вставними скошеними рейками для зменшення відбивання хвиль від бортів ванни;
- 2) вібратор, на якому можна закріплювати різні насадки, з регулятором частоти коливань;
- 3) комплект насадок до вібратора (пластинка, одна кулька, дві кульки, шість кульок);
- 4) зігнута пластинка (вгнуте дзеркало);
- 5) дві плоскі пластинки з отворами й засувками (модель дифракційної ґратки);
- 6) скляні пластинки у вигляді лінзи й призми.



Мал. 105

Для демонстрування дослідів ванну встановлюють точно горизонтально за допомогою вирівнювальних гвинтів. Скло ванни старанно протирають. У ванну наливають воду шаром товщиною 10...12 мм. Вібратор закріплюють на одному з бортів ванни. Зверху ванну освітлюють за допомогою точкового джерела світла. Тіньове зображення ванни й всіх дослідів з нею спостерігають на стелі або на похилому екрані.

1. *Виникнення хвиль на поверхні води.* Спочатку у вібраторі закріплюють пластинку. Натиснувши на голівку вібратора, примушують пластинку короткочасно доторкнутися до поверхні води. При цьому виникає й поширюється одна плоска хвиля. Для спостереження колових хвиль у вібратор вставляють насадку з однією кулькою.
2. *Відбивання хвиль.* Збудивши ту чи іншу хвилю, на її шляху встановлюють ту або іншу перепону й спостерігають відбивання хвиль.
3. *Заломлення хвиль.* Для демонстрування заломлення хвиль на дно ванни кладуть скляну пластинку (призму, лінзу). При

цьому товщина шару води над пластинкою буде меншою, ніж над дном ванни, що спричиняє різну швидкість хвиль на поверхні води внаслідок більшого гальмування об дно в тонкому шарі. Отже, на межах скляної пластинки відбуватиметься заломлення хвиль і зміна напрямку їх поширення.

4. *Інтерференція й дифракція хвиль.* Для демонстрування дифракції на шляху хвилі встановлюють пластинки з отворами. Регулюючи ширину отвору за допомогою засувки, добиваються утворення картини, яка відповідає вимогам досліду.

Щоб продемонструвати інтерференцію, треба мати когерентні джерела хвиль. Для цього використовують насадку з двома кульками. Для отримання чіткої картини слід ретельно підібрати частоту коливань вібратора.



1. Чому на екрані утворюються зображення хвилі у вигляді темних і світлих смуг?
2. Чому для освітлення води використовується точкове джерело світла?
3. Якій частині хвилі відповідає світла смуга на екрані? темна смуга?

**Дослід 10-09. Джерело звуку – тіло, що коливається.
Залежність гучності звуку від амплітуди коливань**

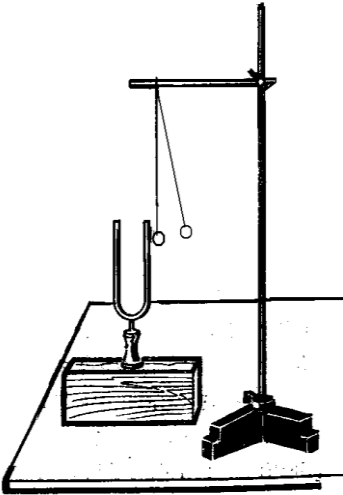
Обладнання. Металева лінійка; лещата; камертон; намистинка на нитці; штатив з двома лапками; сталева струна.

Зміст і послідовність виконання завдання

Лещата закріплюють на краю стола, і в них затискають металеву лінійку. Кінець металевої лінійки, затиснутої в лещатах, приводять у коливальний рух, відвівши його від положення рівноваги на 2...3 см. Коливаючись, лінійка створює звукові

коливання низької частоти певної гучності. Якщо початкове зміщення кінця лінійки збільшити до 6...8 см, гучність звуку помітно зросте. Зменшуючи довжину коливної частини лінійки, отримують коливання вищих частот.

Звукові коливання різних частот та різної гучності можна одержати шляхом виведення з рівноваги гітарної струни, розтягнутої між лапками штатива, змінюючи її довжину та амплітуду коливань відповідно.



Мал. 106

Звукові коливання фіксованої частоти створює камертон (мал. 106), якщо ударити по одній з його віток гумовим молоточком. Оскільки коливання віток камертона на око не помітні, для переконливості до нього підносять намистинку, підвішену на нитці, і спостерігають її відскакування. Ударяючи сильніше, отримують гучніше звучання камертона і спостерігають сильніше відскакування намистинки, що свідчить про залежність гучності звуку від амплітуди коливань віток камертона.



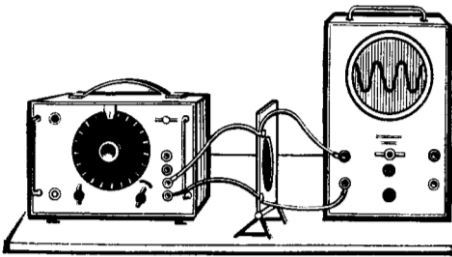
1. Чому в досліді використовується металева лінійка? Чи можна використати лінійку з іншої речовини?
2. Яка роль резонатора в камертоні?
3. Як зміниться тривалість звучання камертона, якщо його зняти з резонатора?

Дослід 10-10. Залежність висоти тону від частоти коливань

Обладнання. Генератор електричних коливань звукової частоти; гучномовець на підставці; осцилоскоп.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку, як показано на мал. 107. Вмикають генератор і демонструють, що висота тону залежить від частоти коливань, а гучність – від амплітуди коливань. Гучність і висоту тона сприймають на слух, амплітуду і частоту коливань оцінюють за осцилограмою. До розрізнення висоти тону бажано залучити учнів з музикальним слухом.



Мал. 107



1. Яку роль в установці відіграє осцилограф?
2. Яку частину досліду можна виконати з застосуванням інших вимірювальних приладів, зокрема. вольтметра?
3. Який прилад може замінити осцилограф при з'ясуванні залежності висоти тону від частоти?

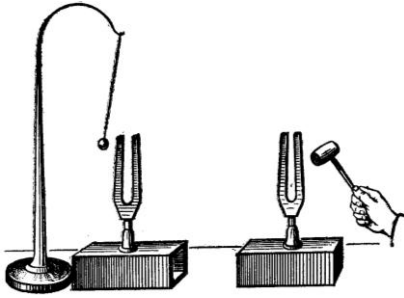
Дослід 10-11. Акустичний резонанс

Обладнання. Два однакові камертони й один камертон іншої частоти на резонаторних ящиках; гумовий молоточок; скляна намистинка на нитці.

Зміст і послідовність виконання завдання

Однакові камертони розташовують відкритими торцями резонаторних ящиків один навпроти одного на відстані 15...20 см

(мал. 108). Збуджують ударом молоточка один із камертонів. Учні добре чують створюваний ним звук певного тону. Через 1...2 секунди коливання ніжок камертона припиняють рукою, але звук не зникає. Підносять намистинку до вітки другого камертона – вона відскакує.



Мал. 108

Це свідчить про те, що саме другий камертон є джерелом звуку. Він починає звучати внаслідок звукового резонансу.

Дослід повторюють, використавши камертони різних частот, і переконуються, що резонанс не спостерігається.



1. Чому для виявлення коливань другого камертона використовується саме скляна намистинка?



Самоконтроль і звітність

1. Дати відповіді на запитання:
 1. Як можна одержати осцилограму коливального процесу?
 2. Поясніть, чому період коливань математичного маятника не залежить від його маси.
 3. Наведіть приклади резонансу в механічних системах.
 4. Чому людина з віком втрачає чутливість слухового аналізатора?
 5. Який діапазон звукових частот здатна відтворити людина?
2. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 11. ОСНОВИ ГІДРО- ТА АЕРОСТАТИКИ

Мета роботи. Ознайомитися з основними дослідями, що демонструються при вивченні теми та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами введення основних понять та вивчення дії законів, що вивчаються в темі (тиск, закон Паскаля та ін.), та застосуванні явищ і законів у техніці на основі демонстраційного експерименту. Сформувати основні практичні вміння постановки експерименту з теми.

Особливості експерименту з теми

Усі явища, факти й закони, що розглядаються у темі, можна пояснити на основі закону Паскаля та дією сили тяжіння. Тому учні повинні не тільки запам'ятати формулювання закону Паскаля, але й чітко усвідомити, що закон Паскаля є наслідком рухливості молекул рідини і газу.

Досліди в темі можна поділити на такі групи: а) на основі яких вводиться поняття тиску; б) що підтверджують рухливість молекул і закон Паскаля; в) що показують існування вагового тиску та дію закону Паскаля; г) які зв'язані з існуванням атмосферного тиску.

Хоча більшість дослідів має якісний характер, все ж треба подбати про індикатори тиску. Це гумові плівки, відкритий рідинний манометр, стрілки.

У багатьох дослідах використовується вода. Для чіткого спостереження учнями рівнів поверхні води та самої води її потрібно підфарбувати.

Для підвищення ефективності демонстрацій доцільно використовувати підсвітку обладнання, світлі та темні екрани.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Гідро- та аеростатика".

2. Знайти відповіді на запитання:

1. Що таке сила тиску й тиск?
2. Сформулюйте закон Паскаля.
3. Чому закон Паскаля має місце для рідин і газів?
4. В чому суть гідростатичного парадоксу?
5. Чому атмосферний тиск змінюється з висотою нелінійно?
6. Чи виникає архімедова сила у стані невагомості?
7. Як продемонструвати закон Паскаля при відсутності кулі Паскаля?
8. Які досліди ви можете запропонувати для виявлення атмосферного тиску?
9. Чи з однаковою точністю визначається маса різних за об'ємом тіл на важільних терезах? Від чого залежить значення похибки вимірювання маси? Коли ця похибка буде відсутня?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати досліди й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
<i>Заліковий рівень</i>													
<i>Низький</i>	X		X			X		X		X			X
<i>Середній</i>	X	X		X		X	X		X		X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності**ВИКОНАННЯ РОБОТИ****Дослід 11-01. Уведення поняття тиску**

Обладнання. Столик; гиря масою 5 кг; посудина з піском.

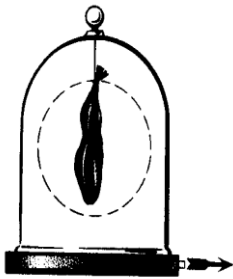
Зміст і послідовність виконання завдання

У досліді використовують столик з площею поверхні 100 см^2 на чотирьох ніжках квадратного перерізу площею 1 см^2 кожна. Столик кладуть в ящик з піском ніжками вгору і навантажують вантажем масою 5 кг. На піску залишається лише невелика

вм'ятина. Якщо столик повернути ніжками вниз і навантажити таким же тягарем, то він провалиться у сипкий матеріал. Щоб дослід добре вдавався треба брати добре промитий і добре висушений (а ще краще – прожарений) пісок. Уводять поняття тиску й розраховують тиск в обох випадках.

Дослід 11-02. Роздування гумової кульки під ковпаком повітряного насоса

Обладнання. Тарілка з ковпаком; вакуумний насос; гумова кулька.



Мал. 109

Зміст і послідовність виконання завдання

Гумовий балончик, частково наповнений повітрям і міцно зав'язаний ниткою (мал. 109), розміщують під ковпак повітряного насоса. Якщо відкачувати повітря з-під ковпака, то гумовий балончик роздувається, набуваючи округлої форми. Це свідчить про те, що газ тисне на стінки балончика в усіх напрямках однаково.



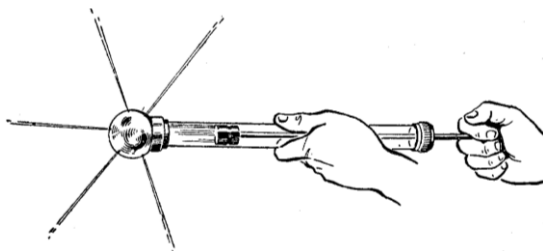
1. Якої форми бажано брати балончик, щоб висновки учнів були однозначними?

Дослід 11-03. Передача зовнішнього тиску газом і рідиною (закон Паскаля)

Обладнання. Куля Паскаля; дрібний сухий порошок; підфарбована вода; акваріум.

Зміст і послідовність виконання завдання

Прилад "Куля Паскаля" (мал. 110) наповнюють димом від тліючої вати. Натискають на поршень, збільшуючи тим самим тиск у приладі. Струмені диму виходять з однаковою швидкістю з усіх отворів кулі. Оскільки отвори в кулі розташовані в одній площині, то прилад потрібно розвернути так, щоб струмені диму витікали в площині, паралельній площині класної дошки. У такому випадку їх добре помітно на темному фоні при бічному природному освітленні від вікна. У досліді можна використати порошок лікоподію чи крейди або зубний порошок. Порошки й куля мають бути добре висушені. У кулю насипають невелику кількість порошку, загвинчують кулю до циліндра, струшують прилад і натискають на поршень. Після демонстрації досліду з порошком, кулю треба добре промити й перевірити, чи не засмітілись отвори.

**Мал. 110**

Для демонстрації передачі зовнішнього тиску рідинами відгвинчують кулю, витягують поршень зі штоком до кінця, перевертають циліндр отвором вгору й наливають воду. Після цього загвинчують кулю і, повернувши прилад горизонтально, натискають на поршень.

Струмені води з отворів витікають майже так, як і струмені газу в попередньому випадку. Це свідчить про те, що рідини, як і гази, передають зовнішній тиск в усіх напрямках однаково. Останній дослід краще проводити, опустивши прилад у порожній акваріум. Продемонструвати закон Паскаля можна й на саморобному приладі.



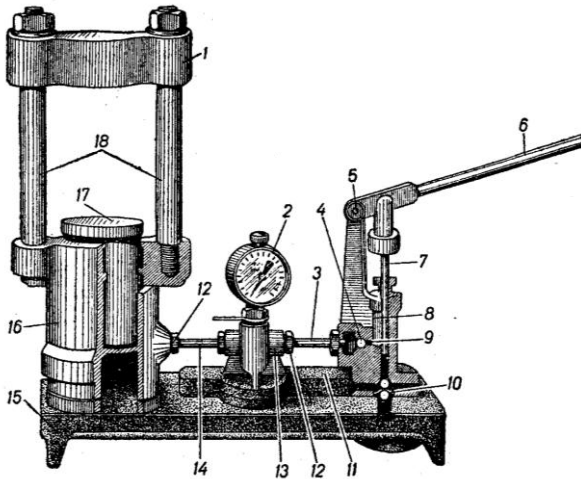
1. Чому отвори в кулі Паскаля розміщені в одній площині?
2. На якому фоні потрібно демонструвати дослід з водою?
3. Як отримати стійкий дим для демонстрації дії закону Паскаля в газах?
4. Як продемонструвати закон Паскаля при відсутності кулі Паскаля?

Дослід 11-04. Будова й дія гідравлічного преса

Обладнання. Гідравлічний прес з набором пристроїв; дерев'яний брусок.

Зміст і послідовність виконання завдання

До демонстрації дії гідравлічного преса (мал.111) варто показати його схематичний малюнок, виконаний на дошці або на плакаті.



Мал. 111

Потім співставляють прилад з його схематичним малюнком, розповідають про будову гідравлічного преса і його дію. Учням демонструють руйнування дерев'яного бруска, розміщеного між опорою і великим поршнем.

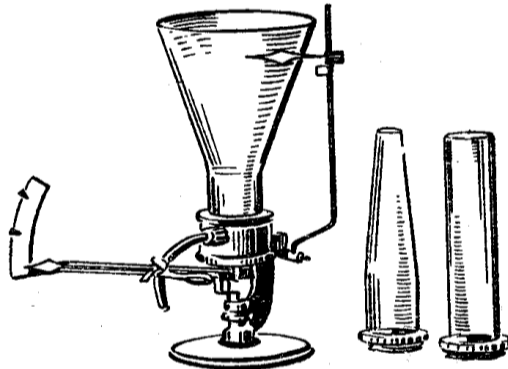
За допомогою ручки нагнітають оливу у великий циліндр. При цьому звертають увагу на збільшення показів манометра та деформацію бруска. Якщо брусок дерев'яний, то при тиску $\sim 0,3$ МПа він зруйнується.

Дослід 11-05. Досліди з приладом Паскаля

Обладнання. Прилад Паскаля; посудина для зливання води; розчин солі; підфарбована вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

Прилад Паскаля (мал. 112) 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 служить гумова трубка із затискачем.



Мал. 112

Спочатку демонструють залежність тиску на дно посудини від висоти рідини. Для цього закріплюють у приладі циліндричну посудину й поступово наливають у неї підфарбовану воду. Звертають увагу учнів на те, що із збільшенням висоти стовпа рідини тиск її на дно зростає. На цій же установці показують і залежність тиску рідини на дно посудини від густини рідини. Спочатку до певної висоти наливають в циліндричну посудину звичайну воду й відмічають покази стрілки. Замінюють воду концентрованим розчином кухонної солі. У цьому випадку стрілка показуватиме більший тиск. Можна скористатись також гасом або олією, тоді стрілка показуватиме менший тиск.

Гідростатичний парадокс демонструють таким чином. Перед демонстрацією досліду можна поставити на стіл усі чотири посудини й запитати в учнів, у якій з посудин буде більший тиск на дно при однаковій висоті стовпа рідини. На думку учнів найбільший тиск на дно буде в посудині, що розширюється зверху. Не заперечуючи учням, пропонують експериментально перевірити їх висновок. Почергово у верхню частину муфти вгвинчують усі посудини приладу і наливають у кожен воду до однакової висоти. В усіх випадках покази стрілки, з'єднаної з гумовим дном, будуть однакові. Після проведення дослідів пропонують учням самостійно зробити висновки, що тиск рідини на дно посудини залежить не від форми посудини та її місткості, а лише від висоти стовпа рідини в посудині.



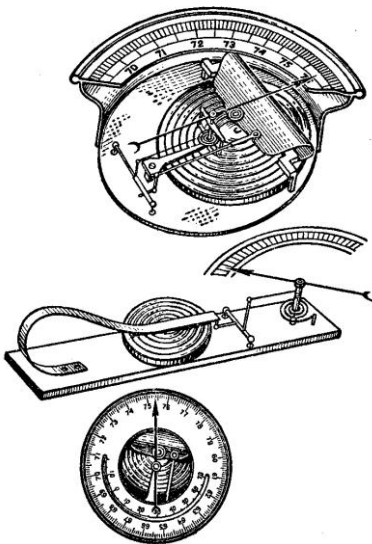
1. У чому "парадоксальність" парадокса Паскаля? Яке його походження?
2. Чим фіксується рівень рідини в посудині в окремих частинах досліду?
3. Як модернізувати пристрій для вимірювання тиску на дно (Ваша думка)?

Дослід 11-06. Будова і дія манометра та барометра-анероїда

Обладнання. Відкритий рідинний манометр; барометр-анероїд; тарілка з ковпаком; насос.

Зміст і послідовність виконання завдання

Демонстраційні відкриті *U*-подібні рідинні манометри використовують для вимірювання різниць тисків до 400 мм водяного стовпа. Дію манометра можна показати так. Скляну посудину з двома шийками сполучають гумовими трубками з манометром і насосом. Відкачують повітря з посудини (або нагнітають у нього). Покази манометра при цьому змінюються.



Мал. 113

Ознайомлення з будовою й принципом дії барометра-анероїда можна так. Обережно розбирають шкільний барометр-анероїд, розглядають його будову та з'ясовують призначення окремих його частин (мал. 113). Креслять на дошці спрощену схему барометра, якою можна скористатись при поясненні його дії на уроках. Якщо у фізкабінеті є таблиця "Барометр-анероїд", то на уроці користуються нею. Дію барометра-анероїда можна показати так. Розміщують барометр під ковпаком повітряного насоса й відкачують з нього повітря. Спостерігають зміну показів барометра.



1. Чому з барометричної капсули відкачують повітря?
2. Яке призначення великої пружини в анероїді?

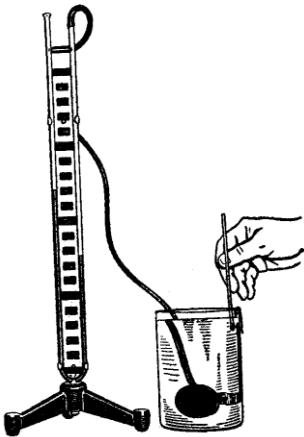
3. Чому окремі моделі барометрів-анероїдів мають вбудований термометр?
4. Запропонуйте спосіб перевірки точності показів анероїда.

Дослід 11-07. Тиск всередині рідини

Обладнання. Манометрична капсула; відкритий манометр; посудина з водою.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для вимірювання тиску всередині рідини, зумовленого силою тяжіння, використовують манометричну капсулу, яку з'єднують з демонстраційним рідинним манометром гумовою трубкою (мал. 114). Капсулу виготовлено у вигляді коробочки, дно якої закривається мембраною з тонкої гумової плівки. Опускаючи капсулу в посудину з водою на різну глибину, показують залежність вагового тиску рідини від висоти стовпа рідини. Капсулу можна повертати за допомогою довгого дротяного гачка в різні боки і демонструвати незалежність значення тиску на певній глибині від напрямку встановлення мембрани капсули.



Мал. 114



1. Яка будова манометричної капсули?
2. Як закріплена на тримачі манометрична капсула?
3. Як впливає якість гумової плівки на чутливість манометричної капсули?
4. Як передається тиск від плівки до манометра?

Дослід 11-08. Дія рідини на занурене в неї тіло

Обладнання. Шнур або пружина; відерце Архімеда; посудина з водою; відливна посудина; демонстраційний динамометр.

Зміст і послідовність виконання завдання

До тонкого гумового шнура або пружини з невеликою жорсткістю (можна від відерця Архімеда) прикріплюють тягарець і підвішують його до штатива. Лінійкою вимірюють довжину розтягнутого шнура. Під тягарець підводять склянку з водою так, щоб він повністю занурився у воду. Шнур при цьому скорочується. Ставлять склянку на підйомний столик і знову вимірюють довжину шнура. Пропонують учням зробити висновки з побаченого. Показують, що видовження шнура не залежить від глибини занурення важка. Отже, значення виштовхувальної сили, яка діє на тягарець, не залежить від глибини його занурення. Дослід буде виразним, якщо густина речовини тягарця перевищуватиме густину води не більше, ніж в 1,5...3 рази. Це може бути дерев'яний брусок, до якого прикріплена свинцева пластинка.



1. Яка роль гумового шнура в досліді?
2. Чим можна замінити гумовий шнур?
3. Як підвищити ефективність досліді?

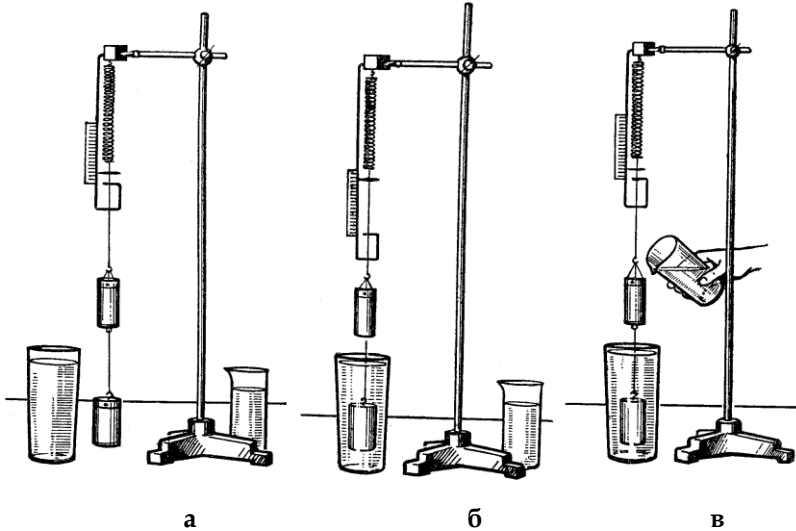
Дослід 11-09. Дія Архімедової сили

Обладнання. Прилад "відерце Архімеда".

Зміст і послідовність виконання завдання

Прилад "відерце Архімеда" складається з відерця, циліндра й пружини, яка закріплюється на металевій рамі й править за

динамометр. Дісковий показчик динамометра показує значення діючих сил. На малюнку 115 показано різні стадії досліду.

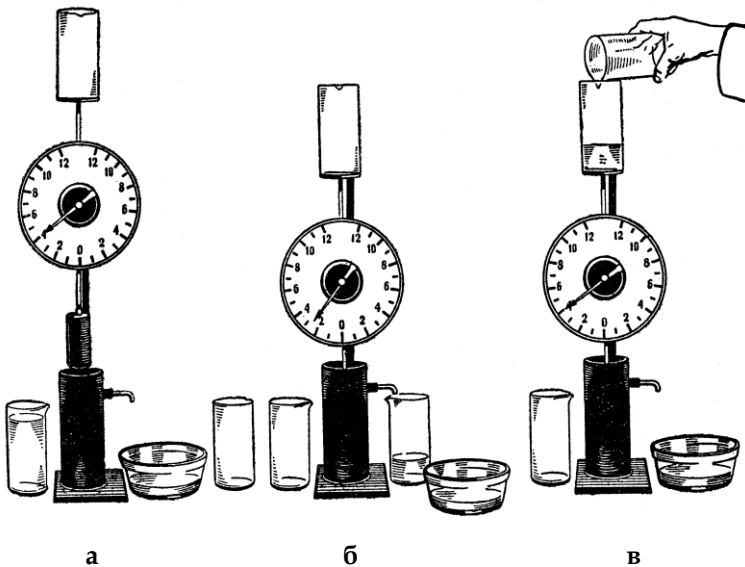


Мал. 115

Спочатку показують, що об'єм циліндра дорівнює місткості відерця. Потім збирають установку згідно з мал. 114. Положення диска динамометра відмічають на пластинці пересувним металевим показчиком. На другій стадії досліду, коли циліндр занурився у воду, відмічають, що пружина динамометра скоротилася. Це служить підставою для висновку, що на тіло в рідині діє виштовхувальна сила, яка напрямлена вертикально вгору. На третій стадії досліду визначають значення виштовхувальної сили. Для цього у відерце наливають щерть води. Пружина розтягується й диск займає початкове положення. Це означає, що виштовхувальна сила, яка діє на циліндр, дорівнює вазі рідини у відерці (вазі рідини в об'ємі зануреної частини тіла).

II. Можна показати аналогічний дослід з використанням демонстраційного динамометра з круглим циферблатом і відерцем Архімеда. Дослід проводять так само, як і попередній.

III. При відсутності відерця Архімеда дослід можна показати за допомогою демонстраційного динамометра, відливної посудини і двох склянок. Основні стадії досліді показані на малюнку 116.



Мал. 116



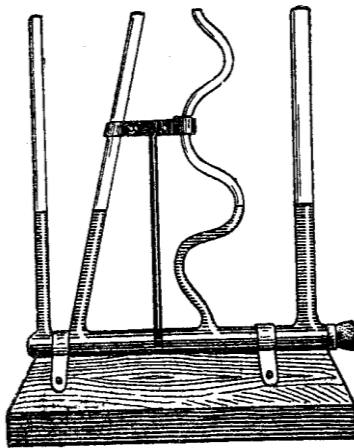
1. З якою метою покажчик динамометра “відерця” виготовлений у вигляді диска?
2. Яка будова й принцип дії відливного відерця?
3. Як заливати воду у відливну посудину, щоб точність вимірювань була вищою?

Дослід 11-10. Сполучені посудини

Обладнання. Штатив; гумова трубка; затискач; прилад "сполучені посудини"; підфарбована вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дві прозорі трубки з'єднують гумовою трубкою з затискачем. В одну з трубок наливають підфарбовану воду. Коли затискач знімають, вода з однієї трубки перетікає в другу до тих пір, поки поверхні води в обох трубках не зрівняються. Такі посудини називаються сполученими. Змінюють положення однієї трубки відносно іншої (піднімають, опускають, нахиляють). Спостерігають, що вільні поверхні однорідної рідини у сполучених посудинах знаходиться на одному рівні. Демонструють цю властивість для сполучених посудин різного поперечного перерізу і форми (мал. 117). Далі в одну трубку першого дослідів наливають воду, а в другу – рідину іншої густини, що не змішується з водою (наприклад, гас). Поверхні рідин встановлюються на різних рівнях. Визначають висоти рідин, що зрівноважують одна одну. Показують, що ці висоти обернено пропорціональні густинам рідин.



Мал. 117

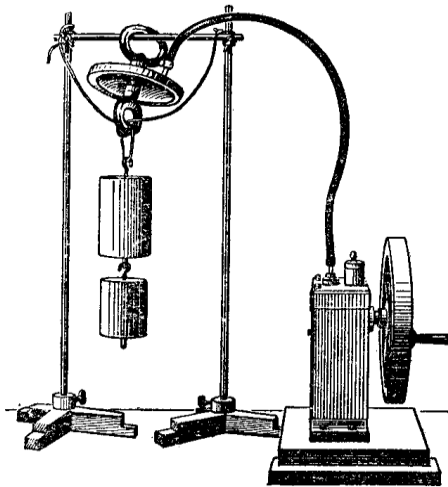
Дослід 11-11. Виявлення атмосферного тиску

Обладнання. Скляна трубка з поршнем; магдебурзькі півкулі; насос; склянка з водою; цупкий папір; пляшка з водою; посудина з водою; лійка; гумова плівка.

Зміст і послідовність виконання завдання

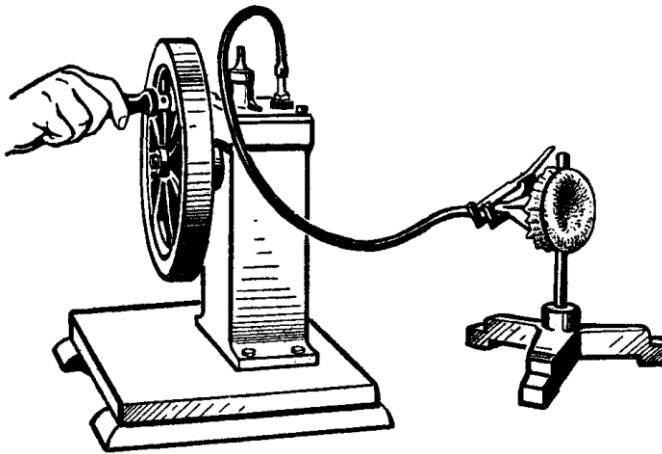
Є багато дослідів, що дають можливість виявити атмосферний тиск. Назвемо деякі з них.

- I. Скляну трубку з поршнем, попередньо змоченим водою, (наприклад, від кулі Паскаля) вертикально опускають відкритим кінцем у воду. При підніманні поршня вода заходить в циліндр.
- II. Магдебурзькі тарілки притискають одну до одної і з порожнини між ними відкачують повітря. Закривають кран. Кріплять кулі на двох штативах з перекладною (мал. 118). До дужки нижньої тарілки підв'язують великі тягарі і тарілки не роз'єднуються. Якщо ж відкрити кран, то нижня тарілка під дією ваги вантажу відпаде (подібний дослід можна виконати з циліндром Геріке).



Мал. 118

- III. Склянку, щертъ наповнену водою накривають аркушем цупкого паперу і, притримуючи рукою папір, перевертають догори дном. Вода не виливається навіть тоді, коли прийняти руку від паперу.
- IV. Пляшку повністю наповнюють водою, закривають пальцем, перевертають шийкою вниз і занурюють шийку в посудину з водою. Вода з пляшки не виливається.
- V. Широкий кінець лійки, з'єднаної гумовою трубкою з розріджу вальним штуцером насоса Комовського, зав'язують гумовою плівкою (мал. 119). При відкачуванні повітря через вузький кінець лійки гумова плівка прогинається всередину. Якщо лійку затягнути цупким папером, то при відкачуванні повітря папір порветься.



Мал. 119



1. З якою метою через ручку нижньої магдебурзької тарілки пропускають міцний шнурок, закріплений на штативах?
2. Чому склянку з водою перед закриванням папером заповнюють щертъ?

Дослід 11-12. Дія Архімедової сили в газах

Обладнання. Колба з двома шийками; скляні і гумові трубки; затискачі; гумова кулька; терези; насос.

Зміст і послідовність виконання завдання

Через гумові пробки, які закривають дві горловини посудини, пропускають скляні трубки, сполучені з гумовими. До однієї трубки приєднують дитячу гумову кульку, а другу – з'єднують з нагнітальним насосом. Перекривають затискачем гумову трубку біля кулі. Нагнітають повітря насосом в посудину через другу трубку. Затискають затискач на цій трубці й від'єднують насос. Ставлять посудину на ліву шальку терезів і зрівноважують терези. Після цього послаблюють затискач біля кулі, і частина повітря з посудини переходить у гумову кулю. Куля роздувається, рівновага терезів порушується. Пояснюють дослід збільшенням сили Архімеда, яка відбувається при збільшенні об'єму установки внаслідок роздування гумової кульки.



1. Чому повітря спочатку накачується в скляну посудину, а не в кульку?
2. Чи можна за таким принципом побудувати дирижабль?

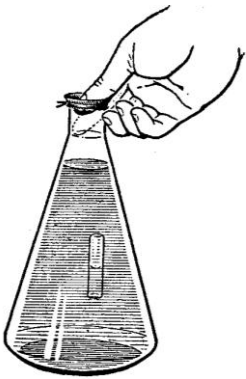
Дослід 11-13. Плавання тіл у рідині

Обладнання. Картезіанський водолаз.

Зміст і послідовність виконання завдання

Умови плавання тіл у рідині можна продемонструвати за допомогою приладу, що дістав назву картезіанського водолаза. Він складається з посудини, у яку залита вода, і поплавка. Посудина зверху зав'язується гумовою плівкою. Виготовляючи поплавок, отвір невеликої пробірки закривають гумовою

пробкою, через яку пропущена вузька скляна трубочка, кінець якої входить всередину пробірки на кілька міліметрів. У пробірку кладуть свинцеві дробинки, закривають пробкою з трубочкою й опускають у скляний циліндр з водою. Кількість дробинок підбирають так, щоб перевернута пробірка лише трохи виступала над поверхнею води. У скляний циліндр або колбу наливають перевареної води (щоб на стінках не утворювались пухирці газу) стільки, щоб вона не доходила до краю циліндра на 4... 5 см. У циліндр вміщують поплавок і затягують отвір циліндра гумовою плівкою. Натискаючи на плівку пальцем, спостерігають, що поплавок починає тонути (мал. 120).



Мал. 120

Спостереження за поплавком показує, що в пробірку заходить деяка кількість води. Це відбувається тому, що тиск через повітря передається воді, яка передає тиск повітрю в поплавку. Повітря стискується, його об'єм зменшується й вода заходить у пробірку. Унаслідок збільшення ваги поплавок опускається на дно циліндра.

Тиск на плівку зменшують, повітря в поплавку виштовхує частину води. Вага поплавка зменшується й він спливає. Дослід добре ілюструє умови занурення, зривання й плавання тіл.



1. Чому гумову плівку потрібно щільно прив'язати до горла колби?
2. Запропонуйте дослід без гумової плівки й скляної колби.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Наведіть приклади різних способів зниження і підвищення тиску твердого тіла на тверде тіло у природі та техніці.
 2. Як пояснюється плинність води?
 3. Який принцип дії гідравлічного преса?
 4. Які досліді та факти підтверджують існування атмосферного тиску?
 5. Як продемонструвати умови плавання тіл?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 12. ГІДРО- ТА АЕРОДИНАМІКА

Мета роботи. Ознайомитися з набором приладів для демонстрації руху рідин і газів та дослідами, що виконуються при вивченні цих питань і технологією їх відтворення. Оволодіти основними практичними вміннями постановки експерименту з теми.

Особливості експерименту з теми

Для розуміння питань теми важливими є поняття лінії течії. Тому в ряді дослідів використовуються пристрої, які дають можливість завдяки барвникам їх спостерігати. Оскільки досліди проводяться на обладнанні невеликих розмірів, то для забезпечення їх видимості використовують проекційну апаратуру. Обладнання з цією метою роблять прозорим. Це стосується і частини інших дослідів.

Особливе місце займають досліди, що показують залежність тиску від швидкості потоку рідини або газу. На їх основі пояснюють дію ряду пристроїв та виникнення підйімальної сили крила літака.

Тиск рідини визначається рівнем її стиску. Для нерухокої рідини її тиск можна визначити манометром. Внесення манометра в рухому рідину приводить до зміни рівня її стиску, бо манометр є перешкодою, що помітним чином може змінити течію рідини. Для зведення цього впливу до мінімуму використовують особливу трубку-зонд. Манометр, приєднаний до трубки-зонда, вимірює статичний тиск. За допомогою трубки Піто вимірюють так званий повний тиск. Знання цих тисків дає можливість визначати швидкість рідини або газу.

У реальних рідинах і газах існує внутрішнє тертя, його просто показати для повітря. Далі це поняття використовують для пояснення деяких важливих фактів, зокрема зниження тиску в рідині, що тече горизонтальною трубою сталого перерізу.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за шкільною програмою й підручником з законами та основними поняттями гідро- та аеродинаміки.
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Що таке лінії течії в рідинах? Які властивості вони мають?
 2. Який рух рідини та газу вважають ламінарним? турбулентним?
 3. Який принцип дії пульверизатора? водоструминного насоса?
 4. Яка природа підйімальної сили крила літака?
 5. Як за допомогою демонстраційного експерименту ввести поняття повного і динамічного тиску?
 6. Чому змінюється тиск рідини, яка тече трубою сталого перерізу?
 7. Коли швидкість літака досягає швидкості звуку в повітрі, опір рухові різко зростає. Чому?
 8. Які домашні завдання можна запропонувати учням з розглядуваних питань?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>Заліковий рівень</i>												
<i>Низький</i>	X		X	X	X			X	X			
<i>Середній</i>	X	X				X	X			X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

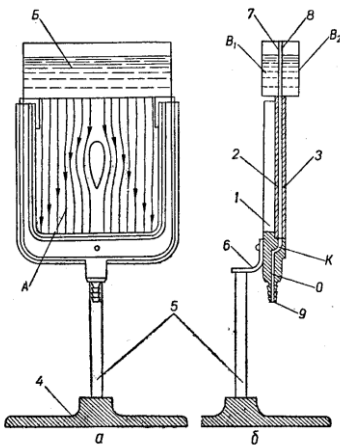
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 12-01. Лінії течії рідини

Обладнання. Прилад для демонстрації обтікання тіл; посудина з водою; посудина з підфарбованою водою; кристалізатор; проєкційний ліхтар; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Обтікання рідиною тіл різної форми можна показати за допомогою спеціального приладу, показаного на мал. 121.

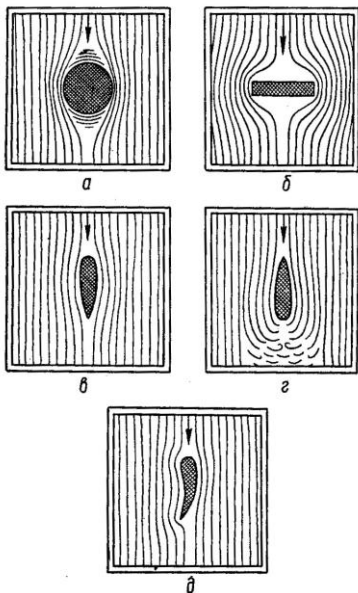


Мал. 121

Прилад складається з плоскої посудини А, утвореної двома скляними пластинками 2 і 3 у металевій оправі 1. Відстань між пластинками 1 мм. Посудина закріплена на металевій підставці 4 за допомогою стояка 5 і кронштейна 6. З посудиною А сполучений резервуар Б, розділений двома перегородками 7 і 8 на дві камери В1 і В2. Кожна з перегородок має ряд отворів. Отвори однієї перегородки зміщені відносно отворів іншої на половину відстані між ними. Цими отворами і щільною в дні резервуара Б кожна з камер сполучена з посудиною А. Вода витікає з приладу каналом К, крізь отвір О і штуцер або кран 9. До приладу додаються 10 різних за формою гумових пластинок, що правлять за тіла обтікання. При демонструванні дослідів їх по черзі вкладають за допомогою металевого крючка між скляними стінками плоскої посудини А.

Одну з камер резервуара Б заповнюють чистою водою до країв, а другу – водою, підфарбованою метиленовою синькою або

фуксином на три чверті висоти. Якщо трохи відкрити зливний кран, підставивши під нього кристалізатор, то в простір між скляними стінками спочатку потече чиста вода, а потім, коли рівні рідини в камерах зрівняються, у плоску посудину тонкими струминками почне виливатись підфарбована вода. Ці струминки розміщуватимуться вздовж ліній, які називають лініями течії (мал. 122).



Мал. 122

Лінії течії можна зробити невидимими, якщо додати фарбу в камеру з чистою водою. При вирівнюванні рівнів рідини в камерах, лінії течії знову виникають.

Обтікання різних тіл за допомогою цього приладу найкраще проектувати на екран за допомогою проекційного ліхтаря або телекамери.



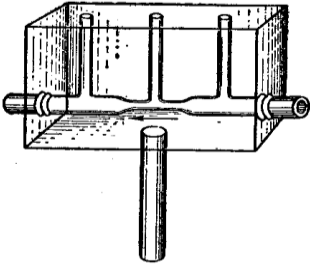
1. Яке призначення двох резервуарів у приладі?
2. Чому рівень чистої води повинен бути вищим за рівень підфарбованої?

**Дослід 12-02. Залежність тиску від швидкості потоку
рідини чи газу**

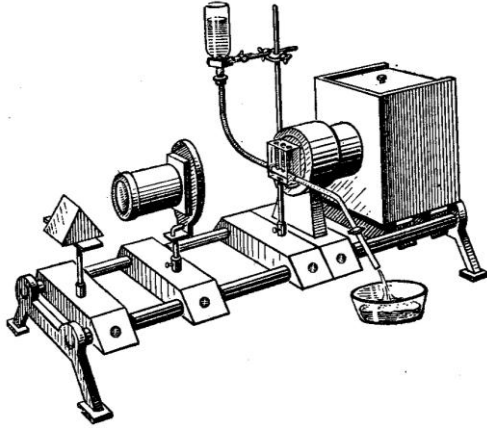
Обладнання. Модель труби змінного перерізу; проекційний апарат; скляна банка з тубусом біля дна; гумові трубки; затискачі; кристалізатор або кювета.

Зміст і послідовність виконання завдання

Цей дослід виконують з приладом для демонстрації тиску рідини, що тече трубою змінного перерізу (мал. 123). Установку збирають так, як показано на мал. 124.



Мал. 123



Мал. 124

Швидкість течії води в приладі регулюють зміною вихідного отвору зливної трубки. При нерухомій рідині висота води в усіх трьох манометричних трубках однакова. При русі рідини її швидкість залежить від площі поперечного перерізу, вона найбільша у вужчій частині. У цій частині тиск менший, про що свідчить менша висота підняття води у середній манометричній трубці. Дещо менша висота води у трубці, що знаходиться біля вихідного отвору порівняно з трубою біля вхідного отвору. Це пояснюється наявністю внутрішнього тертя у рідині.

На цьому ж приладі можна продемонструвати подібну закономірність і для потоку повітря. Для цього прилад у тій же установці встановлюють у перевернутому вигляді у ванночку з прозорими стінками. Воду наливають у ванночку так, щоб манометричні трубки були занурені у воду менше половини їх висоти. Повітря через прилад можна продувати за допомогою накачаної футбольної камери з затискачем. Звертають увагу, що

рівень води у середній манометричній трубці значно вищий, ніж у сусідніх. Це свідчить про зменшення тиску там, де швидкість потоку повітря більша.

При достатньо великій швидкості потоку повітря вода в середній манометричній трубці підніметься до каналу і краплина буде вилітати з вихідного отвору. Детальніше пояснення цього факту дають при демонстрації дії пульверизатора.

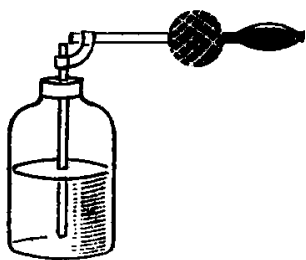


1. Чому рівень води у трубці біля виходу завжди трохи менший, ніж у трубці біля входу?
2. Як забезпечити постійну швидкість надходження води в модель?

Дослід 12-03. Будова й дія пульверизатора

Обладнання. Пульверизатор саморобний; гумова трубка; посудина з підфарбованою водою; накачана футбольна камера; фанерний екран; папір; штатив з лапкою.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 125

Модель пульверизатора показана на малюнку 125.

Довжина трубок 20 см, діаметр – 4...6 мм. Кінець однієї з трубок має мати діаметр близько 2 мм. Трубки мають бути взаємно перпендикулярними. Вертикальну трубку опускають у посудину з підфарбованою водою. При продуванні повітря через горизонтальну трубку рівень води у вертикальній трубці підіймається

внаслідок зменшеного (у порівнянні з атмосферним) тиском у повітряному потоці. Вода, що піднялась до верхнього кінця

трубки, захоплюється потоком повітря й розпилюється. Її направляють на косо поставлений екран, до якого прикріплено папір.



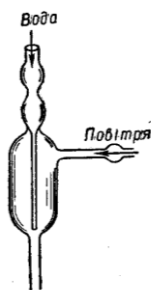
1. Чому екран установлюється косо?
2. Чому у трубки, з якої виходить повітря кінець дещо звужений?
3. Чому дослід бажано проводити з підфарбованою водою?

Дослід 12-04. Поступальний рух

Обладнання. Скляна модель водоструминного насоса; проєкційний апарат; демонстраційний водяний манометр; банка з тубусом біля дна; гумові трубки; підймальний столик; посудина; затискач.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дію водоструминного насоса показують на моделі (мал. 126). Модель закріплюють у муфті штатива і встановлюють на місці діапозитива у протекційному апараті (перед об'єктивом телекамери). Штуцер моделі, що є соплом насоса, з'єднують



Мал. 126

гумовою трубкою з банкою з водою, піднятою вище рівня штуцера, або з водопровідним краном.

Всмоктувальний штуцер сполучають з коліном демонстраційного манометра, а трубку від зливного штуцера опускають у посудину. Якщо ця трубка буде трохи занурена у воду, то водоструминний насос буде відкачувати повітря одразу.

Для створення потрібного напору банку з водою ставлять на підймальний столик на висоту 40...50 см від рівня моделі або відкривають поступово кран. При відпусканні затискача чи

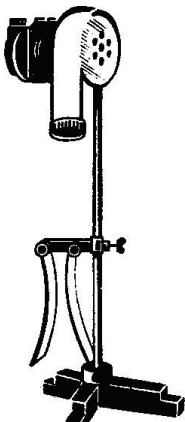
відкриванні крана вода заходить у насос і її рівень у коліні манометра, сполученому з насосом, підвищується, що свідчить про відкачування повітря з цього коліна. Відкачування газу буде спостерігатися при продуванні повітря через насос. Для показу цього знімають трубку з банки і продувають через неї повітря. Спостерігають зміну рівнів рідини в колінах манометра.



1. Яка роль манометра в досліді?
2. Чому початок підймання води пов'язаний з перебування нижнього патрубку у воді?

Дослід 12-05. Зниження тиску в потоці повітря (1)

Обладнання. Дві легкі зігнуті пластинки; повітродувка; штатив.



Мал. 127

Зміст і послідовність виконання завдання

Дві легкі зігнуті пластинки із тонкої жерсті або цупкого паперу розміром близько 100×160 мм закріплюють за допомогою тонких дротяних кілець на сталевих стрижнях (мал. 127). Стрижні закріплюють у муфті штатива так, щоб відстань між пластинами була близько 4 см. Зверху на штативі на відстані 20 см від пластин закріплюють повітродувку. При продуванні повітряного потоку між пластинами останні помітно наближаються одна до одної.



1. Чому в досліді використовують зігнуті пластини?
2. Чому при великій швидкості повітряного потоку пластини починають періодично вдарятися одна об одну внутрішніми поверхнями?

Дослід 12-06. Зниження тиску в потоці повітря (2)

Обладнання. Скляна лійка; гумова трубка; паперовий конус; целулоїдна кулька.

Зміст і послідовність виконання завдання

Із цупкого паперу склеюють конус так, щоб він входив у скляну лійку. Перевернувши лійку більшим отвором вниз, показують, що конус не утримується в лійці. Якщо ж продувати повітря через лійку, то конус втягується в неї й утримується весь час, поки продувають повітря. Дослід можна виконати з легкого кулькою для настільного тенісу. Для цього її потрібно наблизити до лійки на 2...3 см, після чого вона буде утримуватись у лійці. Кулька, як і паперовий конус, може вібрувати в лійці.



1. Чому паперовий конус чи кулька втягуються в лійку, якщо через неї продувати повітря?
2. За яких умов і чому конус чи кулька починають вібрувати?

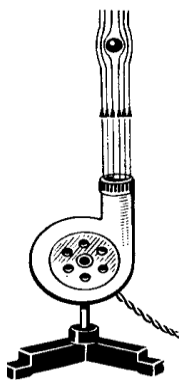
Дослід 12-07. Зниження тиску в потоці повітря (3)

Обладнання. Повітродувка; штатив; целулоїдна кулька.

Зміст і послідовність виконання завдання

Повітродувкою (або іншим пристроєм) направляють вертикально вгору повітряний потік. Вміщують у цей потік целулоїдну кульку і спостерігають її зависання в потоці (мал. 128).

Якщо швидкість потоку достатньо велика, то його можна відхилити від вертикалі на значний кут і кулька при цьому буде залишатися в потоці.



Мал. 128

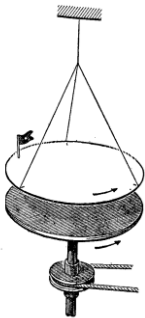


1. Які причини виникнення підйимальної сили, яка діє в потоці повітря на кульку?
2. Чи буде спостерігатися ефект, якщо замість кульки використати тіло обтічної форми?

Дослід 12-08. Внутрішнє тертя в повітрі

Обладнання. Відцентрова машина; картонний диск; штатив; дискова сирена або інший диск.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 129

Картонний диск діаметром 15...20 см підвішують на нитках до штатива (мал. 129). Під цим диском установлюють у відцентровій машині металевий диск такого ж діаметра. Відстань між дисками підбирають приблизно 1,5...2 см. Обертають нижній диск і спостерігають повертання картонного диска внаслідок внутрішнього тертя у шарах повітря. Для покращення видимості досліду до країв картонного диска прикріплюють кольорові прапорці.



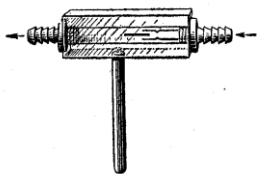
1. Ефект досліду підвищиться, якщо на кожен диск наклеїти радіальні смужки паперу, перпендикулярно до поверхні дисків. Чи варто це робити ?

Дослід 12-09. Ламінарна і турбулентна течії

Обладнання. Прилад для демонстрації ламінарної й турбулентної течії рідини; проекційний апарат; скляна посудина з тубусом внизу; підйомний столик; гумові трубки; затискач; кювета; повітродувка; нитяний зонд.

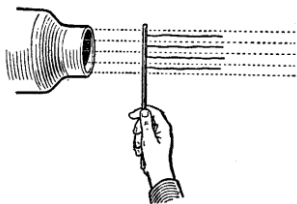
Зміст і послідовність виконання завдання

Для спостереження ламінарної й турбулентної течії рідини використовують спеціальний прилад, у вигляді прямокутної пластини з органічного скла розміром $120 \times 27 \times 18$ мм (мал. 130) з двома ніпелями. У вхідний ніпель вмонтовують



Мал. 130

тримач для грифеля кольорового олівця. Дослід проводять у проекції на екран. Воду для досліду краще брати підігрітою до $30 \dots 40^\circ\text{C}$, в ній грифель розчиняється краще. При невеликій швидкості потоку води на екрані спостерігають стійку пряму кольорову лінію течії, яка характерна для ламінарної течії. Збільшують швидкість течії. У каналі виникають завихрення, лінії течії розриваються, відбувається перемішування рідини. Такий рух рідини називається турбулентним. Зменшенням швидкості течії знову досягають ламінарної течії. Ламінарну й турбулентну течію можна показати й в потоці повітря від повітродувки. У потік повітря поміщають саморобний нитяний зонд. $4 \dots 5$ м'яких



Мал. 131

вовняних ниток довжиною приблизно 20 см закріплюють на дротині на відстані одного сантиметра одна від одної. Повітродувку вмикають на неповну кількість обертів і поміщають зонд у потік повітря. Нитки зонда розташовуються паралельно одна одній (мал. 131).

При збільшенні швидкості потоку повітря нитки починають безладно коливатися, що свідчить про турбулентну течію повітря. Якщо в цьому випадку за зондом перпендикулярно до потоку помістити перешкоду, то нитки починають загинатися навіть в сторону, протилежну швидкості потоку. Це свідчить про утворення завихрень у потоці.



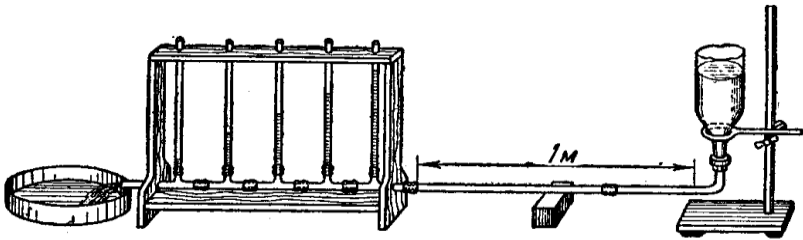
1. Які дидактичні переваги другого варіанту досліду?
2. Чому в турбулентній течії папірці зонда починають коливатися?

Дослід 12-10. Зниження тиску в рідині, яке тече трубою сталого перерізу

Обладнання. Прилад з каналом сталого перерізу й манометричними трубками; проекційний апарат; скляна посудина з тубусом внизу; підйомний столик; гумові трубки; затискач; кювета.

Зміст і послідовність виконання завдання

У досліді використовують спеціальний прилад, будову якого й всю установку легко зрозуміти з малюнка 132. Гумову трубку із затискачем, що йде від посудини з водою, опускають на дно циліндричного резервуару. Заповнюють прилад водою. Рівень рідини при цьому в усіх манометричних трубках буде однаковим. Змінюючи рівень стиску зливної трубки затискачем добиваються усталеного потоку рідини через прилад. При цьому спостерігають зниження тиску від трубки до трубки у напрямі течії. Пояснюється це тим, що у рідині існує внутрішнє тертя, тому частина енергії потоку витрачається на виконання роботи проти сил тертя. Оскільки для руху рідини потрібне існування різниці тисків, то вздовж трубки внаслідок витрати енергії спостерігається падіння тиску.



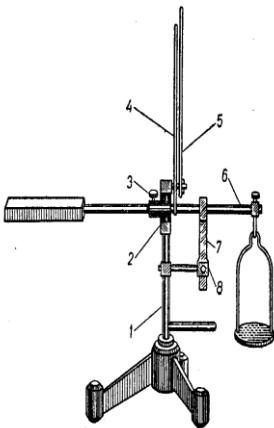
Мал. 132



1. Як досягти рівномірності течії рідини в трубі?
2. Чому прилад з'єднаний з резервуаром досить довгою трубкою?

Дослід 12-11. Залежність аеродинамічного опору від швидкості повітряного потоку, форми і перерізу тіла

Обладнання. Терези аеродинамічні з приладдям; повітродувка; набір важків (до 500 г).



Мал. 133

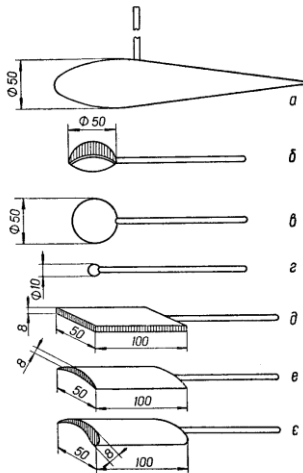
Зміст і послідовність виконання завдання

У досліді використовують чутливі аеродинамічні терези мал. 133), які складаються з чавунної підставки, сталевого стояка 1, скоби 2 з прикріпленою до неї шкалою 5 і вказівною стрілкою 4 та центральної втулки 3.

Центрову втулку встановлено на центрах скоби так, що вона може повертатися в горизонтальній площині. З одного боку в центровій втулці закріплюють стрижень тіла, що обдувається, а з другого боку – штангу 6, до якої підвішують шальку

терезів для зрівноважування тіл. На стояку за допомогою колонки 8 закріплена плоска пружина 7, зігнутий кінець якої охоплює штангу. При обдуванні тіла пружина згинається, центрова втулка повертається на центрах і за допомогою штанги відхиляє вказівну стрілку. Зусилля, що виникло при обдуванні, спостерігається на шкалі. Якщо припинити обдування, то пружина повертає установку в початкове положення.

До приладу додається комплект різних тіл (мал. 134).



Мал. 134

Тіла *a*, *b*, *v* мають однакову площу перерізу, але різну форму. При демонструванні залежності опору від форми тіла спостерігають, що найменший опір чинить тіло обтічної форми, а найбільший – півкуля, повернута вгнутим боком назустріч потоку. Тіла *v* і *z* мають однакову форму (круг), але різну площу і використовуються для демонстрування залежності опору від площі поверхні тіла. При обдуванні тіл *d*, *e*, *e* спостерігають, що найменший опір чинить крило обтічної форми (тіло *e*), а найбільший – крило *d*, що має прямокутний переріз.

Потік повітря утворюють за допомогою повітрорудки. Аеродинамічні терези і трубу треба встановлювати так, щоб лобова площа досліджуваного тіла була перпендикулярною до повітряного потоку.

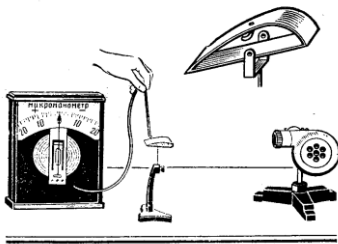
Дослід 12-12. Демонстрація виникнення підйимальної сили крила літака

Обладнання. Терези чутливі з приладдям; повітродувка; мікроманометр; трубка-зонд; модель крила літака; прямокутна пластинка.

Зміст і послідовність виконання завдання

У комплект поставки терезів чутливих входить прямокутна пластинка та модель крила обтічної форми. Спочатку в тримачі терезів закріплюють прямокутну пластинку так, щоб вона була у вертикальній площині. Повітряний потік від повітродувки спрямовують вертикально вгору. Рівновага терезів при цьому не порушується. Потім у тримачі терезів закріплюють модель крила обтічної форми і повторюють дослід. Терези покажуть наявність певної підйимальної сили. Повертанням крила на невеликі кути змінюють кут атаки і вимірюють підймальну силу для кожного випадку.

Для демонстрації існування аеродинамічного (лобового) опору модель крила розташовують горизонтально й направляють на неї горизонтальний повітряний потік. Змінюють кут нахилу крила й показують зміну аеродинамічного опору залежно від кута атаки. Підймальна сила, що діє на крило, виникає внаслідок різниці тисків під крилом і над ним. Показують це учням як експериментальний факт. Для цього виготовляють модель відрізка крила розмірами близько 25 × 30 см. Крилу



Мал. 135

придають обтічної форми (мал. 135), встановлюють на столі й обдувають повітродувкою. Трубку-зонд сполучають шлангом з мікроманометром і, тримаючи її так, щоб відігнута частина була паралельною напрямку потоку, вимірюють тиск у різних частинах потоку поблизу крила.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Чому тиску в рідині залежить від її швидкості?
 2. Наведіть приклади використання внутрішнього тертя в газах та рідинах.
 3. Яка роль аеродинамічного опору в сучасному транспорті?
 4. Поясніть виникнення підйімальної сили крила літака.
 5. Як виникає гідравлічний удар?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 13. МОЛЕКУЛЯРНІ ЯВИЩА

Мета роботи. Вивчити систему дослідів, які показують прояви молекулярної будови речовини, оволодіти методикою й технікою їх проведення в умовах шкільного уроку фізики.

Особливості експерименту з теми

Раннє ознайомлення учнів зі світом молекул дозволяє суттєво підвищити науковий рівень вивчення наступних розділів програми основної школи. Тому якість вивчення молекулярних явищ, які дозволяють пояснити світ молекул, мусить бути особливо високою. Основне навантаження при вивченні цього розділу переноситься на фізичний експеримент. Розроблена певна система демонстраційних дослідів, які до певної міри ілюструють основні положення МКТ. Ці досліді багато в чому знайомі учням. Вони не вимагають застосування складних установок і приладів. А тому кожен дослід повинен бути добре проаналізований і доведений до свідомості учнів. Досліді повинні бути цікавими і ефективними, але одночасно і строгими в науковому відношенні. Практичний досвід вчителів і дослідження науковців показують, що більшість дослідів, які вчитель проводить на уроці, можуть мати свої домашні аналоги, можуть бути відтворені учнями вдома з найпростішим побутовим обладнанням.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Будова речовини".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які демонстрації пропонує програма?
 2. Яка кількість годин пропонується програмою на вивчення теми?
 3. Які явища підтверджують молекулярну будову речовини?
 4. Про що свідчить явище дифузії?
 5. Від чого залежить швидкість дифузії?

6. Чому в газах, рідинах і твердих тілах дифузія відбувається з різними швидкостями ?
3. Обрати заліковий рівень, згідно графіка відібрати досліди і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>Заліковий рівень</i>											
<i>Низький</i>	X		X	X						X	
<i>Середній</i>		X	X	X	X			X		X	
<i>Високий</i>	X	X			X	X	X	X	X		X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю і звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 13-01. Демонстрація стисливості газів

Обладнання. Насос Шінца; прилад "Повітряне вогнево".

Зміст і послідовність виконання завдання

Закрити пальцем випускний патрубок насоса Шінца. Іншою рукою натиснути на рукоятку насоса та стиснути повітря в циліндрі насоса. При цьому виникає сила пружності, яка повертає поршень насоса в попереднє положення. Провести аналогічний дослід із приладом "Повітряне вогнево".

Дослід 13-02. Зменшення об'єму при змішуванні води та спирту

Обладнання. Скляна трубка діаметром 10...12 мм та довжиною 1 м; дві пробки до трубки; підфарбована вода (50 мл); спирт (50 мл); гумове кільце.

Зміст і послідовність виконання завдання

Скляну трубку закривають з одного кінця пробкою, і в неї наливають воду до половини висоти трубки. Трохи нахиливши трубку, по її стінці обережно 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 верхній кінець трубки пробкою та кілька разів перевертають її, щоб рідини добре змішалися. Ставлять трубку вертикально та зіставляють рівень суміші з початковим рівнем спирту в трубці.

**Дослід 13-03. Зміна об'єму
при розчиненні твердого тіла в рідині**

Обладнання. Мензурка на 200 мл із малою ціною поділки; 100 мл води температурою 20°C; кухонна сіль (37 г); скляна паличка чи трубочка.

Зміст і послідовність виконання завдання

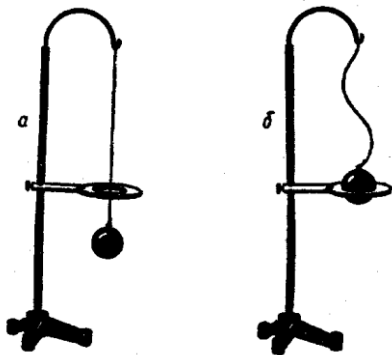
У мензурку наливають воду та насипають у неї кухонну сіль. Помічають одержаний об'єм суміші в мензурці. Помішуючи суміш за допомогою палички, досягають повного розчинення кухонної солі. Порівнюють початковий об'єм суміші та об'єм розчину в мензурці.

Дослід 13-4. Розширення твердих тіл при нагріванні

Обладнання. Прилад "Куля Гравезанда".

Зміст і послідовність виконання завдання

На штативі закріплюють кільце на висоті 15...20 см від його основи. Кульку підвішують таким чином, щоб вона була нижче від кільця на 3...5 см (мал. 136). Піднявши кульку за нитку,



Мал. 136

показують, що вона вільно проходить через кільце. Вийнявши кульку з кільця, відвертають його вбік, а під кульку ставлять спиртівку та за її допомогою нагрівають кульку. Демонструють, що нагріта кулька через кільце не проходить. Після остигання кулька знову проходить через кільце.



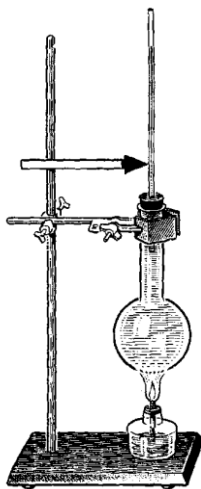
1. Чи можна для підвішування кульки використати звичайну нитку?
2. Чому кульку нагрівають окремо від кільця?

Дослід 13-05. Розширення рідин при нагріванні

Обладнання. Колба об'ємом 0,25...0,5 л; гумова пробка з пропущеною через неї скляною трубкою діаметром 3...4 мм; штатив з муфтою та лапкою; стрілка-показчик; вода; фарба для води; спиртівка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Забарвлюють воду, розчиняючи в ній водяну фарбу. Наливають забарвлену воду в колбу до самого верху. При закриванні колби пробкою з трубкою частина води витікає, а частина підіймається по трубці, розташовуючись на 3-5 см вище пробки. Закріплюють



Мал. 137

колбу в лапці штатива, а стрілкою – покажчиком відмічають рівень холодної води. Під колбою ставлять спиртівку (мал. 137). Запалюють спиртівку та нагрівають воду в колбі: при цьому спостерігають, як рівень води в трубці дещо понижується, а потім – поступово підвищується. Гасять полум'я спиртівки й обгортають колбу мокрою тканиною. Через певний час рівень води в трубці знижується, займаючи початкове положення.



1. Чому при нагріванні води її рівень спочатку знижується?
2. Чому не рекомендується залишати над водою деякий об'єм повітря?

Дослід 13-06. Дифузія пари бромю

Обладнання. Скляний циліндр; піпетка; скляна пластинка; бром; настільний екран; освітлювач для тіньової проєкції.

Зміст і послідовність виконання завдання

На демонстраційному столі встановлюють скляний циліндр, а за ним – білий настільний екран. Циліндр додатково освітлюють з боку аудиторії, розташувавши освітлювач для тіньової проєкції дещо зверху та спереду від циліндра. У скляний циліндр за допомогою піпетки капають на дно декілька крапель бромю. Щоб пара бромю в подальшому не виходила назовні, циліндр закривають зверху скляною пластинкою. Бром відразу ж починає випаровуватися, і його важка пара досить швидко дифундує вгору. Це добре видно учням з будь-якого місця в класі, оскільки пара бромю має яскраво-коричневе забарвлення.

Після демонстрації, з метою уникнення забруднення повітря в класі парою броду, в циліндр слід налити воду, в якій газоподібний бром добре розчиняється.



1. З якою метою в досліді застосовують білий екран?
2. Які заходи безпеки потрібно застосувати при виконанні досліді учнями?

Дослід 13-07. Дифузія водню

Обладнання. Рідинний манометр; гумовий шланг; скляний циліндр; пористий циліндр; апарат Кіппа; штатив із муфтою та лапкою.

Зміст і послідовність виконання завдання

Рідинний манометр з'єднують із пористим циліндром за допомогою гумового шланга та затискають цей циліндр у лапці штатива вгору дном. На пористий циліндр зверху надівають хімічну склянку, перевернуту вгору дном. Під хімічну склянку підводять трубку від апарата Кіппа й наповнюють її воднем. Тиск у циліндрі збільшується, про що й свідчать покази манометра: рідина в коліні, сполученому з пористим циліндром, швидко опускається, а у відкритому коліні підіймається.

Вийнявши пористий циліндр із склянки, спостерігають поступове вирівнювання рівнів рідини в манометрі, що свідчить про вирівнювання тиску газу в посудині з тиском навколишнього повітря. Але рідина в колінах манометра не залишається на одному рівні: через деякий час манометр покаже зменшення тиску в пористому циліндрі.



1. Яка роль пористого циліндра в досліді?
2. Чому в досліді використовується водень?

Дослід 13-08. Дифузія двоокису вуглецю (вуглекислого газу)

Обладнання. Рідинний манометр; гумовий шланг; хімічна склянка; пористий циліндр; апарат Кіппа; підставка

Зміст і послідовність виконання завдання

Рідинний манометр з'єднують із пористим циліндром за допомогою гумового шланга. Склянку ставлять на підставку та, скориставшись апаратом Кіппа, наповнюють її вуглекислим газом. При цьому трубку від апарата Кіппа краще опустити до самого дна склянки. Наповнення склянки вуглекислим газом можна перевірити за допомогою палаючого сірника.

У склянку, наповнену, вуглекислим газом, обережно вводять пористий циліндр, з'єднаний з манометром. Оскільки маса молекул двоокису вуглецю більша за масу молекул азоту та кисню, то середня швидкість теплового руху молекул вуглекислого газу дещо менша від швидкості руху молекул азоту та кисню. Тому спочатку покази манометра зменшуються. Вийнявши пористий циліндр із склянки, спостерігають поступове вирівнювання рівнів рідини в манометрі, що свідчить про вирівнювання тиску газу в посудині з тиском навколишнього повітря. Але рідина в колінах манометра не залишається на одному рівні: через деякий час манометр покаже збільшення тиску в пористому циліндрі.



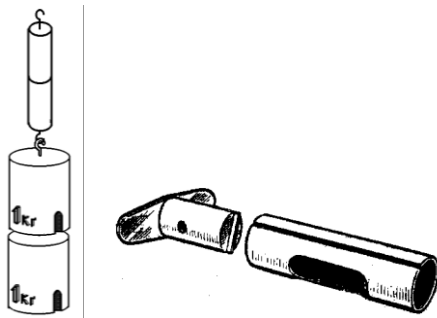
1. Чи можна в досліді використати металевий манометр?
2. Чому відрізняються результати дослідів з різними газами?
3. Яка роль пористої посудини в досліді?

Дослід 13-09. Притягання молекул

Обладнання. Свинцеві циліндри; ніж для зачищення торців циліндрів; набір важків; два універсальних штативи із муфтами; металевий стрижень, міцна нитка.

Зміст і послідовність виконання завдання

У муфтах штативів високо над столом закріплюють стрижень. Старанно зачищають торці циліндрів, скориставшись спеціально виготовленим для цієї мети ножом. Якщо такого ножа немає, то на свинцеві циліндри для зручності зачистки торців надівають почергово металеву муфту таким чином, щоб торець циліндра ледве-ледве виступав за край муфти. Гострим сталевим ножом зачищають свинець, намагаючись зробити торцеву поверхню рівною та чистою (мал. 138). Свинцеві циліндри прикладають один до одного зачищеними поверхнями та міцно притискають їх, злегка повертаючи відносно поздовжньої осі. Після цього зчеплені циліндри підвішують за один гачок на стрижень, а до іншого гачка поступово підвішують тягарці, поступово збільшуючи їх масу. При вдалій підготовці поверхонь, зчеплені циліндри витримують навантаження в кілька кілограмів. Щоб захистити кришку демонстраційного стола від удару тягарців при можливому падінні, під установкою доцільно розмістити ящик з піском або прив'язати нижній циліндр ниткою до стрижня.



Мал. 138



1. З якою метою поверхню свинцевих циліндрів перед дослідом зачищають?
2. Для чого з'єднуючи циліндри, їх потрібно повертати на деякий кут, поступово насуваючи один торець на інший?

Дослід 13-10. Прилипання скляної пластинки до води

Обладнання. Штатив універсальний з муфтою і лапкою; чутлива пружина (гумова нитка); скляна пластинка з гачком; кристалізатор; підймальний столик; вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

У муфті штатива закріплюють лапку, у якій затискають кінець пружини чи гумової нитки. пружину. До нижнього кінця пружини підвішують скляну пластинку з гачком і помічають розтяг пружини. (Якщо у фізкабінеті немає такої пластинки, її можна виготовити самостійно, вирізавши із скла квадратну пластинку розмірами 100×100 мм та прикріпивши до неї гачок за допомогою водостійкого клею і промивши її для видалення жирних забруднень). На підймальному столику під пластинкою встановлюють кристалізатор та наливають у нього воду. Підіймаючи платформу столика вгору, знизу до пластинки підводять кристалізатор з водою, слідкуючи за тим, щоб пластинка була паралельною поверхні води. Після того, як пластинка доторкнеться до води, кристалізатор повільно опускають. При цьому пружина помітно розтягується (порівнюють цей розтяг із тим, який вона мала при підвішеній до неї пластинці), що свідчить про наявність молекулярного зчеплення між молекулами води та скла.

Дослід можна повторити з іншими рідинами (гас, олія та ін.). Порівнявши максимальні розтяги пружини при використанні

різних рідин роблять висновки щодо залежності міжмолекулярних сил від речовини.



1. Чому пластинку перед використанням в досліді з водою потрібно обезжирити?
2. Як забезпечити рівномірність опускання столика?

Дослід 13-11. Дифузія молекул твердого тіла в рідину

Обладнання. Кодоскоп; саморобна кювета з органічного скла; калію перманганат; тепла та холодна вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

Із органічного скла виготовляють кювету розмірами $150 \times 100 \times 20$ мм. Посередині її розділяють водонепроникною перегородкою. Встановлюють кювету на столик кодоскопа та наливають в одну її частину теплу воду шаром 10 мм, а в іншу її частину – таку ж кількість холодної води. У обидві частини кювети у воду опускають невеличкі кристалики перманганату калію. Вмикають живлення кодоскопа та спостерігають на екрані, як біля кристаликів утворюються малинові плями, які поступово збільшуються. Це свідчить про дифузію молекул перманганату калію у воду. Швидкість зростання малинкової плями в теплій воді більша, ніж у холодній. Це свідчить про залежність швидкості дифузії від температури.



1. Як візуально відділити теплу воду від холодної?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Яка частина речовини може бути названа молекулою?
 2. Про що свідчить зміна об'єму речовини при зміні температури?
 3. Які приклади дифузії можна навести учням?
 4. Як можна продемонструвати зміну об'єму твердих тіл при нагріванні, якщо відсутня куля Гравізанда?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 14. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА

Мета роботи. Оволодіти методикою й технікою проведення дослідів з основ термодинаміки в основній школі. Вивчити основні прилади, які застосовуються в демонстраційному експерименті з основ термодинаміки.

Особливості експерименту з теми

Тема "Теплові явища" вивчається у 8 класі. Перед вчителем ставиться завдання сформулювати в учнів початкові уявлення про коло явищ, які вивчаються в розділі "Термодинаміка", та фізичні поняття й величини, які використовуються для їх опису. Більшість демонстрацій носить ілюстративний характер, коли учні лише спостерігають те чи інше явище. Тому при проведенні дослідів з теми "Теплові явища" особливо актуальною проблемою є забезпечення доброї видимості та виразності демонстрацій, доступності їх для розуміння учнями.

Практично всі демонстрації пов'язані з використанням джерел теплової енергії, які повинні мати потужність, яка забезпечувала б швидке нагрівання. А умови техніки безпеки застерігають від застосування джерел з високою температурою, небезпечною для експериментатора. Тому в системі демонстраційного експерименту здійснено не тільки підбір порівняно безпечних нагрівачів, але й таких приладів і матеріалів, які не вимагають для одержання належного ефекту високої температури та довгого нагрівання. Прикладом може бути використання в демонстрації плавлення такої легкоплавкої речовини як гіпосульфит (тіосульфат натрію). разом з тим не рекомендується використовувати легкоплавкий нафталін через його інтенсивну сублімацію.

Особливе застереження потрібно зробити щодо застосування спиртівки як джерел енергії. Присутність рідкого спирту не дозволяє нахилити спиртівки чи запалювати їх від інших спиртівки безпосередньо. Особливої обережності вимагає

використання "сухого спирту". Продукти його згоряння, а особливо його пара після гасіння полум'я, сильно забруднюють повітря, що вимагає забезпечення доброї вентиляції приміщення, де використовується "сухий спирт".

У багатьох дослідах суттєвою частиною досліду є констатація зміни температури. Існуючі рідинні термометри не можуть задовольнити вимоги, які ставляться до демонстраційних установок, через незначні розміри і утруднене зняття їх показів. Тим більше, що спиртові термометри не можна застосувати при вимірюванні температури кипіння води, оскільки температура кипіння спирту становить лише 80°C. У зв'язку з цим проблема фіксації зміни температури розв'язується шляхом застосування електричних термометрів або теплоприймачів з манометрами. Останні хоча й не дають можливості точно виміряти температуру, але мають належну демонстративність і чутливість в якісних демонстраціях, де не передбачено встановлення точного значення температури.

Підготовка до виконання роботи

- 1.** Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Теплові явища".
- 2.** Знайти відповіді на запитання:
 1. Які основні поняття використовуються для опису теплових явищ?
 2. Що таке внутрішня енергія і кількість теплоти?
 3. Що таке питома теплоємність?
 4. Які фізичні величини описують агрегатні перетворення речовин?
 5. Які фізичні явища використовуються для вимірювання температури?
 6. У якій формі вивчається закон збереження енергії в теплових явищах?
- 3.** Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.
- 4.** Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

Дослід 14-01. Нагрівання металевого дроту при швидкому його згинанні

Обладнання. Відрізки алюмінієвого дроту діаметром 1,5...2 мм і довжиною близько 10 см.

Зміст і послідовність виконання завдання

Беруть відрізок алюмінієвого дроту й починають часто його згинати й розгинати. Після цього на дотик визначають температуру згину, яка буде суттєво вищою за кімнатну.

Дослід 14-02. Нагрівання свинцевої пластинки на електроплитці

Обладнання. Лабораторна електроплитка з закритою спіраллю; свинцева пластинка; термодатчик з манометром.

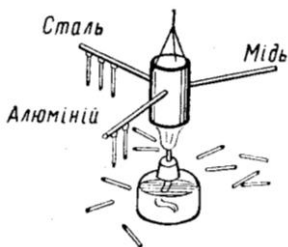
Зміст і послідовність виконання завдання

Термодатчик з'єднують із водяним манометром і вирівнюють рівні води в ньому. Корпус термодатчика кладуть на стіл темною поверхнею вгору. Свинцеву пластинку кладуть на термодатчик і звертають увагу учнів на те, що рівень рідини в манометрі не змінився. Після цього вмикають електроплитку в мережу, на її поверхню кладуть свинцеву пластинку. Через 2...3 хвилини пінцетом знімають пластинку і кладуть поруч з термодатчиком. Рівень води в манометрі суттєво змінюється, що свідчить про підвищення температури пластинки.

Дослід 14-03. Теплопровідність твердих тіл

Обладнання. Прилад для дослідження теплопровідності різних металів; штатив універсальний з муфтою; спиртівка; віск; цвяхи довжиною 20...30 мм.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 139

Прилад закріплюють у муфті штатива та до кожного стрижня за допомогою воску прикріплюють по 4 цвяхи на однакових відстанях один від одного та від з'єднувальної шайби (мал. 139). Нагрівають шайбу на спиртівці й спостерігають, як плавиться віск та відпадають цвяхи в порядку, який залежить від теплопровідності матеріалу, з якого виготовлено стержні.



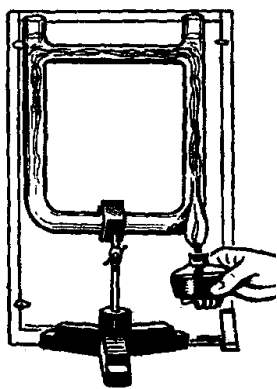
1. Чому місце з'єднання стрижнів розміщене в циліндрі з азбестовою прокладкою?
2. Чим можна замінити віск для кріплення гвіздочків?

Дослід 14-04. Конвекція в рідинах

Обладнання. Прилад для демонстрації конвекції води; штатив з лапкою; спиртівка; сірники; марганцевокислий калій; вода; настільний білий екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Прилад для демонстрації конвекції води закріплюють у вертикальному положенні в лапці штатива, наливають у нього



Мал. 140

воду таким чином, щоб її рівень був вище горизонтальної трубки на 1...2 см (мал. 140). Позаду нього розташовують білий настільний екран. У один із нижніх кутів приладу за допомогою спеціальної ложечки опускають декілька кристаликів марганцевокислого калію, загорнутих у фільтрувальний папір? Спиртівкою підігрівають трубку в тому місці, де знаходиться кристалик. Спостерігають конвекційний рух забарвленої води.



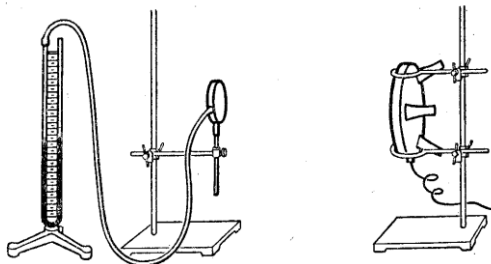
1. Які дидактичні переваги цього досліду перед іншими?
2. З якою метою кристалики марганцівки на початку досліду загортають у фільтрувальний папір?

Дослід 14-05. Нагрівання тіл випромінюванням

Обладнання. Теплоприймач; гумова трубка; рідинний манометр; штатив універсальний з муфтою; електроплитка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Закріплюють теплоприймач у муфті штатива. Один кінець гумової трубки під'єднують до теплоприймача, а інший – до одного з колін манометра. Електроплитку розташовують на відстані 10...15 см від теплоприймача на одному з нею рівні (мал. 141).



Мал. 141

Вмикають електроплитку в мережу. Якщо теплоприймач повернути чорною стороною до плитку, рівень рідини в коліні манометра, під'єднаному до теплоприймача, опуститься. Це свідчить про нагрівання повітря в теплоприймачі. Якщо ж теплоприймач повернути блискучою стороною до плитку, то нагрівання повітря в теплоприймачі майже не спостерігається.



1. Як в досліді нейтралізувати передачу енергії шляхом теплопровідності?
2. Які зміни потрібно внести в дослід, щоб дослідити випромінювальну здатність різних поверхонь?

Дослід 14-06. Конвекція повітря

Обладнання. Паперова "змійка"; електролампа потужністю 100...150 Вт у патроні на підставці або електроплитка з закритою спіраллю; підставка з голкою для магнітної стрілки.

Зміст і послідовність виконання завдання

З тонкого цупкого паперу вирізають "змійку". Для цього спочатку вирізають паперовий диск діаметром 100 мм і на ньому

креслять спіраль із 3...4 обертів. Ножицями круг розрізають на спіраль і встановлюють на вістрі підставки. На лампі, встановленій у вертикальному положенні в підставці з патроном, розміщують паперову "змійку" на вістрі. Якщо лампу вмикають в освітлювальну мережу, то "змійка" починає обертатися. Обертання "змійки" свідчить про підймання вгору нагрітого повітря.



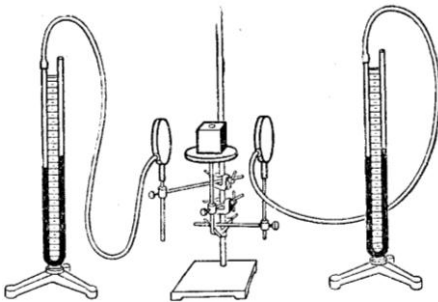
1. Чим можна замінити паперову стрілку? Свою відповідь перевірте в досліді.

Дослід 14-07. Випромінювальна здатність темних і світлих поверхонь

Обладнання. Два теплоприймачі з манометрами; куб Леслі; демонстраційний столик; два штативи з лапками; електроплитка; вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

Куб Леслі – це металева посудина, в якій одна грань світла (або навіть дзеркальна), а друга – темна. У цю посудину заливають гарячу воду. У лапках штативів закріплюють теплоприймачі так,



Мал. 142

щоб їх темні поверхні були спрямовані одна до одної. З'єднавши теплоприймачі з манометрами, вирівнюють у них тиск і ставлять по обидва боки від демонстраційного підйомного столика (мал. 142). Якщо поставити куб Леслі на столик, то рівні рідини в манометрах поступово почнуть зміню-

ватися. Проте рівень рідини в манометрі, теплоприймач якого знаходиться навпроти темної поверхні, змінюється значно швидше. Роблять висновок, що темна поверхня випромінює краще.

Дослід 14-08. Плавлення тіосульфату натрію

Обладнання. Пробірка з тіосульфатом натрію (гіпосульфітом); термометр; спиртівка; посудина з водою; штатив з лапкою й кільцем, секундомір.

Зміст і послідовність виконання завдання

Попередньо гіпосульфіт розплавляють і в нього вводять термометр, який залишається в гіпосульфіті й після його кристалізації. Починаючи дослід, пробірку з тіосульфатом натрію кріплять у лапці штатива. Знизу встановлюють склянку з водою так, щоб пробірка занурилася у воду й рівень гіпосульфіту був дещо нижчим рівня води. Воду нагрівають полум'ям спиртівки й спостерігають за показами термометра, відмічаючи його покази через рівні проміжки часу. Звертають увагу учнів на те, що при температурі 48°C з'являється рідкий гіпосульфіт. Температура залишається сталою, доки весь гіпосульфіт не розплавиться.

УВАГА! Зворотній процес охолодження з гіпосульфітом проводити не рекомендується, оскільки він здатен переходити в переохолоджений стан.



1. Чому гіпосульфіт заздалегідь розплавляють і в ньому залишають термометр?
2. Як забезпечити рівномірне в часі нагрівання пробірки?

Дослід 14-09. Кипіння води

Обладнання. Склянка з водою; термометр; спиртівка; штатив з лапкою і кільцем.

Зміст і послідовність виконання завдання

Склянку з водою встановлюють на кільці штатива й під нею розміщують спиртівку. У воду вводять термометр і закріплюють в такому стані за допомогою лапки. Запалюють спиртівку й спостерігають за водою й показами термометра. Звертають увагу на виділення бульбашок повітря й сталість температури при кипінні води.



1. Як забезпечити добру видимість показів термометра?
2. Чому в досліді потрібно використовувати свіжу, не кип'ячену раніше воду?

Дослід 14-10. Випаровування різних рідин

Обладнання. Шматок віконного скла; посудина з водою; посудина з мінеральною оливою; посудина з бензином; графопроєктор.

Зміст і послідовність виконання завдання

Шматок чистого віконного скла розміщують на столику графопроєктора й його зображення спрямовують на екран. Набираючи по черзі піпеткою воду, ефір і мінеральну оливу, наносять краплі на поверхню скла. За зображенням на екрані легко побачити, що спочатку зникає пляма бензину, потім – води, а пляма оливи зберігається тривалий час.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Як найшвидше досягти ефекту в досліді по нагріванню латунної трубки при виконанні роботи?
 2. Як працює теплоприймач?
 3. Яким боком до джерела випромінювання потрібно повертати теплоприймач в дослідіх?
 4. Для чого в приладі для демонстрації різної теплопровідності різних металів місце нагрівання оточене металевим циліндром з азбестовою прокладкою?
 5. Чому в досліді кипіння води не можна застосовувати спиртовий термометр?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота №15. ТЕПЛОТА І РОБОТА

Мета роботи. Вивчити систему демонстраційних і фронтальних дослідів, проведення яких передбачається при вивченні термодинаміки, оволодіти методикою і технікою їх проведення в умовах шкільного уроку фізики.

Особливості експерименту з теми

Початкове вивчення термодинаміки розпочинається у 8 класі. Тут розпочинається формування поняття внутрішньої енергії тіла як енергії руху та взаємодії молекул цього тіла. Використання демонстраційного експерименту на цьому етапі є дуже важливим, оскільки дозволяє сформуванню в них основні поняття теми, експериментально встановити залежності між фізичними величинами, які характеризують термодинамічні системи. У 10 класі продовжується формування понять термодинаміки. На цьому етапі вивчення демонстраційний експеримент використовується з метою підтвердження теоретичних висновків та узагальнень, одержаних з використанням математичних знань учнів.

Система демонстраційних дослідів із теми не вимагає складного обладнання та великих затрат часу на їх підготовку та проведення під час уроку й поряд із тим дозволяє значно підвищити ефективність вивчення матеріалу.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою та підручником із змістом та основними поняттями теми "Термодинаміка".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які демонстрації пропонує програма?
 2. Яка кількість годин пропонується програмою на вивчення теми?
 3. Яку енергію називають внутрішньою?
 4. Які є способи зміни внутрішньої енергії?
 5. Який процес називають адіабатичним?
 6. Який двигун називають тепловим?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

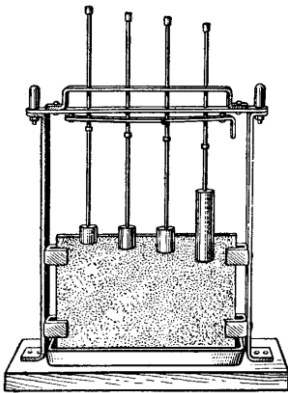
№ досліду	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Заліковий рівень</i>														
<i>Низький</i>		X			X	X		X					X	X
<i>Середній</i>		X	X	X			X		X	X				X
<i>Достатній</i>	X	X	X	X				X			X	X	X	X

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 15-01. Порівняння теплоємностей тіл однакової маси

Обладнання. Прилад Тіндаля; електрична плитка; вода; парафін.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 143

У жерстяну ванночку наливають воду та нагрівають її на електроплитці. Циліндри однакової маси, закріплені в обоймі, нагрівають у цій воді. Парафінову пластинку закріплюють у пазах стійки, підклавши знизу жерстяну кювету-форму (мал. 143). Обойму з циліндриками насаджують на стійку та одночасно опускають їх на парафінову пластинку. Різна глибина занурення циліндриків у парафін свідчить про різну теплоємність металів, із яких вони виготовлені.



1. Чому циліндрики мають різні розміри?
2. Як забезпечується одночасність опускання циліндриків?

Дослід 15-02. Зміна внутрішньої енергії тіла при виконанні роботи

Обладнання. Теплоприймач; мікроманометр; гумовий шланг; свинцева пластинка; тринога від штатива з коротким стояком та муфтою; ковадло; молоток.

Зміст і послідовність виконання завдання

Теплоприймач закріплюють у муфті штатива в горизонтальному положенні та з'єднують за допомогою гумового шланга із штуцером мікроманометра. Свинцеву пластинку кладуть на чорний бік теплоприймача й коректором мікроманометра встановлюють його стрілку на нульову поділку. Знявши свинцеву пластинку, кладуть її на ковадло й ударяють по ній кілька разів молотком. (Щоб зменшити втрати тепла, на ковадло кладуть підкладку з тонкого паперу). Нагріту ударами пластинку швидко знову кладуть на теплоприймач, відмічаючи при цьому підвищення тиску повітря в ньому. Отже, внаслідок виконання механічної роботи зростає внутрішня енергія свинцевої пластинки. (Тепло нагрітої пластинки способом теплопередачі передається повітрю всередині теплоприймача, завдяки чому його внутрішня енергія зростає, а отже, зростає й тиск повітря, що й фіксується мікроманометром).



1. Як відновлюються рівні води в обох колінах манометра?
2. Як компенсувати змін тиску в теплоприймачі під дією ваги свинцевої пластинки?

Дослід 15-03. Зміна внутрішньої енергії тіла при теплопередачі

Обладнання. Скляна колба; гумова пробка з пропущеною через неї скляною трубкою; рідинний манометр; гумовий шланг; тринога від універсального штатива з коротким стояком і лапкою; спиртівка; сірники; ацетон (етер).

Зміст і послідовність виконання завдання

Колбу закривають гумовою пробкою, через яку пропущено скляну трубку. На цю трубку надівають гумовий шланг, який з'єднують з коліном манометра.

Внаслідок незначного нагрівання колби спостерігають зниження рівня рідини в коліні манометра, з'єданому з колбою, що свідчить про зростання внутрішньої енергії повітря в колбі. Після того як колба охолоне, на її поверхню капають кілька крапель ацетону та спостерігають підймання рівня рідини (в тому самому коліні, в якому він знижувався при нагріванні) внаслідок зменшення внутрішньої енергії повітря, за рахунок якої зростає енергія ацетону, що випаровується. (Колбу можна охолоджувати покладеною на неї ганчіркою, змоченою холодною водою).

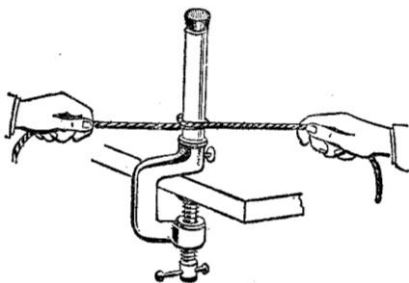
Дослід 15-04. Зміна внутрішньої енергії при виконанні роботи

Обладнання. Трубка для дослідів із парою або трубка Тіндаля; пробка для трубки; шнур для натирання трубки; ефір або ацетон; тринога; струбцина.

Зміст і послідовність виконання завдання

Трубку для дослідів із парою або трубку Тіндаля встановлюють на краю демонстраційного стола, міцно прикрутивши

струбциною (мал. 144). У трубку наливають 1...2 мл ефіру чи ацетону та щільно закривають її пробкою. Один раз обмотують трубку шнуром, кінці якого беруть у руки, та натирають трубку, тягнучи шнур то в один, то в інший бік. Через певний час пробка, виштовхнута паром рідини, з шумом вилітає із трубки. На основі досліду роблять висновок про зміну внутрішньої енергії при виконанні роботи.



Мал. 144

Дослід 15-05. Перехід внутрішньої енергії у механічну

Обладнання. Трубка для дослідів із паром або трубка Тіндаля; пробка для трубки; спиртівка; штатив із довгим стояком; лапка; кільце; дві муфти; сірники; вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

У трубку наливають 2...3 мл води (горючі рідини наливати не можна, оскільки їх пара в суміші з повітрям може вибухнути!), закривають щільно пробкою та затискають її в лапці штатива. Трубку необхідно орієнтувати так, щоб вона була розташована до горизонту під кутом 30° ... 50° , а політ пробки відбувався впоперек класу. Під трубкою на кільці встановлюють спиртівку так, щоб її полум'я доторкувалося до бічної поверхні трубки. Через деякий час вода закипає і її пара виштовхує пробку. З досліду роблять висновок про перетворення внутрішньої енергії в механічну.

Дослід 15-06. Адіабатичне стиснення повітря (1)

Обладнання. Товстостінна скляна посудина з широким горлом і тубусом; електронний термометр; ручний повітряний насос (насос Шінца); гумова пробка.

Зміст і послідовність виконання завдання

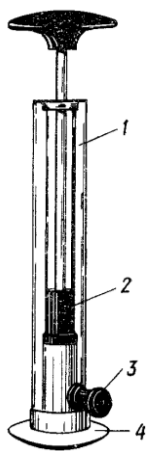
Скляну посудину закривають гумовою пробкою, через яку всередину посудини введено датчик від електронного термометра. Тубус сполучають із повітряним насосом. Накачуючи в посудину повітря, помічають, що температура повітря в ній підвищується. Нагадують учням, що з аналогічним явищем вони стикаються, коли накачують повітря в шини велосипедного колеса.

Дослід 15-07. Адіабатичне стиснення повітря (2)

Обладнання. Прилад "Повітряне вогнево"; шматочок вати чи тополиного пуху; етер; бензин.

Зміст і послідовність виконання завдання

На дно приладу "Повітряне вогнево" (мал. 145) кладуть маленький шматочок вати, змочений бензином, або ж згорточок тополиного пуху. відкривши клапан 3, декілька разів підіймають і опускають поршень. Після цього, піднявши поршень, закривають клапан і різко вдаряють по ручці, з'єднаній з поршнем. Усередині циліндра відбувається спалах пари бензину (тополиного пуху).



Мал. 145

1. Чому для ефективності досліді потрібно різко вдаряти по ручці?
2. Яка потреба в прокачуванні повітря в циліндрі перед дослідом?

Дослід 15-08. Адіабатичне розширення повітря

Обладнання. Товстостінна скляна посудина з широким горлом і тубусом; ручний повітряний насос (насос Шінца); гумова пробка; прилад для тіньового проектування.

Зміст і послідовність виконання завдання

Скляну посудину закривають гумовою пробкою та ставлять на край демонстраційного стола, ближче до класної дошки. Посудину освітлюють за допомогою приладу для тіньового проектування, який розміщують ззаду та трохи нижче від посудини.

За допомогою насоса накачують повітря в посудину доти, доки з неї не вилетить пробка. Повітря швидко виходить із посудини й у результаті розширення швидко охолоджується. Це приводить до утворення в посудині туману, який легко спостерігати. Для більшої чіткості досліду перед його демонстрацією дно посудини слід змочити водою і всередину кинути запалений сірник.



1. Для чого внутрішню поверхню посудини змочують водою?
2. Яка роль сірника в досліді?

Дослід 15-09. Адіабатичне розтягування та стискання гуми

Обладнання. Гумова повітряна кулька; електронний демонстраційний термометр; нитки.

Зміст і послідовність виконання завдання

Із оболонки гумової повітряної кульки вирізають смужку шириною 5...6 см. До середини смужки за допомогою ниток

прикріплюють датчик демонстраційного термометра. Після цього смужку згортають уздовж її ширини в трубку таким чином, щоб провідники від датчика вийшли всередині довжини трубки. Швидкими рухами обох рук розтягують гуму та помічають, що її температура при цьому підвищується. Давши гумі деякий час для охолодження (у розтягнутому стані), надають їй можливість швидко стиснутись. Помічають, що температура гуми при цьому знижується. (Якщо в фізикабінеті немає електронного демонстраційного термометра, то з гумової кульки нарізають стільки смужок, скільки пар учнів у класі. Роздають смужки учням та пропонують їм самостійно проробити дослід, використовуючи як датчик зміни температури свою власну щоку).

Дослід 15-10. Принцип дії теплового двигуна (дослід Дарлінга)

Обладнання. Скляний циліндр висотою 20...25 см та діаметром не менше 5 см; гаряча вода; анілін; піпетка; електрична плитка малої потужності.

Зміст і послідовність виконання завдання

У скляний циліндр наливають воду, нагріту майже до кипіння. Рівень води не повинен доходити до краю на 3...4 см. Зверху у воду крапають 3...4 краплини аніліну. Краплини тонуть, оскільки густина аніліну більша за густину нагрітої води. Нагрівшись, краплини спливають догори, оскільки густина нагрітого аніліну менша за густину води. Через деякий час анілін охолоджується, густина його стає більшою за густину води, і він знову опускається на дно. Процес повторюється доти, доки температура води не знизиться настільки, що густина аніліну стане більшою від густини води.

Якщо циліндр з водою поставити на електричну плитку малої потужності, яка дозволить підтримувати температуру води сталою, то дослід буде продовжуватись необмежено довго.

**Дослід 15-11. Будова та дія чотиритактного двигуна
внутрішнього згоряння**

Обладнання. Модель чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння; джерело живлення.

Зміст і послідовність виконання завдання

На моделі двигуна з'ясовують його будову та призначення кожного елемента. Під'єднують до моделі двигуна джерело струму. Обертаючи ручку моделі, демонструють всі такти роботи двигуна.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Які є способи зміни внутрішньої енергії тіла?
 2. Що свідчить про зменшення внутрішньої енергії тіла?
 3. Що свідчить про збільшення внутрішньої енергії тіла?
 4. Навести приклади переходу внутрішньої енергії у механічну.
 5. Яка будова чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння?
3. Виконати творче завдання, запропоноване вчителем.

Робота № 16. ВЛАСТИВОСТІ ПАРИ ТА ГАЗІВ

Мета роботи. Ознайомитися з основними дослідями, що демонструються при вивченні властивостей газів і пари та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами уведення основних понять і закономірностей. Сформувати основні практичні вміння постановки експерименту.

Особливості експерименту з теми

Демонстраційний експеримент може використовуватись для показу явищ, для якісної ілюстрації залежностей між фізичними величинами та для встановлення кількісних закономірностей. Демонстраційний експеримент для встановлення кількісних закономірностей вимагає досить значних затрат часу, що зв'язано, в основному, з обробкою експериментально одержаних даних. З метою економії часу на уроках можна обмежитись лише показом якісного характеру залежностей між параметрами газу.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Властивості газів і пари".
2. Знайти відповіді на запитання
 1. Які досліді при вивченні властивостей газів і пари рекомендує програма з фізики?
 2. На які досліді спирається виклад цього матеріалу у підручнику з фізики?
 3. За яким принципом діє електричний термометр?
 4. Яка послідовність підготовки електричного термометра до вимірювань?
 5. Які, на Вашу думку, переваги в навчальному експерименті має електричний термометр порівняно з рідинним?
 6. Які правила експлуатації приладу для вивчення газових законів?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>Заліковий рівень</i>											
<i>Низький</i>	X							X	X	X	
<i>Середній</i>	X	X	X	X		X			X		
<i>Високий</i>	X		X	X	X		X	X	X		X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

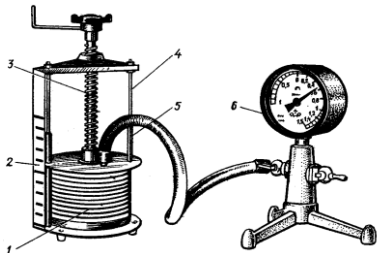
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 16-1. Закон Бойля-Маріотта (1)

Обладнання. Металевий сільфон, гумова вакуумна трубка, металевий мановакууметр.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для вивчення газових законів є спеціальний прилад, який складається з металевого гофрованого циліндра (сільфона) і з'єднаного з ним гумовим шлангом демонстраційного манометра (мал. 146).



Мал. 146

Сільфон 1 за допомогою гвинта 3 можна розтягувати й стискати. При цьому об'єм повітря в сільфоні змінюється пропорційно до зміни висоти сільфона. Шкала 2 дає змогу визначити зміну об'єму сільфона в умовних одиницях. Початковий об'єм сільфона – 5 умовних одиниць, а кінцевий –

10. Щоб запобігти надмірному розтягуванню сільфона, на вертикальні стержні 4 надіто дві обмежуючі трубки 5. Тиск у сільфоні можна вимірювати мановакуумметром, яким комплектується прилад, або манометром 6.

Закон Бойля-Маріотта демонструються так. Відкривають обидва крани мановакуумметра й з'єднують його з сільфоном гумовою трубкою. Обертаючи гвинт сільфона, встановлюють його кришку на поділку 5. Закривають вільний кран мановакуумметра. Тепер стан газу в сільфоні характеризується об'ємом 5 умовних одиниць і тиском, який показує мановакуумметр. Змінюють об'єм сільфона поворотом гвинта до 10 умовних одиниць. Кожного разу із зміною об'єму на 0,5 умовних одиниць вимірюють тиск газу. Значення об'єму і відповідні їм значення тиску заносять у таблицю. Перемножують відповідні значення об'єму й тиску й переконуються, що вони приблизно однакові. За даними досліду варто побудувати графік залежності між об'ємом і тиском.



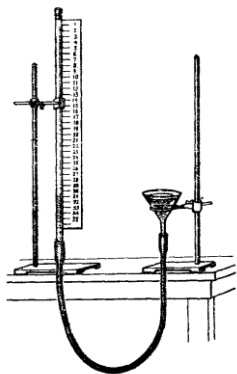
1. Чому при відліку показів мановакуумметра потрібно до них додавати одиницю?
2. Чому гвинт потрібно обертати повільно?
3. Чому сільфон виготовлений з металу?

Дослід 16-02. Закон Бойля-Маріотта (2)

Обладнання. Скляна трубка завдовжки 70...100 см; скляна лійка; гумова трубка; два штативи; забарвлена вода; барометр; лінійка метра.

Зміст і послідовність виконання завдання

За відсутності сільфона закон Бойля-Маріотта можна продемонструвати на установці, складеній за мал. 147.



Мал. 147

Скляна трубка має бути діаметром не менше як 0,5 см, гумова трубка – довжиною більше одного метра. Лійку розташовують трохи вище нижнього кінця трубки й заливають у неї забарвлену воду. Після цього щільно закривають гумовою пробкою верхній кінець трубки й вимірюють лінійкою довжину повітряного стовпчика у трубці. Це буде об'єм повітря в умовних одиницях. Тиск повітря в трубці дорівнює атмосферному, його визначають барометром. При підйманні лійки вгору об'єм повітря в скляній трубці зменшується, а його тиск збільшується. Він буде дорівнювати сумі атмосферного тиску й гідростатичного тиску води, який визначається різницею рівнів води у лійці й трубці. Роблять кілька вимірювань при різних положеннях лійки. Порівнюють добутки об'єму повітря на його тиск кожного разу й переконуються, що вони приблизно однакові.



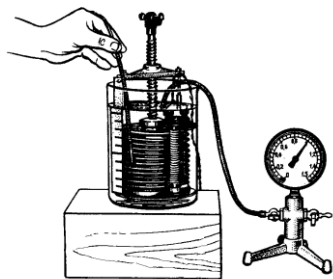
1. Чому при вищій температурі води спостерігаються відхилення від закону Бойля-Маріотта?

Дослід 16-03. Залежність об'єму газу від температури за сталого тиску

Обладнання. Прилад для вивчення газових законів; термометр; скляна банка; лід або сніг; гаряча вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації досліду складають установку за мал. 148.



Мал. 148

Установлюють початковий об'єм газу в сильфоні 5 умовних одиниць. Сильфон поміщають у посудину з холодною водою, добавляючи для цього у воду лід або сніг, температуру газу фіксують термометром. Кран, що з'єднує манометр з атмосферою, закривають. Переносять сильфон у посудину з теплою водою ($40\dots45^{\circ}\text{C}$) і після прогрівання сильфона змінюють

його об'єм так, щоб тиск у ньому став рівним початковому. Фіксують об'єм і температуру газу. Дослід повторюють, помістивши сильфон у гарячу воду ($70\dots80^{\circ}\text{C}$). Для кожного досліду знаходять відношення об'єму до температури й переконуються, що воно приблизно однакове. У цьому досліді температуру води можна вимірювати демонстраційним рідинним термометром.



1. Як зміниться дидактична цінність досліду при використанні електричного термометра?
2. Чому не можна проводити вимірювання відразу після занурення сильфона в воду?

**Дослід 16-04. Залежність тиску газу від температури
за сталого об'єму**

Обладнання. Прилад для вивчення газових законів; електричний термометр; скляна банка; лід або сніг; гаряча вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації використовують установку попереднього досліду. Установлюють об'єм газу в сильфоні довільно,

наприклад, 8...10 умовних одиниць і в процесі проведення досліду його не змінюють. Поміщаючи сиффон у холодну, теплу й гарячу воду, фіксують значення температури газу і відповідні їм значення тиску. Порівнюють відношення тиску до температури для кожного досліду і роблять висновок.

Дослід 16-05. Залежність між об'ємом, тиском і температурою для даної маси газу

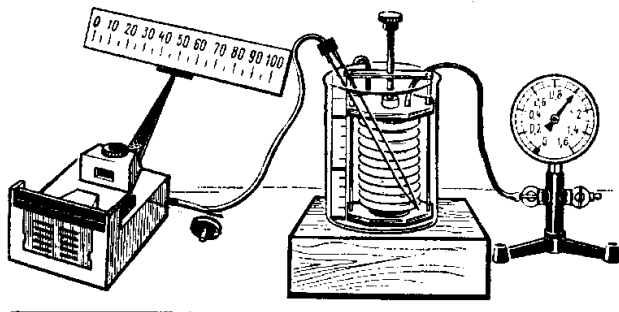
Обладнання. Сиффон; мановакууметр; гумовий шланг; посудина з водою; електричний термометр; лід або сніг; гаряча вода.

Зміст і послідовність виконання завдання

За допомогою гумового шланга сполучають манометр із сиффоном, закривають вільний кран манометра. Звертають увагу учнів на те, що тиск газу в сиффоні дорівнює атмосферному. Користуючись кімнатним термометром, визначають температуру повітря в класі T_1 . Об'єм газу в сиффоні $V = Sl$, але оскільки переріз сиффона сталий, то об'єм газу в ньому можна виражати в умовних одиницях, які чисельно дорівнюють його висоті l , тобто $V = l_{\text{ум. од.}}$. Записують на дошці параметри стану газу в посудині та обчислюють значення виразу p_1V_1/T_1 , яке також записують на дошці.

Занурюють сиффон у посудину з гарячою водою ($60^\circ\text{C} \dots 70^\circ\text{C}$), довільно змінюючи об'єм газу в сиффоні, визначають його тиск (мал. 149). Вимірявши температуру газу в сиффоні (вона дорівнює температурі води, оскільки сиффон виготовлений з металу, а він є добрим провідником тепла) обчислюють значення виразу p_2V_2/T_2 та записують його на дошці.

Занурюючи сиффон у посудину з холодною водою ($10^\circ\text{C} \dots 15^\circ\text{C}$), знову повторюють дослід та обчислюють значення p_3V_3/T_3 . Порівнюють одержані в усіх трьох дослідах значення виразів pV/T та роблять відповідний висновок.



Мал. 149

Занурюють сильфон у посудину по черзі з холодною, теплою й гарячою водою. Кожного разу довільно встановлюють об'єм газу в сильфоні, фіксують об'єм, температуру й тиск газу. Для кожного стану обчислюють значення pV/T і роблять висновок.



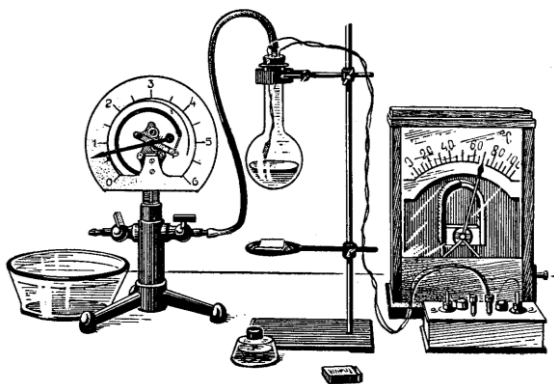
1. Від яких факторів залежить якість експерименту?
2. Як забезпечити сталість температури протягом одного досліду?

Дослід 16-06. Залежність тиску насиченої пари від температури та незалежність тиску насиченої пари від об'єму (1)

Обладнання. Демонстраційний напівпровідниковий термометр; демонстраційний металевий манометр; круглодонна колба; гумова пробка для закривання колби з отворами, крізь які пропущено скляну трубку й проводи датчика напівпровідникового термометра; вода; спиртівка; сірники; штатив.

Зміст і послідовність виконання завдання

Круглодонну колбу приблизно на третину наповнюють водою, закріплюють у лапці штатива й щільно закривають гумовою пробкою, через яку пропущено проводи датчика напівпровідникового термометра й скляна трубка; останню гумовою трубкою з'єднують з патрубком металевого манометра (мал. 150). Стрілку манометра встановлюють проти першої поділки. Датчик термометра при цьому повинен не занурюватись у воду, а висіти над її поверхнею.



Мал. 150

Відкривають обидва крани манометра й нагрівають спиртівкою колбу. Коли вода в колбі закипить, і з патрубка манометра піде струмінь пари, кран патрубка закривають і одночасно гасять спиртівку. Пояснюють учням, що пара витіснила з колби повітря, а колба наповнена насиченою парою води, яка має при 100°C тиск, що дорівнює атмосферному. При поступовому остиганні тиск пари в колбі знижується, що й показує манометр.



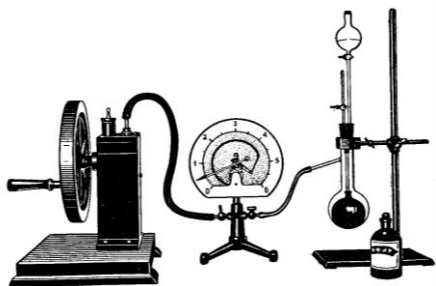
1. Чому в досліді потрібно використовувати круглодонну колбу?
2. Як забезпечити повне витіснення повітря з колби водяною парою?

**Дослід 16-07. Залежність тиску насиченої пари
від температури та незалежність тиску насиченої пари
від об'єму (2)**

Обладнання. Круглодонна колба з бічною відвідною трубкою, впаяною в горловину; гумова пробка для закривання колби з двома отворами, крізь один з яких пропущено трубку скляної лійки з краном, а крізь другий – трубку скляного крана; іграшкова гумова кулька, міцно прив'язана до вставленої в її горловину гумової пробки з отвором, крізь який пропущено скляну трубочку; відрізок гумової товстостінної трубки завдовжки 4... 6 см; штатив; демонстраційний металевий манометр; насос Комовського; дві товстостінні гумові трубки; ацетон; лічка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Круглодонну колбу з бічною відвідною трубкою, впаяною в горловину колби, закріплюють у лапці штатива й щільно закривають гумовою пробкою мал. 151). Крізь отвори в пробці пропущені трубка скляної лійки з краном і трубка скляного крана. Остання за допомогою відрізка гумової трубки з'єднана з скляною трубочкою, вставленою в отвір гумової пробки, на яку надіта і щільно прив'язана горловина іграшкової гумової кульки.



Мал. 151

Вивідну трубку колби гумовою трубкою з'єднують з одним із патрубків манометра. Відкривають усі крани. З гумової кульки насосом Комовського викачують повітря й закривають кран трубки, що входить у кульку. Закривають кран лійки й гумовою трубкою з'єднують лівий патрубок

крана манометра із всмоктувальним ніпелем насоса Комовського.

Створюють у колбі максимально можливе розрідження (стрілка манометра встановлюється при цьому майже на 0) і закривають лівий кран манометра. Швидко повернувши кран лійки (в яку перед цим наливають деяку кількість ацетону), впускають у колбу ацетон у кількості, достатній для утворення насиченої пари. Пересувна стрілка-показчик, закріплена на шкалі, показує положення стрілки манометра. Швидко повернувши відповідний кран, у гумову кульку впускають трохи повітря, яке роздуває її. Об'єм насиченої пари в колбі при цьому зменшується, а тиск її залишається незмінним. Якщо з кульки викачати повітря, то об'єм її зменшиться, отже, збільшиться об'єм, зайнятий насиченою парою, а тиск пари залишиться незмінним.



1. Яка роль гумової кульки в досліді?
2. Чому кран лійки потрібно відкривати швидко?
3. Як зменшити об'єм насиченої пари, не руйнуючи установку?

Дослід 16-08. Кипіння води при зниженому тиску

Обладнання. Скляна круглодонна колба; гумова пробка з отвором; скляна трубка; гумовий шланг; ручний насос Шінца.

Зміст і послідовність виконання завдання

У колбу наливають гарячу воду й щільно закривають пробкою зі вставленою трубкою. Зовнішній кінець трубки з'єднують шлангом з ручним насосом Шінца.

Починають викачувати повітря з колби й спостерігають бурхливе кипіння води.



1. Як забезпечити щільність прилягання скляної трубки до пробки?
2. Як замінити насос Шінца насосом Комовського?

Дослід 16-09. Виявлення водяної пари у повітрі

Обладнання. Дві хімічні склянки; вода; лід або сніг; освітлювач; підставки.

Зміст і послідовність виконання завдання

Поруч ставлять дві склянки, в одну наливають холодну воду, у другу – воду кімнатної температури. Склянки підсвічують освітлювачем з боку учнів знизу. На початку склянки прозорі. У склянку з холодною водою кидають шматочки льоду. Через деякий час поверхня цієї склянки затуманюється і покривається краплинами води. Дослід показує, що у повітрі є водяна пара.

Дослід можна поставити з кулями, які входять до комплекту електрометрів Брауна. Кулі закріплюють на підставках або у лапках штатива і підсвічують. В одну з куль кидають шматочки льоду або снігу. Через деякий час помічають, що поверхня кулі, у яку кинули лід, покривається краплинами води. Це і є сконденсована водяна пара. Поверхня другої кулі залишається блискучою.



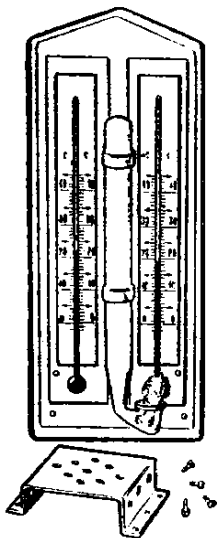
1. З якою метою застосовується освітлювач у досліді?
2. Чому у другому варіанті доцільно застосовувати кулі від електрометра Брауна?

Дослід 16-10. Вимірювання відносної вологості повітря психрометром

Обладнання. Психрометр; психрометрична таблиця.

Зміст і послідовність виконання завдання

Психрометр складається з двох однакових термометрів, що укріплені на спільній основі (мал. 152). Кульку одного з термометрів обгортають смужкою батисту або марлі, кінець якої занурюється у воду. Воду потрібно брати дистильовану, дощову або снігову.



Мал. 152

Вода випаровується з поверхні батисту, внаслідок чого температура, що показує "вологий" термометр, буде нижчою від температури "сухого" термометра. Різниця показів термометрів залежить від інтенсивності випаровування води, яка, в свою чергу, залежить від відносної вологості повітря. Відносну вологість повітря визначають за спеціальною психрометричною таблицею, яка додається до кожного гігрометра або друкується в довідниках.

За відсутності спеціального приладу можна скористатися двома побутовими термометрами.



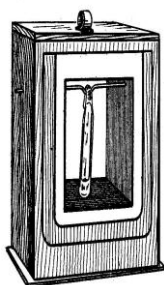
1. Які природні фактори, присутні в досліді, можуть спотворити результати?

Дослід 16-11. Спостереження критичного стану сірчистого етеру

Обладнання. Прилад Авенаріуса; проекційний ліхтар; спиртівка; сірники.

Зміст і послідовність виконання завдання

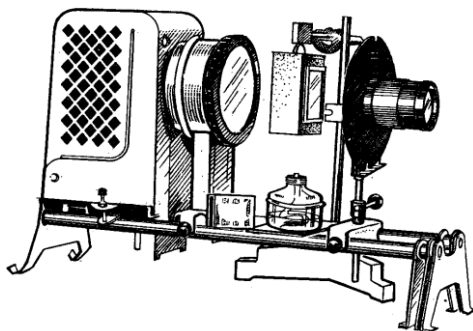
Для спостереження критичного стану сірчистого етеру в проекції на екран використовується прилад Авенаріуса (мал. 153). Цей прилад складається з металевого ящика прямокутної



Мал. 153

форми, у передній і задній стінках якого є віконця, що закриваються висувними скляними пластинками. До приладу додається запаяна скляна ампула, приблизно наполовину заповнена сірчанним етером. Ампула має скляний гачок, за допомогою якого її можна підвішувати до дротини, закріпленої всередині ящикка між його бічними стінками. До верхньої стінки ящикка приварено металеве кільце для підвішування на стрижні, затиснутому в муфті штатива.

Для демонстрування ящикок з підвішеною в ньому ампулою й закритими скляними віконцями встановлюють перед конденсором проекційного ліхтаря (мал. 154), проєктують на екран і нагрівають спиртівкою.



Мал. 154

При нагріванні тиск і густина насиченої пари етеру в ампулі збільшуються, а густина рідкого ефіру зменшується. Поверхневий натяг етеру також зменшується. При наближенні температури до критичної поверхня меніска наближається до плоскої і, нарешті, при критичній температурі розпливається. Етер в ампулі стає однорідним.

Коли температура в ящикку стане трохи більшою від критичної, спиртівку гасять і спостерігають процес переходу етеру з критичного стану в звичайний, який відбувається інакше, ніж при нагріванні. При поступовому охолодженні етері, який перебуває в критичному стані, спостерігається опалесценція – на екрані добре видно неоднорідності, які свідчать про наявність в етері дільниць з різною густиною. Коли температура знизиться до критичної, етер переходить з критичного стану в перенасичену пару. У цей момент вміст ампули стає темним, а потім частина пари вмиє перетворюється на рідину, з'являється меніск, який відмежовує рідкий етер від його пари.



1. Чому ампулу розміщують у металевому ящикку з віконцями?
2. Чому в приладі Авенаріуса фабричного виготовлення застосовується етер?
3. Чи обов'язкове використання проєкційного ліхтаря?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Який принцип дії електричного термометра?
 2. Яке обладнання для демонстрації газових законів є оптимальним?
 3. Поясніть принцип дії медичного автоклаву.
 4. Що таке абсолютна вологість повітря?
 5. Чому сухий та вологий термометри психрометра показують різну температуру?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 17. ВЛАСТИВОСТІ РІДИН І ТВЕРДИХ ТІЛ

Мета роботи. Ознайомитися з типовим обладнанням для постановки демонстрацій з теми, дослідами, що виконуються при її вивченні, та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами введення основних явищ і понять та закономірностей, що вивчаються. Сформувати основні практичні уміння постановки експерименту з теми.

Особливості експерименту з теми

Підготовка демонстрацій з теми має низку особливостей:

- 1) видимість демонстрованих явищ є не найкращою, тому необхідно використовувати підсвітку приладів, темні та світлі екрани, світлову проекцію тощо;
- 2) скляний посуд: чашки Петрі, чашки Коха, кристалізатори, мензурки, капілярні трубки – повинні бути якісними, добре вичищеними та знежиреними;
- 3) воду при необхідності забарвлюють речовинами, які не фарбують скла: фуксином, метиленою синькою тощо;
- 4) для горизонтальної проекції вибирають посудини, які мають найбільш гладеньке дно і не мають очевидних дефектів.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою і підручником зі змістом і основними поняттями теми "Властивості рідин і твердих тіл".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Чим обумовлений поверхневий натяг рідини?
 2. Як і чому поверхневий натяг рідини залежить від температури?
 3. Яка природа явищ змочування та незмочування?
 4. Що таке відносне та абсолютне видовження тіла?
 5. Зобразіть діаграму розтягу й поясніть її особливості.
 6. Запишіть і поясніть закон Гука.
 7. Що таке дислокації у кристалах?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
<i>Заліковий рівень</i>													
<i>Початковий</i>	X		X			X	X		X				
<i>Середній</i>		X		X			X	X		X		X	
<i>Високий</i>		X		X	X	X		X		X	X	X	X

5. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 17-01. Поверхневий натяг рідини

Обладнання. Чашка Петрі з водою; голка швацька; освітлювач для тіньової проекції; підставка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Чашку Петрі ставлять на підставку. Швацьку голку змащують вазеліном і обережно кладуть на воду – голка плаває на поверхні води. За допомогою освітлювача для тіньової проекції поверхню води з плаваючою голкою проєктують на екран. На зображенні помітно, що поверхня води під голкою прогнулась і тримає голку, ніби деформована гумова плівка.

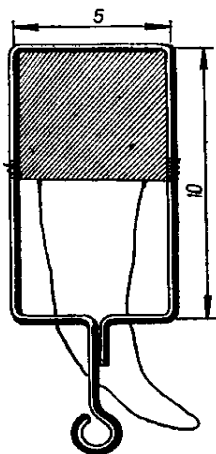


1. Для чого голку змащують вазеліном?
2. Які переваги демонстрації досліду за допомогою тіньового проєктування перед звичайною проєкцією?
3. Чому змащену голку потрібно класти горизонтально на поверхню води?

Дослід 17-02. Скорочення поверхонь мильних плівок

Обладнання. Дротяна прямокутна рамка з перетинкою; мильний розчин; хімічна склянка; освітлювач для тіньової проекції.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 155

З мідного дроту діаметром 2...2,5 мм виготовляють рамку з ручкою. Перетинку роблять з мідної дротинки діаметром 0,5 мм. Вона повинна пересуватися по рамці вільно. До перетинки прив'язують тонку нитку (мал. 155).

При демонструванні рамку змочують, занурюючи її в хімічну склянку з мильним розчином. Потім виймають рамку з розчину і тримаючи її горизонтально, розтягують плівку і спостерігають, що вона, скорочуючись, відтягує вбік перетинку до самого краю рамки. Розтягування плівки повторюють кілька разів.



1. Чому рамку потрібно тримати горизонтально?
2. Як в цьому випадку забезпечити добру видимість досліду?

Дослід 17-03. Зміна поверхневого натягу води милом

Обладнання. Універсальний проекційний ліхтар з насадкою для горизонтальної проекції (графопроектор, телекамера); чашка Петрі з чистою водою; лікоподій; мило.

Зміст і послідовність виконання завдання

На лінзу насадки для горизонтальної проєкції універсального проєкційного ліхтаря (графопроектора) ставлять чашку Петрі з водою. Вмикають освітлення й проєктують зображення чашки на екран. Щоб сфокусувати поверхню води, насипають на неї трохи лікоподію, щоб утворився рівний і тонкий його шар. Доторкаються до поверхні води шматочком мила й спостерігають, як частинки лікоподію розпливаються в усі боки від місця дотику.

Цей дослід показує, що наявність домішок мила зменшує поверхневий натяг води й сили, які діють з боку чистої води, розтягують поверхню, де є домішки.



1. Яка роль лікоподію в досліді?

Дослід 17-04. Вгнутий і опуклий меніски

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат; дві скляні трубки довжиною 8...10 см та діаметром 6...8 мм; кювета із стрижнем для проєктування; підфарбована вода; чиста вода; парафін; піпетка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Одну із скляних трубок покривають шаром парафіну. Для цього її нагрівають у полум'ї спиртівки та занурюють у розплавлений парафін. Потім трубку швидко виймають і дають змогу частині парафіну стекти. Після охолодження парафін зчищають із зовнішньої поверхні трубки. Один із кінців кожної трубки закривають гумовою пробкою.

В обидві трубки за допомогою піпетки наливають трохи підфарбованої води так, щоб висота її стовпа була 20...30 мм. У чистій скляній трубці вода змочує стінки, внаслідок чого

утворюється вгнутий меніск. У трубці, покритій парафіном, вода не змочує її стінок, тому утворюється опуклий меніск.

Утворені меніски демонструють за допомогою проектора. Для цього трубки встановлюють у кюветі, наповненій водою (рівень води в кюветі повинен бути вищим від рівня води в трубках). Кювету закріплюють у рейтері перед конденсором. Щоб утворилося пряме зображення, використовують об'єктив із оборотною призмою.



1. Яка роль кювети з водою в досліді?
2. З якою метою одну з трубок покривають парафіном?

Дослід 17-05. Принцип флотації

Обладнання. Дві пробірки з пробками; ступка; шматочок кам'яного вугілля; дрібний сухий пісок; гас; вода; піпетка; штатив для пробірок; екран; ліхтар чи настільна лампа.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дві пробірки заповнюють на 0,1 об'єму сумішшю подрібненого кам'яного вугілля та чистого, сухого дрібного піску (частинки вугілля та піску повинні мати розміри 0,1...0,2 мм). У досліді вугілля імітує корисну копалину, а пісок – пусту породу. У одну з пробірок додають краплину гасу. Потім обидві пробірки на 2/3 об'єму наповнюють чистою водою, закривають пробками та збовтують доти, поки в них не утворяться бульбашки повітря. Після цього пробірки встановлюють у штативі. У тій пробірці, де суміш була змочена гасом, частинки вугілля разом із бульбашками повітря, що прилипли до них, піднімаються вгору, утворюючи чорну піну, а частинки піску осідають на дно. У іншій (контрольній) пробірці бульбашки повітря піднімаються вгору без частинок вугілля.

Пробірки демонструють учням на фоні матового, освітленого екрана. Якщо флотація не відбувається, треба подрібнити вугілля на дрібніші частинки.

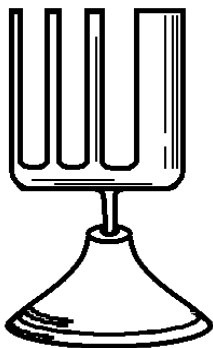


1. Для чого в одну з пробірок опускають краплю гасу?
2. Чому на часточках вугілля осідають бульбашки повітря?

Дослід 17-06. Капілярні явища

Обладнання. Прилад для демонстрації капілярних явищ; підфарбована вода; проєкційний ліхтар (телекамера); поворотна призма; екран; піпетка.

Зміст і послідовність виконання завдання



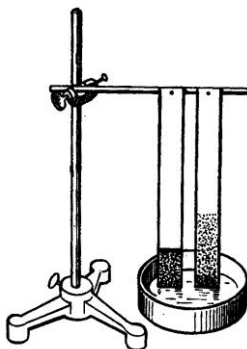
Мал. 156

Прилад для демонстрації капілярності являє собою сполучені капілярні трубки різного діаметру (мал. 156). Його встановлюють між конденсором й об'єктивом проєкційного ліхтаря і проєктують на екран. Щоб отримати пряме зображення, використовують об'єктив з оборотною призмою.

Звертають увагу учнів на те, що рівень рідини в капілярах не однаковий і залежить від їх товщини – чим менший діаметр капілярної трубки, тим вище підіймається в ній рідина.

За відсутності стандартного приладу, його можна виготовити самостійно з капілярних трубок різного діаметра.

Підняття підфарбованої води по капілярах можна показати за допомогою смужок фільтрувального паперу, як це показано на мал. 157.

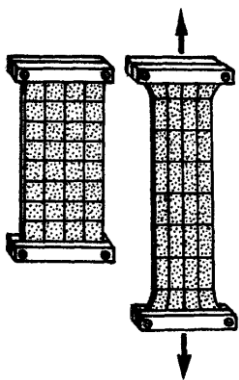


Мал. 157

Дослід 17-07. Різні види деформацій

Обладнання. Смушка тонкої гуми (8×20 см) з прикріпленими на кінцях дерев'яними планками; учнівська гумка; маркер; сталева лінійка; набір тягарців; струбцина.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 158

Короткі сторони гумової смужки затискають шурупами між двома дерев'яними планками. Поверхню смужки поділяють маркером на клітинки зі стороною 2 см. Смушку розтягують і спостерігають, що квадратики перетворилися на прямокутники, смужка стала вужчою й видовжилася (мал. 158). Після припинення дії деформуючої сили форма квадратиків відновлюється.

Характер зміни форми тіла при деформації стиску можна показати за допомогою учнівської гумки, на якій

маркером наносять сітку. Гумку стискають рукою або струбциною й показують, що товщина й ширина її збільшуються, а довжина зменшується. Вийнявши гумку із струбцини, показують, що її розміри й форма відновилися.

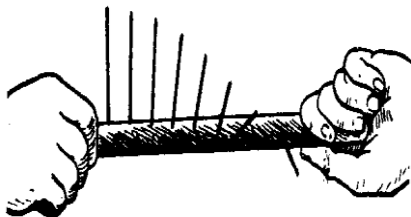
Деформацію згину показують за допомогою сталеві лінійки, прикріпленої струбциною до краю стола, а потім поклавши її кінцями на два підйомні столики й навантаживши тягарцями. Користуючись цими установками, наводять учням приклади аналогічних деформацій з техніки, пояснюють міру деформації згину, яка називається стрілою прогину, показують як вимірюється стріла прогину.

Дослід 17-08. Деформація кручення

Обладнання. Товстостінна гумова трубка діаметром 2 ...3 см та довжиною 30 см; залізні шпильки діаметром 2 мм та довжиною 10 см.

Зміст і послідовність виконання завдання

У гумову трубку через кожні 2 см вставляють залізні шпильки таким чином, щоб усі вони лежали в одній площині. Беруть трубку в обидві руки за кінці й, тримаючи один кінець нерухомо, повертають другий навколо осі трубки. Шпильки при



Мал. 159

цьому розміщуються по гвинтовій лінії, що свідчить про зсування окремих шарів трубки (мал. 159).

Значення зсуву окремих шарів трубки прямо пропорційне відстані від її осі. Отже, деформацію кручення можна звести до деформації неоднорідного зсуву.



1. За яких умов кінці шпильок будуть утворювати гвинтову лінію?
2. Як забезпечити добру видимість досліду?

Дослід 17-09. Пружна й залишкова деформація. Пластична деформація

Обладнання. Смужка тонкої гуми (8×20 см) з прикріпленими на кінцях дерев'яними планками; учнівська гумка; маркер; сталева лінійка; набір тягарців; струбцина; шматок пластиліну; свинцева пластина (2×10 см); тонкий мідний дріт; клейка стрічка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Усі деформації, про які йшлося вище, є пружними, тому, з метою ілюстрації пружних деформацій, можна використати описані вище досліди. Пластичну деформацію можна продемонструвати, використовуючи різні матеріали, наприклад, шматок пластиліну, попередньо надавши йому правильної форми, або свинцеву пластинку, яку легко деформувати вручну. Ефектною є демонстрація залишкової деформації з використанням тонкої мідної дротини, один кінець якої закріплюють у штативі, а до іншого підвішують тягарці. На початку експерименту поблизу кінців дротини клейкою стрічкою ставлять мітки й вимірюють відстань між ними. Навантажують дротину, вимірюють відстань між мітками й переконуються, що вона збільшилася. Знімають навантаження вимірюють знову відстань між мітками й приходять до висновку, що попередні розміри дротини не відновилися.



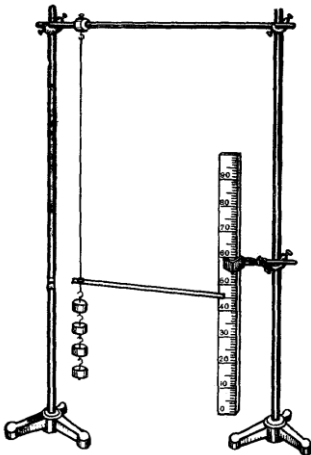
1. Чому в досліді використовується мідна дротина?
2. Якої деформації зазнає мідна дротина?

Дослід 17-10. Деформація розтягу мідної дротини

Обладнання. Два універсальні штативи; довга дерев'яна стрілка; метр демонстраційний; два набори тягарців із двома гачками; мідні дротини різного діаметра (від 0,2 мм до 1 мм) та довжиною близько 1 м, штангенциркуль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для досліду складають установку, зображену на мал. 160. Для проведення досліду до дротини підвішують послідовно один за одним тягарці масою 100 г, відмічаючи щоразу покази стрілки. На початку досліду із збільшенням навантаження пропорційно збільшується й видовження дротини (межі пружних деформацій). При подальшому зростанні навантаження ця пропорційність порушується: видовження дротини зростає швидше, ніж навантаження. Створивши навантаження, при якому метал починає "текти", помічають, що стрілка приладу продовжує помітно переміщуватись уздовж шкали навіть без збільшення навантаження. Дослід проводять доти, доки не розірветься дротина.



Мал. 160

Проводячи дослід у межах пружних деформацій та записуючи кожного разу результати досліду, можна показати, що видовження пружини прямо пропорційне прикладеній силі. Змінюючи діаметр дротини, її довжину та навантаження, можна також показати, що в межах пружності видовження прямо пропорційне початковій довжині дротини та обернено пропорційне площі її поперечного перерізу.



1. Як забезпечити високу чутливість вимірювального механізму?
2. Які дані з досліду потрібні для підтвердження закону Гука?

Дослід 17-11. Розривання стрижня за допомогою гідравлічного преса

Обладнання. Гідравлічний прес демонстраційний; пристрій для розривання металевого стрижня; металевий стрижень; штангенциркуль.

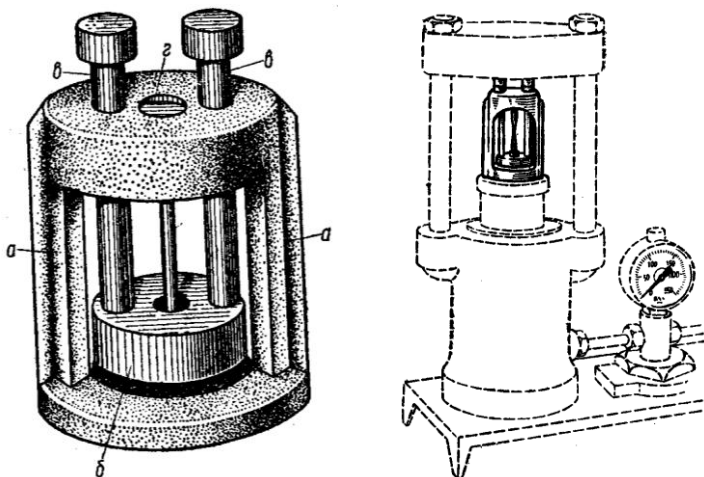
Зміст і послідовність виконання завдання

Металевий стержень, призначений для демонстрації його пластичної деформації, закріплюють у пристосуванні, показаному на малюнку 161. Установлюють пристосування між поршнем і станиною преса. Приводять прес у дію й розтягують стрижень до появи на ньому ледь помітного звуження – шийки. За допомогою штангенциркуля вимірюють довжину стержня. Відкривають кран для випуску масла з великого циліндра преса, тим самим знімаючи навантаження, і знову вимірюють довжину стрижня. Звертають увагу учнів на те, що вона не змінилася. Отже, відбулася пластична деформація стрижня.

Знову приводять у дію прес. Шийка стає все довшою. У потрібний момент (визначення якого відбувається дослідним шляхом) потрібно припинити нагнітання масла в прес. Звертають увагу учнів на те, що шийка збільшується й настає розрив стрижня без збільшення деформуючої сили.



1. Чому в досліді потрібно застосовувати спеціальний пристрій?
2. Як контролювати зміну сили пружності, не маючи динамометра?



Мал. 161

Дослід 17-12. Ріст кристалів

Обладнання. Водний розчин солі; проєкційний апарат (телекамера).

Зміст і послідовність виконання завдання

Спостереження процесу кристалізації можливе з перенасиченого розчину й з розплаву. Успішність демонстрації значною мірою залежить від якості підготовлених матеріалів. Розчини слід готувати на дистильованій і лише в крайньому випадку на кип'яченій воді.

Для приготування водного розчину можна взяти гідроксидон, хлорид амонію, нітрат калію, сульфат магнію, гексаметилентетрамін. Останні дві речовини є кращими, оскільки з їх водних розчинів швидко утворюються великі кристали, які легко спостерігати за допомогою графопроектора. Для приготування розплаву беруть тіосульфат натрія або салол.

У проєкційний апарат на місце діапозитива встановлюють чисто вимите скло, попередньо змочивши його з одного боку перенасиченим розчином солі, приготуваним для досліду. Під дією інфрачервоного випромінювання скло нагрівається й в нанесеному на нього шарі розчину починається кристалізація.



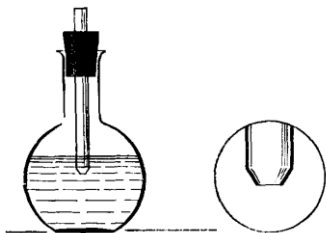
1. Чому потрібно виготовляти перенасичений розчин солі?

Дослід 17-13. Кристалізація переохолодженої рідини

Обладнання. Плоскодонна колба місткістю 250 мл; тіосульфат натрія (гіпосульфїт); посудина з гарячою водою; гумова пробка з пропущеною через неї скляною трубкою з відтягнутим нижнім кінцем; проєкційний апарат (телекамера); екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Колбу наповнюють до горловини кристалами тіосульфату. Плавлять тіосульфат, опустивши колбу в посудину з гарячою водою. Після того як тіосульфат розплавиться, колби нахиляють у різні боки, ополіскуючи її розчином тіосульфату. Це робиться для того, щоб на стінках колби не залишилося



Мал. 162

нерозплавлених кристаликів. У пробці роблять похилий отвір (щоб у ході проведення досліду тиск у колбі не змінювався) та закривають нею колбу. Закривши колбу пробкою, гіпосульфїт охолоджують під краном із холодною водою. Після охолодження колбу проєктують на екран таким чином, щоб було добре видно нижній кінець трубки (мал. 162). Вкинувши в

колбу через трубку кристалик гіпосульфїту, помічають, що як тільки він зупинився біля нижнього краю трубки, розпочинається кристалізація гіпосульфїту. Він кристалізується спочатку в трубці, а потім і в колбі.

Колбу з гіпосульфїтом можна використовувати для проведення дослідів багато разів, але перед кожним наступним використанням у неї слід доливати невелику кількість води.



1. Чому при повторних дослідах з гіосульфатом натрію в колбу потрібно додавати невелику кількість води?
2. Чому кристалики потрібно вкидати через трубку в пробці?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Як пояснити особливості поверхневого шару рідини?
 2. Як поверхневий натяг залежить від температури?
 3. Наведіть приклади використання поверхневого натягу рідин у техніці.
 4. Поясніть деформацію кручення.
 5. Як пояснити текучість металу під час розриву мідної дротини?
 6. Які матеріали необхідні для демонстрації пластичності та крихкості?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 18. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ

Мета роботи. Оволодіти методикою і технікою проведення дослідів з електростатики в основній школі. Вивчити основні прилади, які застосовуються в демонстраційному експерименті з електростатики.

Особливості експерименту з теми

Питання електростатики вивчаються у 9 класі, а також у 11 класі. Перед вчителем ставиться завдання сформулювати в учнів уявлення про коло явищ, які вивчаються в електростатиці, та фізичні поняття й величини, які використовуються для їх опису. Більшість демонстрацій носить ілюстративний характер, коли учні лише спостерігають те чи інше явище. Більшість дослідів вимагає використання ефективних і чутливих індикаторів електризації. Найчастіше в ролі індикаторів застосовують дрібненькі часточки якого-небудь діелектрика, або легкі діелектричні стрілки на вістрі від магнітної стрілки. Достатню демонстративність мають електрометри Брауна, які є невід'ємною частиною комплексу приладів кожного фізичного кабінету. Особливо ефективними є дослід з використанням електронних індикаторів електричного заряду чи поля (електрометри). Їх використання дозволяє проводити демонстрації із зняттям числових значень вимірюваних величин, що дає можливість встановлювати кількісні залежності між ними.

Проведення дослідів із електростатики вимагає високої майстерності вчителя та наявності сухого, добре провітреного класу. У багатьох дослідках можуть використовуватися джерела високої напруги: високовольтні перетворювачі, електрофорні машини. Це вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки. Слід мати також на увазі, що озон, який утворюється при електричному розряді, також небезпечний для здоров'я.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електричне поле".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які основні поняття використовуються для опису електричного поля та електричних явищ?
 2. Що таке електричне поле?
 3. Які є види електричних зарядів?
 4. Як взаємодіють наелектризовані тіла?
 5. У чому полягає закон Кулона?
 6. Що таке напруженість електричного поля? У яких одиницях вона вимірюється?
 7. Яке електричне поле називають однорідним?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Заліковий рівень</i>																	
<i>Низький</i>	X	X				X	X	X	X	X							
<i>Середній</i>	X	X	X	X	X	X	X							X	X		
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X		X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з контрольними питаннями.

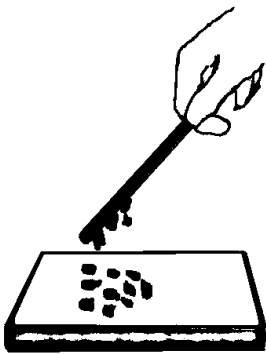
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 18-01. Електризація діелектриків

Обладнання. Скляна та ебонітова паличка довжиною 40...60 см; шматочки хутра, паперу, шовку; індикатор наелектризованості тіла (діелектрична стрілка; шматочок вати, підвішений на нитці; дрібні клаптики паперу).

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації електризації діелектриків доцільно використати палички із діелектрика (скла, ебоніту) довжиною 40...60 см, оскільки при меншій довжині паличок дослід стає менш виразним. За індикатор наелектризованості тіла можна взяти діелектричну стрілку, яку встановлюють на голці за допомогою скляного підшипника від магнітної стрілки. Можна скористатися також шматочком вати, підвішеним на нитці, або ж дрібними клаптиками паперу, які лежать на демонстраційному столі. Беруть паличку із діелектрика та підносять її до індикатора. При цьому не помічають ніякого реагування індикатора на наближення чи віддалення палички. Проводять паличкою кілька разів об хутро, шовк чи папір та підносять знову до індикатора наелектризованості. На цей раз індикатор реагує на наближення палички: стрілка повертається навколо осі, а шматочок вати чи клаптики паперу притягуються до палички (мал. 163). Беруть паличку з іншого діелектрика та повторюють дослід. Роблять висновок, що електризація тіл відбувається внаслідок дотику тіл.



Мал. 163



1. Чому в досліді використовуються діелектричні палички?
2. Чому електризація здійснюється шляхом натирання палички?
3. Як підготувати палички для ефективного досліду?

Дослід 18-02. Електризація провідників

Обладнання. Металева та діелектрична (із органічного скла) лопатки; індикатор наелектризованості тіла.

Зміст і послідовність виконання завдання

Лопатку із металу підносять до індикатора. Він не реагує на її наближення чи віддалення. Потім лопатки із металу та діелектрика натирають одна об одну, після чого металеву лопатку підносять до індикатора. По реакції індикатора судять про наелектризованість металеві лопатки. Роблять висновок, що внаслідок стикання електризуються не тільки діелектрики, а й метали.

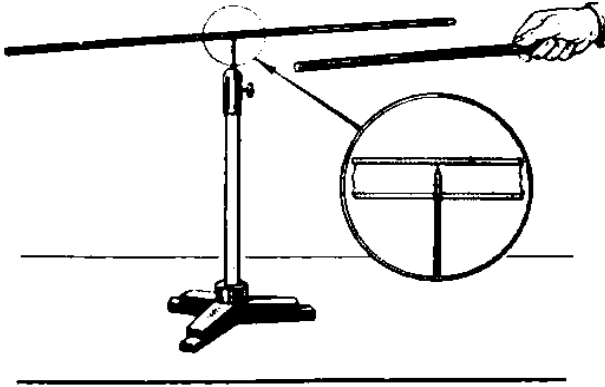
Дослід 18-03. Притягання наелектризованим тілом металевих тіл

Обладнання. Ебонітова паличка; шматок хутра; шматок сталльної труби діаметром 20...30 мм та довжиною 2...3 м; вістря на ізолюючому штативі.

Зміст і послідовність виконання завдання

Метою даного досліді є продемонструвати учням, що наелектризовані тіла притягують не тільки легкі, а й важкі тіла. При підготовці досліді навпроти центра мас труби просвердлюють в одній стінці отвір діаметром 5...6 мм та насаджують її на вістря, закріплене на ізолюючому штативі (мал. 164). При

цьому бажано, щоб труба розташовувалась горизонтально. Цього можна досягнути, обпилюючи довший кінець труби або прикріплюючи пластилінові кульки до коротшого кінця.



Мал. 164

Перед початком досліду звертають увагу учнів на те, що труба має порівняно велику масу 3...4 кг. Ебонітову паличку наелектризують об шматок хутра та підносять її до одного з кінців труби паралельно до неї. При цьому помічають, що труба притягується до палички, повертаючись на вістрі. Роблять висновок, що наелектризована паличка притягує не тільки легкі, а й важкі тіла.

Дослід 18-04. Притягання рідин наелектризованим тілом

Обладнання. Посудина з вузьким отвором біля дна; підфарбована в білий колір вода; кювета; ебонітова паличка; шматок хутра.

Зміст і послідовність виконання завдання

В отвір посудини вставляють тонку трубочку з краном. Посудину встановлюють на підставці висотою біля 0,5 м, розташованій на демонстраційному столі на фоні дошки. У посудину наливають воду, підфарбовану молоком або крейдою. Під посудиною встановлюють широку кювету таким чином, щоб вода, витікаючи з посудини через кран, потрапляла в неї.

Відкривають кран. Із посудини витікає струмінь води, який добре помітний на фоні темної дошки. Електризують паличку об хутро та підносять її до струменя води у верхній частині. При цьому помічають, що струмінь різко вигинається вгору, а вода розбризкується.



1. Як забезпечити ефективність досліду з огляду на присутність води?
2. Як пояснити розбризкування води?

Дослід 18-05. Притягання газів наелектризованим тілом

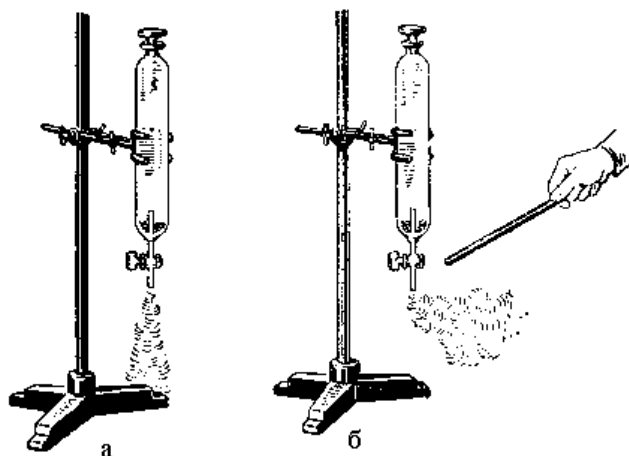
Обладнання. Спеціальна скляна посудина з пробкою, трубкою та краном; штатив універсальний із муфтою та лапкою; мідні ошурки; водний розчин азотної кислота; ебонітова паличка; шматок хутра.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації притягання газів використовують спеціальну скляну посудину з пробкою та краном. Закріпивши посудину в лапці штатива, розташовують її на білому фоні, засипають у неї мідні ошурки та заливають їх азотною кислотою. При реакції між міддю та кислотою виділяється оксид азоту NO_2 , який має яскраво-бурий колір, добре помітний на білому фоні.

Відкривши кран, спостерігають струмінь оксиду азоту, що витікає з нього (мал. 165, а). Наелектризують паличку та

підносять її до струменя газу. Помічають, що газ притягується до палички (мал. 165, б).



Мал. 165

Слід мати на увазі, що оксид азоту отруйний, тому для проведення демонстрації доцільно скористатися витяжною шафою кабінету хімії, або ж демонстрацію проводити наприкінці уроку, після чого ретельно провітрити приміщення.

Дослід 18-06. Провідники та діелектрики

Обладнання. Два ізолюючі штативи; кульові кондуктори; діелектрична стрілка на підставці; шматок дроту; нитка (шовкова або капронова).

Зміст і послідовність виконання завдання

Штативи встановлюють на демонстраційному столі на відстані 1м один від одного. У штативах закріплюють кульові кондуктори та з'єднують їх між собою дротом. Поряд із одним кондуктором розташовують діелектричну стрілку на підставці.

За допомогою палички наелектризують кондуктор, біля якого немає стрілки. При цьому помічають, що стрілка, яка розташована біля іншого кондуктора, повернулася. Роблять висновок, що електричний заряд передався від одного кондуктора до іншого через дріт.

Замінюють дріт ниткою та повторюють дослід. Помічають, що в цьому випадку стрілка залишається в спокої. Роблять висновок, що ниткою (капроною чи шовковою) електричний заряд не передається.

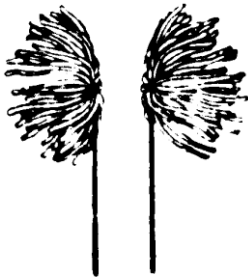


1. Як підготувати нитку, щоб дослід був ефективним?
2. Як розмістити кондуктори, щоб паличка діяла лише на один з них?

Дослід 18-07. Відштовхування однойменно заряджених тіл

Обладнання. Два ізолюючі штативи; два електричні султани; високовольтний перетворювач або електрофона машина, гнучкі провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання



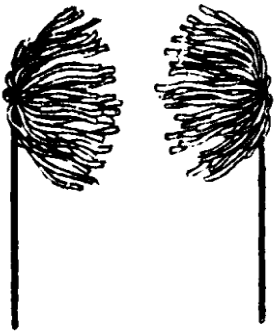
Мал. 166

Два електричні султани закріплюють на ізолюючих штативах та наелектризують їх однойменно (під'єднавши до одного полюса електрофornoї машини). При цьому листочки султанів розходяться, відхиляючись один від одного (мал. 166), що свідчить про відштовхування однойменно заряджених тіл.

Дослід 18-08. Притягання різнойменно заряджених тіл

Обладнання. Два ізолюючі штативи; два електричні султани; високовольтний перетворювач або електрофона машина, гнучкі провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 167

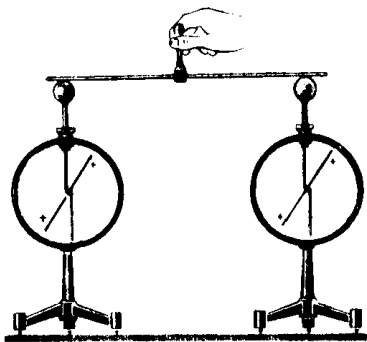
Два електричні султани закріплюють на ізолюючих штативах, встановлюють на відстані 40...50 см один від одного та надають їм різнойменних зарядів, під'єднавши до різних полюсів електрофорної машини чи високовольтного перетворювача). При цьому листочки кожного султана тягнуться в бік іншого султана (мал. 167), що свідчить про притягання різнойменно заряджених тіл.

Дослід 18-09. Подільність електричного заряду

Обладнання. Два електрометри з кульовими кондукторами; розрядник; паличка для електризації; шматок хутра чи шовку.

Зміст і послідовність виконання завдання

На електрометрах закріплюють кондуктори. Електрометри розміщують на демонстраційному столі на такій відстані один від одного, щоб розрядником можна було одночасно доторкнутися обох кондукторів (мал. 168). За допомогою палички надають заряду одному з кондукторів (при цьому стрілка електрометра відхиляється на певну кількість поділок).



Мал. 168

З'єднують за допомогою розрядника цей кондуктор із іншим, не наелектризованим. При цьому покази електрометра, на якому розміщений кондуктор, зменшуються на кілька поділок, а іншого – збільшуються на стільки ж поділок. Забирають розрядник та розряджають один із електрометрів, доторкнувшись до нього рукою. Знову повторюють дослід. Проробивши дослід кілька разів, приходять до висновку, що електричний заряд подільний.



1. Чи завжди можна розрядити кондуктор дотиканням рукою?
2. Що потрібно зробити для нейтралізації впливу оточуючих тіл на покази електрометрів?

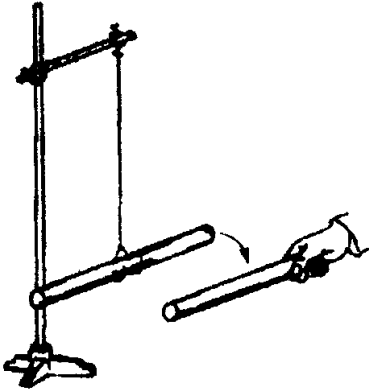
Дослід 18-10. Два роди електричних зарядів

Обладнання. Штатив універсальний з муфтою; металевий стрижень; скоба для підвішування палички; капронова жилка довжиною 30...50 см; дві ебонітові та дві скляні палички; шматок хутра; шматок шовку чи клаптик паперу.

Зміст і послідовність виконання завдання

У муфті штатива закріплюють металевий стрижень та підвішують до нього на жилці скобу.

Наелектризувавши ебонітова паличку за допомогою хутра, розташовують її на скобі таким чином, щоб вона розташувалася горизонтально та могла вільно обертатися на нитці. Іншу ебонітову паличку також електризують хутром та підносять до одного з кінців підвішеної палички (мал. 169). Помічають, що палички відштовхуються. Оскільки обидві палички виготовлені з одного й того ж матеріалу і були наелектризовані однаковим чином, то логічно припустити, що вони мають заряд одного й того ж роду. У цьому випадку палички відштовхуються.



Мал. 169

Проводять такий же дослід із двома скляними паличками, наелектризованими за допомогою шовку чи паперу. Помічають, що і в цьому випадку палички відштовхуються.

Повторюють дослід, взявши одну ебонітову та одну скляну палички, наелектризовані відповідно за допомогою хутра та шовку. У цьому випадку палички будуть притягатися одна до одної.

Повторюють дослід, взявши одну ебонітову та одну скляну палички, наелектризовані відповідно за допомогою хутра та шовку. У цьому випадку палички будуть притягатися одна до одної.

Із цих дослідів роблять висновок, що існує два роди електричного заряду. Причому, тіла, заряджені зарядами одного роду, відштовхуються, а різного роду – притягаються.



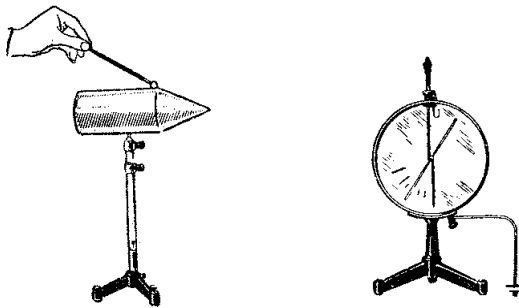
1. Чому палички потрібно наближати крайніми точками?
2. Чому в досліді доцільніше використовувати капронову жилку?

Дослід 18-11. Розподіл зарядів поверхнею провідника (1)

Обладнання. металевий циліндр з подвійним конусом; ізолюючий штатив; електрофорна машина чи високовольтний перетворювач; пробна кулька; електрометр.

Зміст і послідовність виконання завдання

Циліндр з подвійним конусом (мал. 170) закріплюють на ізолюючому штативі та наелектризують його. Доторкнувшись кулькою спочатку внутрішньої конічної поверхні кондуктора, а потім – електрометра, помічають, що його стрілка не відхиляється, а отже, зарядів на внутрішній поверхні немає.



Мал. 170

Потім проробляють те ж саме, доторкуючись кулькою в різних місцях циліндричної поверхні. При цьому стрілка щоразу відхиляється приблизно на однаковий кут, що свідчить про наближено однакову густину електричного заряду на всій циліндричній поверхні. Повторюють досліди, доторкуючись зовнішньої конічної поверхні. Помічають, що при наближенні до вершини цієї поверхні стрілка електрометра щоразу відхиляється на більший кут. Отже, поверхнева густина електричного заряду на цій поверхні неоднорова, причому вона збільшується при наближенні до вістря.

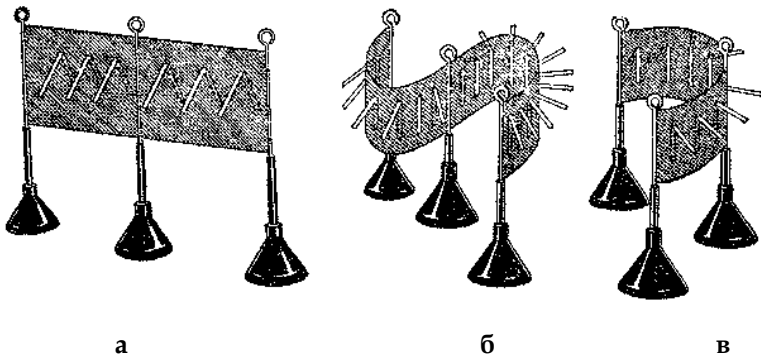
Дослід 18-12. Розподіл зарядів поверхнею провідника(2)

Обладнання. Сітка Кольбе; електрофорна машина або високовольтний перетворювач; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Сітка Кольбе складається з трьох ізоляційних підставок (мал. 171, *a*), на яких закріплена металева сітка з підвішеними до неї з обох боків паперовими листочками.

Сітку Кольбе сполучають із одним із полюсів електрофорної машини (інший полюс машини бажано заземлити). Надають сітці плоскої форми та приводять у дію електрофорну машину. Листочки, закріплені на сітці, відхиляються від сітки на однакові кути (мал. 171, *a*). Потім сітці надають зігнутої форми (мал. 171, *б*). При цьому помічають, що листочки, які знаходяться на опуклих поверхнях, відхиляються більше, а на вгнутих – менше.



Мал. 171

Надають сітці опуклої форми (або ж циліндричної). Звертають увагу учнів, що в цьому випадку листочки на внутрішніх стінках циліндра не відхиляються взагалі (мал. 171, *в*). Із проведених дослідів роблять висновок про розподіл зарядів на поверхні провідника.



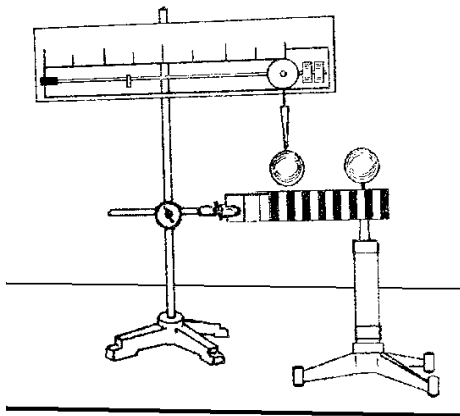
1. Чому на сітці Кольбе індикаторами електричного заряду є паперові а не металеві листочки?
2. Чому другий полюс високовольтного джерела бажано заземлити?

Дослід 18-13. Закон Кулона

Обладнання. Набір для демонстрації закону Кулона; штатив універсальний з двома муфтами та лапкою; штатив ізолюючий; ебонітова паличка; шматок хутра.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають демонстраційну установку (мал. 172), закріпивши чутливі терези горизонтально в муфті штатива. Одну кульку закріплюють у терезах, а іншу – в ізолюючому штативі та розміщують їх поруч. Аретирують терези. У муфті штатива закріплюють лінійку таким чином, щоб по ній можна було визначати відстані між кульками.



Мал. 172

Наелектризують обидві кульки та розташовують їх на такій відстані одна від одної, щоб сила взаємодії між ними була добре помітною. Зрівноважують терези, визначаючи тим самим силу взаємодії між кульками. Після цього доторкуються кульки, закріпленої в терезах, третьою кулькою. При цьому заряд кульки зменшується в два рази. Рівновага терезів порушується. Знову зрівноважують терези та визначають силу взаємодії. Порівнюють сили взаємодії та роблять висновок про залежність цієї сили від значення заряду однієї з кульок.

Повторюють дослід аналогічним чином, доторкуючись третьою кулькою до кульки, закріпленої в ізолюючому штативі. Роблять відповідний висновок. Узагальнюють висновки про залежність сили взаємодії заряджених тіл від значення заряду кожного з цих тіл.

Для з'ясування залежності сили взаємодії заряджених тіл від відстані між ними змінюють відстань між кульками (не змінюючи при цьому їх заряду) та визначаючи щоразу силу взаємодії між ними.

Із дослідів роблять узагальнений висновок про залежність сили взаємодії між двома точковими зарядженими тілами від значення заряду цих тіл та відстані між ними.



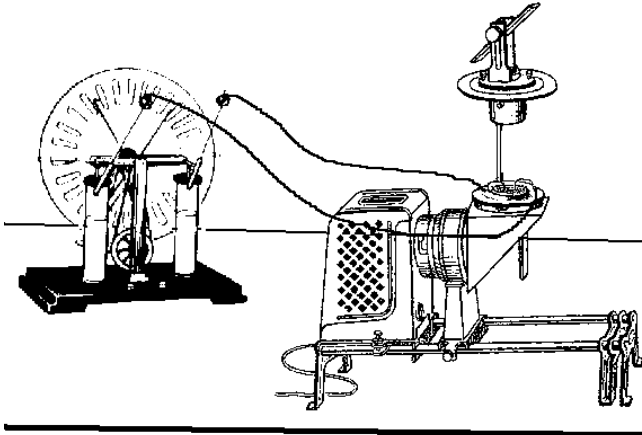
1. Наскільки точно можна підтвердити закон Кулона з описаною установкою?
2. Чому третя кулька повинна мати такі ж розміри, як і дві інші?

Дослід 18-14. Силві лінії електричного поля

Обладнання. Кювета для демонстрації вигляду силових ліній електричних полів; трансформаторна олива; кристалики гіпсу чи гідрохінону; електрофорна машина або високовольтний перетворювач; установка для горизонтальної проєкції (графопроєктор, телекамера).

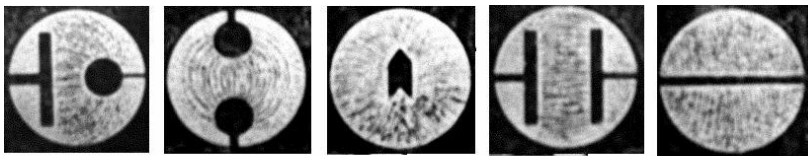
Зміст і послідовність виконання завдання

У кювету для демонстрації вигляду силових ліній електричних полів наливають трансформаторну оливу та насипають дрібні кристалики гіпсу чи гідроксиду. Установлюють відповідні електроди та розміщують кювету в проекційному апараті (мал. 173).



Мал. 173

Під'єднують електроди до відповідних полюсів електрофорної машини чи перетворювача. Вмикають проекційний апарат та утворюють на екрані чітке зображення кристаликів, які хаотично плавають в оливі. Приводять у дію високовольтне джерело та спостерігають, як під дією електричного поля розміщення кристаликів стає впорядкованим. Змінюючи форму електродів та полярність їх під'єднання до електрофорної машини, демонструють різні спектри електричних полів (мал. 174).



Мал. 174



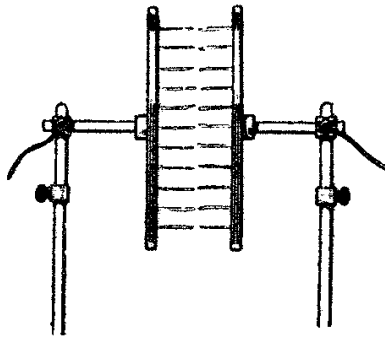
1. Чому в дослідах застосовується трансформаторна олива?
2. Чому кристалики в електричному полі утворюють ланцюжки?
3. Як і чому ланцюжки орієнтовані відносно поверхні електродів?

Дослід 18-15. Однорідне електричне поле

Обладнання. Два диски від розбірного конденсатора з приклеєними до них паперовими смужками; два ізолюючі штативи; електрофорна машина або високовольтний перетворювач; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

До кожного диска приклеюють з одного боку по 10...15 вузьких смужок тонкого паперу. Диски закріплюють в ізолюючих штативах паралельно один одному. Відстань між дисками повинна бути трохи більшою від подвійної довжини смужок. З'єднують диски з кондукторами електрофорної машини та приводять її в дію. Смужки при цьому витягуються та розташовуються горизонтально (мал. 175), вказуючи напрям силових ліній електричного поля між двома зарядженими пластинами, розташованими паралельно.



Мал. 175



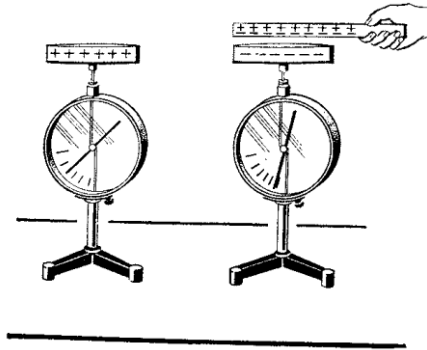
1. Чому в досліді використовуються паперові, а не металеві смужки?
2. Чому смужки орієнтуються в електричному полі пластин?

Дослід 18-16. Поляризація діелектрика

Обладнання. Електрометр; металевий диск до електрометра; паличка для електризації; пластина діелектрика.

Зміст і послідовність виконання завдання

Диск закріплюють на стрижні електрометра та електризують його за допомогою палички. Стрілка електрометра при цьому відхиляється на певний кут. До диска підносять не наелектризовану пластину діелектрика (мал. 176). Покази електрометра при цьому зменшуються. Забирають діелектрик та помічають, що стрілка повертається в початкове положення.



Мал. 176



1. Чому зменшуються покази електрометра при наближенні пластини діелектрика?
2. Як зміняться покази електрометра при наближенні металевої пластини?

Дослід 18-17. Ємність плоского конденсатора

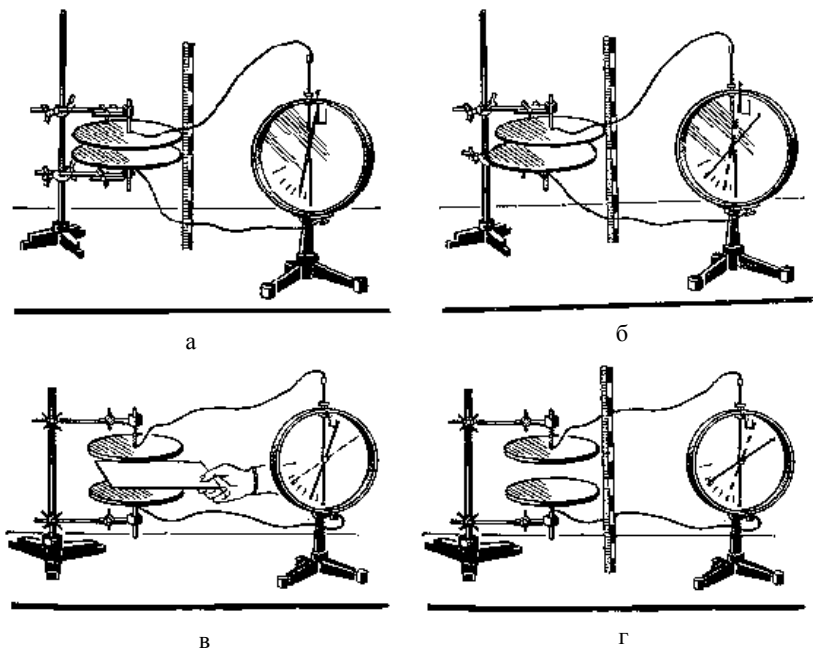
Обладнання. Штатив з двома лапками; електрометр; плоский демонстраційний конденсатор; лінійка демонстраційна; електрофорна машина або високовольтний перетворювач; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають плоский конденсатор, закріпивши пластини на відстані 5 см паралельно одна одній в лапках штатива (пластини при цьому повинні бути електрично ізольованими одна від одної). Одну з пластин приєднують до стрижня електрометра, а іншу – до його корпусу (мал. 177, а). Поруч із пластинами розташовують демонстраційну лінійку таким чином, щоб можна було визначати відстань між ними. Пригадують з учнями залежність між значеннями електричного заряду, ємності та різниці потенціалів: $C = \frac{q}{U}$. Звертають увагу учнів, що за

сталого заряду на пластині конденсатора збільшення показів електрометра свідчатиме про зменшення ємності конденсатора, і навпаки. Від джерела високої напруги заряджають конденсатор. Електрометр при цьому покаже певну різницю потенціалів. Не змінюючи відстані між пластинами, зсувають їх вбік одна відносно одної (мал. 177, б). Площа часток пластин, між якими концентрується електричне поле, зменшується. Покази електрометра при цьому зростають, що свідчить про зменшення електричної ємності конденсатора. Отже, ємність плоского конденсатора пропорційна площі його пластин.

Повертають пластини в попереднє положення (підзарядивши за необхідності конденсатор) та вносять у простір між ними пластину діелектрика (мал. 177, в). Покази електрометра при цьому зменшуються, а отже, електроємність конденсатора зростає. Тобто, електроємність конденсатора буде пропорційною діелектричній проникності середовища між його пластинами.



Мал. 177

Забирають діелектрик. Стрілка електрометра повертається в початкове положення. Збільшують відстань між пластинами, опускаючи нижню чи підіймаючи верхню пластину вздовж штатива (мал. 177, *з*). Помічають, що покази електрометра при цьому зростають, тобто, при збільшенні відстані між пластинами плоского конденсатора його ємність зменшується, а отже, ці величини є обернено пропорційними.

Узагальнюють результати досліду, записавши формулу ємності плоского конденсатора: $C = k \frac{\varepsilon S}{d}$.



1. Чому конденсатор потрібно час від часу підзаряджати?
2. Чому електрометр повинен бути під'єднаний до обох пластин?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Як надати тілу позитивного заряду?
 2. Як надати тілу негативного заряду?
 3. Як продемонструвати розташування силових ліній електричного поля?
 4. Який напрямок мають лінії напруженості електричного поля?
 5. Як продемонструвати подільність електричного заряду?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 19. ПОСТІЙНИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ

Мета роботи. Познаючись з демонстраційним експериментом до теми "Постійний електричний струм". Оволодіти методикою та технікою постановки дослідів та вміннями їх пояснювати в процесі вивчення питань теми.

Особливості експерименту з теми

При вивченні постійного струму демонстраційний експеримент широко використовують для вирішення таких дидактичних задач:

- 1) З'ясування сутності, умов виникнення та протікання електричного струму ділянкою кола, його проявів та величин, що його характеризують.
- 2) З'ясування умов існування постійного струму в замкнутому колі.
- 3) З'ясування зв'язків між величинами, які характеризують постійний струм та встановлення законів його протікання в електричних колах.

Електричний струм – явище, що обумовлене рухом мікроскопічних заряджених частинок. Про існування та закони протікання струму можна судити лише за результатами спостереження інших явищ, які його супроводжують. При підготовці та проведенні експерименту зі з'ясування сутності та умов протікання струму слід звернути увагу на те, що окремі демонстрації носять короткочасний характер, вимагають затемнення приміщення, ретельної підготовки і попередньої перевірки обладнання.

Частина демонстрацій передбачає використання математично подібних моделей і встановлення аналогій між спостережуваними в них явищами та їх характеристиками з явищем протікання струму та величинами, що його характеризують.

При проведенні дослідів зі встановлення залежностей між силою струму, напругою та опором провідників слід особливу увагу звернути на підбір приладів для демонстрацій, їх

параметри, вибір умов проведення досліду. Слід, зокрема, пам'ятати, що закони Ома справджуються за умов сталої температури та перерізу провідників. При протіканні струму провідники нагріваються і їх температура зі зміною сили струму в колі може значно змінюватися. У результаті можна одержати невідповідність результатів експерименту очікуваним. Так, при використанні при демонстрації закону Ома для ділянки кола необхідно звернути увагу на допустимі сили струмів для реостатів або спіралей демонстраційного магазину опорів і підбирати такі значення напруг, за яких вони б не нагрівалися.

Інколи для забезпечення необхідних умов проведення досліду виникає потреба в зміні меж вимірювання демонстраційних вимірювальних приладів. У цих випадках розраховують і виготовляють додаткові опори й шунти. Для виготовлення додаткових опорів можуть бути використані резистори типу МЛТ, ВС різної потужності. Для виготовлення шунтів можна скористатися листочками луженої жерсті, латуні, мідною дротиною або низькоомним реостатом з попередньо виведеним на мінімальне значення опору ковзним контактом і подальшою підгонкою меж вимірювання за зразковим приладом.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Постійний струм".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які умови протікання постійного струму?
 2. Пояснити суть поняття "стаціонарне електричне поле". У чому полягає відмінність між стаціонарним електричним полем та однорідним електростатичним полем?
 3. Поясніть закон Ома для ділянки кола з точки зору класичної електронної теорії.
 4. Який фізичний зміст понять електрорушійна сила, напруга, спад напруги?
 5. Що таке внутрішній опір джерела струму, спад напруги на внутрішньому опорі джерела?

6. Які методи визначення електрорушійної сили та внутрішнього опору Ви знаєте?
7. Як розрахувати шунт чи додатковий опір для електровимірювального приладу?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

№ досліду	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Заліковий рівень</i>													
<i>Низький</i>	X					X	X	X	X			X	X
<i>Середній</i>	X		X		X	X	X	X		X	X		
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

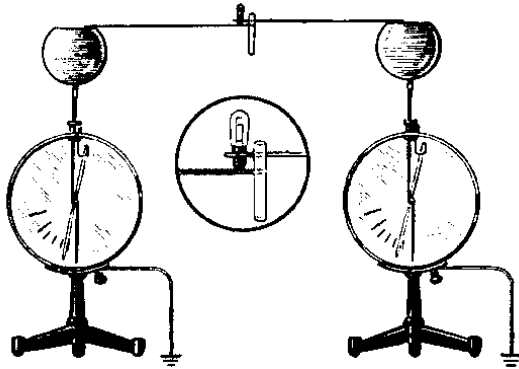
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 19-01. Короткочасне існування електричного струму в провіднику (1)

Обладнання. Електрометри з кульовими кондукторами – 2 шт.; розрядник на ізолюючій ручці з неонову лампою; ебонітова (скляна) паличка зі шматком хутра (шовку); штативи ізолюючі – 2 шт.; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Видозмінюють розрядник на ізолюючій ручці. Неонову лампочку, наприклад МН-3, закріплюють на ізолюючій ручці з двома провідниками (сталеві або мідні дротини діаметром 0,8...1 мм і довжиною 20...25 см) так, як показано на мал. 178.



Мал. 178

Лампочка вгвинчується в зігнутий у вигляді одного витка спіралі кінець однієї дротини й своїм центральним контактом дотикається до другої дротини, закріпленої у цій же ручці.

На два електрометри встановлюють кульові кондуктори та заземлюють їхні корпуси.

Зарядивши один із електрометрів від джерела високої напруги, з'єднують за допомогою провідників на ізолюючій ручці з неонову лампочкою заряджений електрометр з незарядженим електрометром. Спостерігають, як при цьому на короткий час спалахує неонову лампочка. Звертають увагу, що стрілка першого електрометра показує зменшення потенціалу кондуктора, а стрілка другого електрометра відхиляється при цьому на такий же кут, що й у першого: потенціали електрометрів вирівнюються.

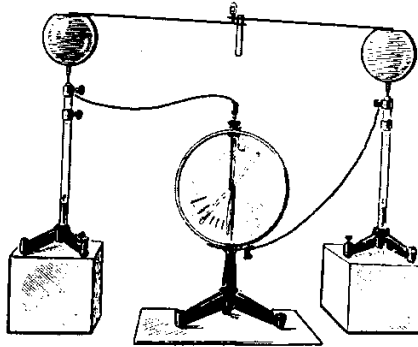
Оскільки світіння лампочки порівняно слабке, дослід повторюють кілька разів у напівзатемненому класі, щоб одночасно можна було спостерігати за лампою й за показами електрометрів.

Дослід 19-02. Короткочасне існування електричного струму в провіднику (2)

Обладнання. Електрометри; кульові кондуктори – 2 шт.; розрядник на ізолюючій ручці з неонову лампою; ебонітова (скляна) паличка зі шматком хутра (шовку); штативи ізолюючі – 2 шт.; з'єднувальні провідники; ізолюючі штативи – 2 шт.; пластина діелектрика.

Зміст і послідовність виконання завдання

Видозмінюють установку (мал. 179). Електрометри ставлять на ізолюючу підставку (скло, гетинакс) і розташовують між ізолюючими штативами, на яких установлені кульові кондуктори, та з'єднують з їхніми затискачами.



Мал. 179

Заряджають один з кондукторів, наприклад, від ебонітової палички, а інший – від скляної. З'єднують кондуктори провідниками на ізолюючій ручці із неонову лампочкою і спостерігають наявність короткочасного струму за світінням неонову лампочки при нейтралізації зарядів. При цьому стрілка електрометра або спадає до нуля, якщо заряди були однаковими, або покаже деяку різницю потенціалів, меншу, ніж раніше.

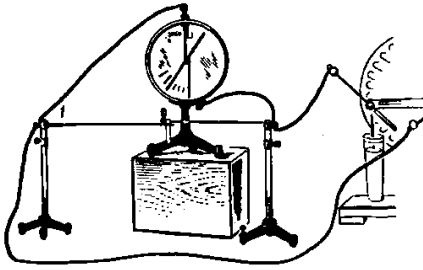
Дослід 19-03. Одержання безперервного струму (1)

Обладнання. Електрометр; електрофорна машина або високовольтний перетворювач; розрядник на ізолюючій ручці з неонову лампочкою; провідники сполучні; волога дерев'яна паличка або трубочка, пофарбована тушшю.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку з електрофорною машиною (мал. 180).

Між провідником з неонову лампою й затискачем ізолюючого штатива включають великий опір у вигляді дерев'яної палички або паперової трубочки, пофарбованої тушшю або покритої



Мал. 180

тонким шаром графіту від простого олівця. З'єднують затискачі штативів із електрофорною машиною. Обертають ручку електрофорної машини й спостерігають безперервне світіння неонову лампочки, електрометр показує наявність різниці потенціалів.

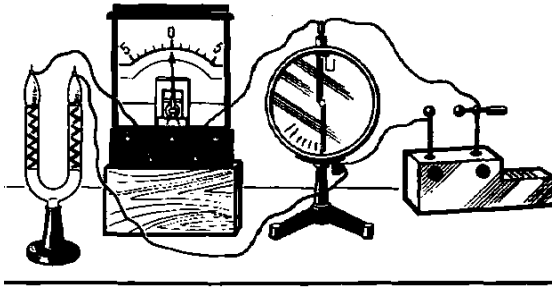
Дослід 19-04. Одержання безперервного струму(2)

Обладнання. Електрометр; джерело високої напруги; гальванометр демонстраційний; газорозрядна трубка на стояку.

Зміст і послідовність виконання завдання

Складають установку згідно з мал. 181. Замість провідника із неонову лампочкою вмикають газорозрядну трубку. Для вимірювання сили струму послідовно з газорозрядною трубкою

вмикають гальванометр. Паралельно газорозрядній трубці приєднують електрометр.



Мал. 181

Вмикають високовольтний перетворювач. Спостерігають світіння газорозрядної трубки та звертають увагу на відхилення стрілки гальванометра, який показує наявність струму в колі, та стрілки електрометра, що свідчить про існування різниці потенціалів.

Переходять до пояснення елементів, з яких складається коло й розглядають питання про необхідність джерела струму як пристрою, що підтримує постійну різницю потенціалів на кінцях провідника.

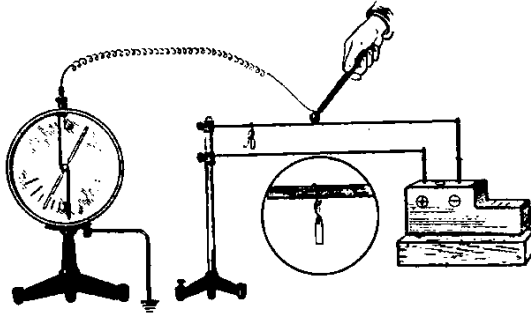
**Дослід 19-05. Спадання потенціалу
вздовж провідника зі струмом**

Обладнання. Перетворювач високовольтний або електрофорна машина; електрометр; штатив ізольований; два відрізки паперової (телеграфної) стрічки довжиною по 80...100 см; пробна кулька на ізольованій ручці; легкорухома стрілка-індикатор з алюмінієвої фольги на дротяному підвісі; з'єднувальні провідники; підставка ізольована.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для цього досліду як провідник з великим опором застосовують паперову стрічку, на поверхню якої по всій довжині рівномірно

наносять м'яким графітовим олівцем провідний шар. Стрічку розрізають на дві частини й збирають установку за мал. 182.



Мал. 182

З одного боку стрічки приєднують до кондукторів перетворювача або електрофорної машини, а інші кінці закріплюють під гвинтовими затискачами ізолюючого штативу. Заземлюють корпус електрометра й приєднують до нього провідник, з'єднаний із пробною кулькою.

Спочатку показують, що за відсутності струму (кінці стрічок на ізолюючому штативі не з'єднані між собою) заряджені стрічки мають однаковий потенціал по всій довжині. Для цього пробною кулькою, з'єднаною з електрометром, корпус якого заземлений, доторкаються стрічки в різних її точках і переконуються, що скрізь покази електрометра однакові. З'єднують стрічки послідовно й знову вимірюють потенціали уздовж всієї лінії. Тепер потенціали в різних точках виявляються неоднаковими. Поверхня провідника, яким проходить струм, не є екіпотенціальною. Біля джерела високої напруги покази електрометра будуть максимальними. У міру наближення до штатива спостерігається поступовий спад потенціалу.

Приєднавши корпус електрометра до одного з кондукторів перетворювача (електрометр ізолюють від стола), показують інший розподіл потенціалу вздовж провідника.

Спадання потенціалу вздовж провідника зі струмом означає, що існує складова напруженості електричного поля, спрямована вздовж провідника; силові лінії в цьому випадку, на

відміну від електростатичного поля, не перпендикулярні до поверхні провідника, а мають деякий нахил до напрямку струму. Щоб продемонструвати цю відмінність, підвішують легку стрілку-індикатор до верхнього провідника так, щоб вона могла вільно повертатися вздовж нього (мал. 182, у колі).

Спочатку показують, що стрілка розташовується перпендикулярно до зарядженого провідника, коли в ньому відсутній струм. Для цього ізолюючий штатив ставлять на підставку, щоб провідники мали деякий нахил до горизонту, а стрілка висіла прямовисно. При увімкненні перетворювача стрілка встановлюється перпендикулярно до провідника. Переставляють стрілку в різні місця на провіднику й спостерігають аналогічну картину.

Установлюють штатив знову на столі й з'єднують місце розриву проводів. Тепер при увімкненні перетворювача спостерігають, що стрілка встановлюється не перпендикулярно, а під деяким кутом до провідника, вказуючи на зміну напрямку силових ліній. Стрілку в цьому випадку теж доцільно підвішувати в різні місця на провіднику (не дуже далеко від місця розриву).

При зміні напруги перетворювача змінюється й кут нахилу стрілки-індикатора.

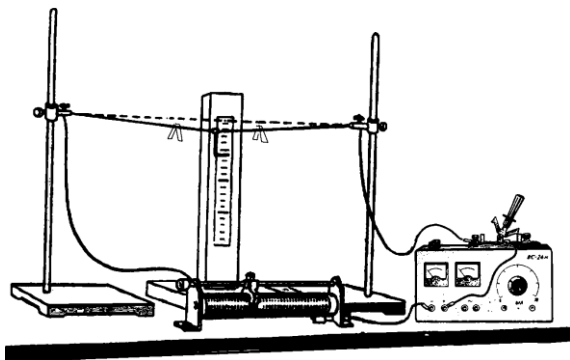
Дослід 19-06. Теплова дія електричного струму

Обладнання. Два ізолюючі штативи; високоомний дріт довжиною 30...50 см; вузькі смужки паперу (3...5 шт.); джерело струму регульованої напруги; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

До кінців високоомного дроту приєднують з'єднувальні провідники й закріплюють кінці високоомного дроту в затискачах ізолюючих штативів. Штативи розташовують уздовж демонстраційного стола так, щоб високоомний дріт натягнувся. Високоомний провідник за допомогою з'єднувальних провідників послідовно з реостатом, повзунок якого встановлено

на максимальне значення опору, приєднують до джерела струму. Якщо використовується джерело струму з регульованою напругою (наприклад В-24), можна обійтися без реостата, попередньо вивісивши регулятор на нульове значення напруги. На високоомний дріт накладають зігнуті навпіл паперові смужки (мал. 183).



Мал. 183

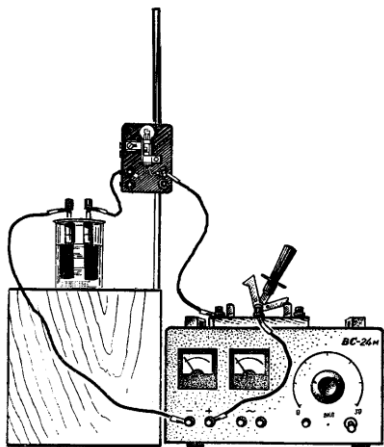
Вмикають джерело струму й поступово збільшують силу струму в колі, повертаючи регулятор напруги або пересуваючи повзунок реостата. Звертають увагу, що при повороті ручки регулятора джерела струму дріт спочатку провисає, а потім починають перегорати начеплені на нього паперові смужки. Це свідчить про те, що провідник нагрівається під час проходженні по ньому струму.

Дослід 19-07. Хімічна дія струму

Обладнання. Хімічна склянка; вставка до хімічної склянки із закріпленими в ній двома вугільними електродами або прозора ванна для демонстрації електролізу; з'єднувальні провідники; лампочка на 6 В (10...20 кд) у патроні; мідний купорос; посудина з водою; джерело струму (типу В-24), яке дозволяє одержувати силу струму в колі до 2 А; вимикач.

Зміст і послідовність виконання завдання

Вугільні електроди зачищають і закріплюють у тримачах. Приєднують до тримачів вугільних електродів та вимикача з'єднувальні провідники і через вимикач та лампочку під'єднують до джерела струму (мал. 184).



Мал. 184

Наливають у хімічну склянку (ванну) розчин мідного купоросу. Установлюють тримачі вугільних електродів на хімічний стакан. При цьому не менш як на дві третини вугільні електроди мають бути занурені в розчин. Джерело струму встановлюють на напругу 6 В. Замкнувши вимикач, перевіряють, чи світиться лампочка. Якщо лампочка жевріє, можна

вважати, що підготовка до демонстрації закінчена. Якщо лампочка не світиться, збільшують концентрацію розчину мідного купоросу, підвищують напругу у колі.

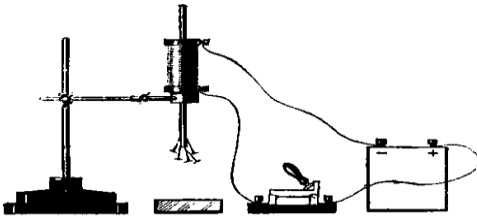
Вмикають джерело струму й замикають вимикач. Напругу джерела встановлюють такою, щоб лампочка світилася не на повну потужність (сила струму в колі 0,8...1 А). Звертають увагу учнів на утворення пухирців газу біля електрода, приєднаного до негативного полюса джерела. Через 2...3 хвилини струм вимикають і вийнявши електроди з розчину звертають увагу, що на електроді, приєднаному до негативної клеми джерела струму, утворився бурий наліт міді. Відкладання міді й виділення газу при проходженні струму свідчить про те, що при проходженні струму відбуваються зміни хімічного складу речовини.

Дослід 19-08. Магнітна дія струму

Обладнання. Котушка від розбірного електромагніту; штатив універсальний; джерело постійного струму; залізні гвіздки в коробці; з'єднувальні провідники; вимикач.

Зміст і послідовність виконання завдання

У лапці універсального штатива закріплюють вертикально сталевий стрижень від штатива або осердя розбірного електромагніту (мал. 185).



Мал. 185

Поруч із штативом розміщують джерело струму та котушку від розбірного електромагніту. Підносять до закріпленого в штативі стрижня коробку з цвяхами, інші залізні предмети, показують відсутність у нього

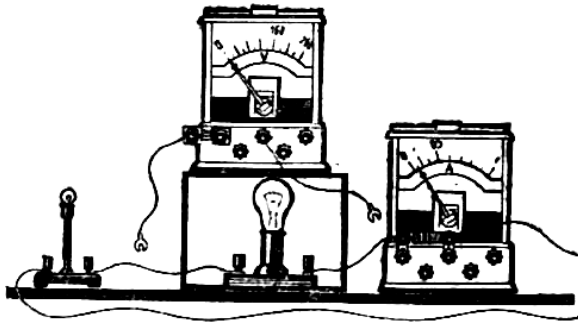
магнітних властивостей. Надягають на стрижень котушку, приєднують її через вимикач до джерела струму з напругою 3...4 В і знову підносять знизу до стрижня коробку з цвяхами. Коли вмикають струм, цвяхи притягуються до стрижня й повисають на ньому гроном. При вимиканні струму цвяхи відвалюються й падають у коробку.

Дослід 19-09. Уведення поняття напруги. Вимірювання напруги

Обладнання. Амперметр із шунтом і шкалою для вимірювання змінного струму до 1 А; вольтметр із додатковими опорами й шкалою для змінного струму; лампа розжарення 40 Вт, 220 В; лампочка на 3,5 В, 0,28 А; автотрансформатор із регулятором напруги або реостат на 500 Ом, 0,6 А; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Лампу потужністю 40 Вт, 220 В, лампочку на 6,3 В, 0,3 А й амперметр з'єднують послідовно й без вимикача приєднують до виходу регулятора напруги типу РНШ (мал. 186). Як шунт можна використати лабораторний реостат на 6 Ом, приєднавши його паралельно до демонстраційного гальванометра-амперметра. У цьому разі спочатку встановлюють мінімальний опір реостата. Можна послідовно з'єднані лампочки і амперметр увімкнути в мережу струму 220 В без регулятора напруги, тоді для запобігання можливого перегорання лампочки на 6,3 В її перед увімкненням напруги доцільно зашунтувати, приєднавши паралельно вимикач.



Мал. 186

Регулятор напруги встановлюють на мінімальну напругу, вмикають у мережу й поступово збільшують напругу до 220 В (якщо регулятор напруги не використовують, перед приєднанням кола до мережі лампочку на 6,3 В закорочують за допомогою вимикача, який розмикають після того, як лампочка на 40 Вт почне світитися). Обидві лампочки світяться. Звертають увагу учнів на те, що сила струму в лампочках однакова, тому що вони з'єднані послідовно. Однак маленька лампочка дає світла значно менше, ніж більша.

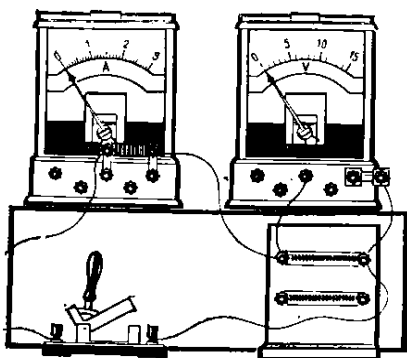
Проведений дослід показує, що дія струму залежить не тільки від сили струму. Цей висновок служить підставою для введення поняття напруги.

Дослід 19-10. Уведення поняття опору

Обладнання. Амперметр із шунтом на 3 А; вольтметр із додатковим опором на 15 В; дві дротяні спіралі 2 і 4 Ом на підставці (або демонстраційний магазин опорів); вимикач демонстраційний; ящик-підставка; з'єднувальні провідники; джерело струму типу В-24.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установка для проведення досліду зображена на малюнку 187. Найважливішою частиною цієї установки є вертикальна панель із закріпленими на ній двома провідниками опором 2 і 4 Ом.



Мал. 187

Кожний із них повинен витримувати струм до 3 А при незначному нагріванні. Такі два провідники можна виготовити різними способами. Можна, зокрема, скористатися набором дротяних спіралей на колодках для фронтальних лабораторних робіт. Із цього набору вибирають дві спіралі з можливо більш точно підігнаними опорами 2 і 4 Ом. На них позначені межі допустимої

сили струму відповідно 2 і 1 А. Однак у демонстраційному досліді можна перевищити ці межі відповідно до 3 і 1,5 А. При досягненні теплової рівноваги такі навантаження підвищують температуру спіралей, але не настільки, щоб це істотно вплинуло на результати експерименту.

Обидві спіралі закріплюють на вертикальній панелі й одну з них вмикають у коло, як показано на вказаному вище малюнку.

Для проведення досліду встановлюють ручку регулятора напруги на нуль і замикають коло. Збільшують напругу, наприклад, до 4 В і визначають силу струму.

Розімкнувши коло, приєднують з'єднувальні провідники до другої спіралі й знову повторюють дослід. У цьому випадку сила струму виявляється іншою. З досліду роблять висновок, що заміна одного провідника іншим в одному й тому ж електричному колі змінює силу струму в колі.

Далі проводять ряд вимірювань сили струму при напругах 2, 4, 6 В спочатку в одній зі спіралей, а потім при тих же напругах в іншій спіралі. Результати записують на дошці у вигляді таблиці.

На підставі одержаних результатів вимірювань, записаних у таблиці, вводять поняття про опір провідників, який для двох даних провідників виявляється рівним відповідно 2 і 4 Ом.



1. Який вигляд має таблиця, що має супроводжувати дослід?

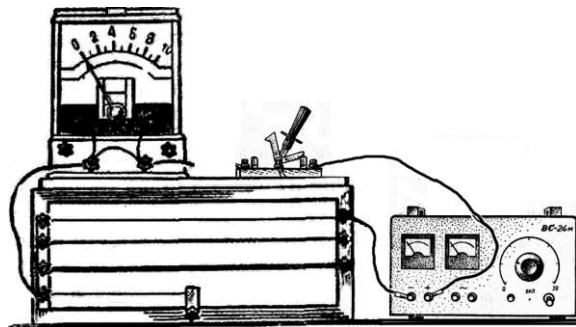
Дослід 19-11. Залежність опору провідника від його довжини, площі поперечного перерізу та матеріалу

Обладнання. Дошка із металевими провідниками; джерело струму типу В-24; гальванометр від амперметра; вимикач демонстраційний; відрізок мідного дроту діаметром 1 мм, довжиною 90 см; з'єднувальні провідники; ящик-підставка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Встановлюють прилади, як показано на мал. 188. Перед увімкненням гальванометра лівий затискач дошки з дротяними опорами з'єднують безпосередньо з вимикачем відрізком мідного дроту. Потім цей дріт уводять між затискачами гальванометра, і один затискач закручують. Увімкнувши на дошці одну з дротин із найменшим опором, замикають струм і,

збільшуючи поступово ділянку мідного дроту між затискачами гальванометра, домагаються відхилення стрілки майже на всю шкалу. Після цього установка готова для досліду.



Мал. 188

У зібраній установці вмикають по черзі в електричне коло натягнуті на дошці дроти й результати вимірювань записують на класній дошці. Судячи з показів гальванометра, переконуються в тому, що опір провідників залежить від довжини, площі поперечного перерізу та матеріалу.



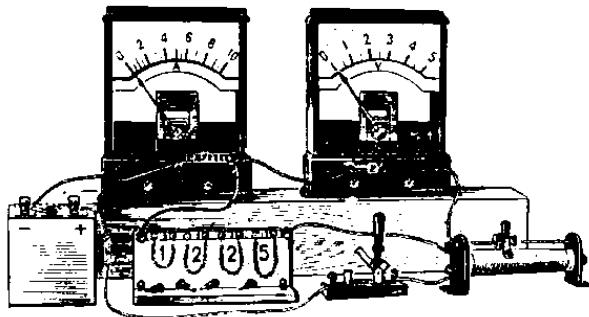
1. З якою метою мідну дротину затискають між клемми гальванометра?
2. Як на дошці передбачено збільшення площі поперечного перерізу провідника?
3. Як на дошці передбачено зменшення довжини провідника?

Дослід 19-12. Закон Ома для ділянки кола

Обладнання. Амперметр демонстраційний із шунтами на 1 і 3 А; вольтметр демонстраційний з додатковим опором на 5 В; магазин опорів; джерело постійного струму.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку за мал. 189.



Мал. 189

У коло вводять постійний опір, наприклад, 2 Ом і встановлюють на затискачах магазину опорів напругу 1 В. При цьому амперметр покаже 0,5 А.

Збільшують напругу до 2 В, 3 В і щоразу записують покази амперметра й вольтметра в таблицю.

Вмикають у магазині опір спочатку, наприклад, 4 Ом і за допомогою реостата доводять напругу на цій ділянці до 2 В. Амперметр при цьому покаже 0,5 А. Потім зменшують опір магазину, вмикаючи, наприклад, 2 Ом, 1 Ом, і щоразу за допомогою реостата або ручки регулятора напруги встановлюють постійну напругу 2 В. Покази амперметра для кожного дослідів записують у таблицю. За отриманими даними роблять висновок, що сила струму на ділянці кола обернено пропорційна його опору.

Узагальнюючи результати обох дослідів, роблять висновок про те, що сила струму на ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки й обернено пропорційна його опору (закон Ома для ділянки кола).



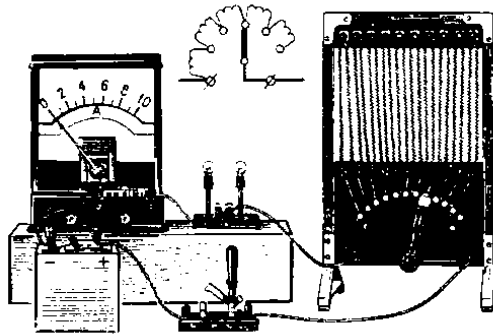
1. Який вигляд має таблиця, що містить результати дослідів?
2. Яка роль реостата з ковзним контактом у колі?

Дослід 19-13. Будова й дія реостатів

Обладнання. Демонстраційний гальванометр-амперметр із шунтом на 3 А; джерело постійного струму; лампочка на підставці (6 В, 10...20 кд або дві лампочки 6,3 В, 0,3 А); реостат важільний ($R = 10 \text{ Ом}$); реостат з ковзним контактом ($R = 15... 50 \text{ Ом}$); вимикач демонстраційний; з'єднувальні провідники; ящик-підставка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установку для демонстрації дії різних реостатів показано на мал. 190.



Мал. 190

За відсутності лампочок на 6 В, яка споживає струм силою до 1,2 А, використовують дві лампочки, з'єднані паралельно, щоб збільшити силу струму в колі й зробити тим самим помітнішими зміни в показах амперметра й у яскравості горіння лампочок при зміні опору реостата.

Спочатку показують дію важільного реостата, потім, залишаючи розташування інших приладів у колі попереднім, замінюють його реостатом із ковзним контактом.

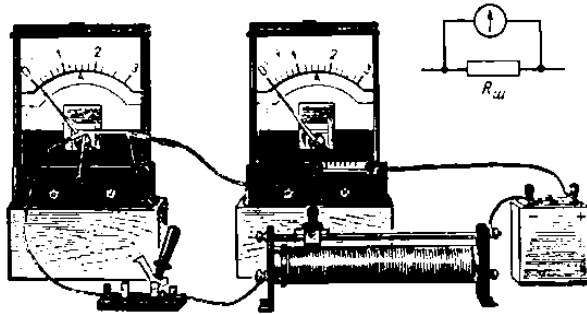
Дію того або іншого реостата виявляють за змінами показів амперметра й поступовому згасанню лампочок при введенні опору реостата, увімкненого в коло.

Дослід 19-14. Розширення меж вимірювання амперметра. Розрахунок і підбір шунта до амперметра

Обладнання. Амперметр демонстраційний; вольтметр демонстраційний; джерело живлення; два реостати – 30 Ом, 5 А і 1000 Ом, 0,4 А; саморобний шунт з мідного дроту; вимикач демонстраційний; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку за мал. 191.



Мал. 191

У коло послідовно вмикають демонстраційний амперметр із шунтом на 3 А (цей прилад служить контрольним) і досліджуваний прилад із саморобним шунтом. Як другий прилад застосовують гальванометр від вольтметра.

Шунт виготовляють із мідного дроту довжиною 270 мм і діаметром 0,7 мм; його згинають у вигляді букви П з горизонтальною ділянкою в 75 мм і вільні кінці затискають під гвинтові затискачі – середній з позначенням "+". Шкалу для цього приладу треба мати таку ж, як і в контрольного амперметра, тобто з 15 поділками й оцифровкою 0-1-2-3. Її можна нанести на чистій поверхні однієї зі шкал гальванометра або скористатися саморобною шкалою з вказаним оцифруванням. Позначення приладу закривають паперовою шторкою з

написом "А". Для ввімкнення шунта в коло користуються затискачами типу "крокодил" (від авометра).

Розташовують затискачі на горизонтальній ділянці шунта й вмикають струм. Користуючись реостатом, установлюють величину струму на контрольному приладі 1 А і спостерігають, що й інший прилад показує також 1 А.

Звертають увагу учнів на необхідність правильного ввімкнення шунта: коло приєднують до шунта, а не до приладу (мал. 191, угорі). Відімкнувши шунт від приладу, за контрольним амперметром спостерігають, що сила струму в колі майже не змінилася, струм іде головним чином через шунт, опір якого в багато разів менший опору приладу. Паралельне підключення приладу до шунта майже не змінює силу струму в колі, а отже в прилад відгалужується лише невелика частина загального струму.

Знаючи загальний струм у колі, струми через шунт і через гальванометр, а також зважаючи на те, що при паралельному вмиканні струми обернено пропорційні опорам, виводять формулу для розрахунку опору шунта.

Після цього демонструють зміну межі вимірювання амперметра при зміні опору шунта. Із цією метою переставляють один із затисків на середину горизонтальної ділянки дротового шунта й спостерігають, що покази досліджуваного приладу стали в 2 рази менші, хоча струм через контрольний прилад залишився у порівнянні з попереднім – 1 А.

Тепер досліджуваний прилад дозволяє вимірювати струм уже не до 3 А, як було раніше, а у два рази більше, тобто 6 А. Потім зменшують межу вимірювання досліджуваного приладу в 2 рази. Для цього затискачі переставляють приблизно на середини вертикальних ділянок П-подібного шунта й переконуються, що чутливість приладу зросла в 2 рази. Якщо затискачі підключати поблизу клем приладу, то його чутливість збільшиться в 3 рази.



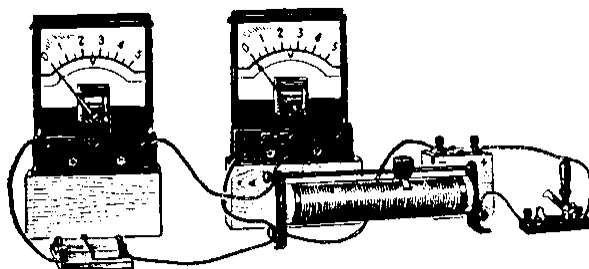
1. Як розраховується саморобний шунт до амперметра?
2. Чому коло потрібно приєднувати до шунта, а не до клем гальванометра?

Дослід 19-15. Розширення меж вимірювання вольтметра. Розрахунок та підбір додаткового опору вольтметра

Обладнання. Демонстраційний вольтметр; джерело живлення; два реостати – 30 Ом, 5 А і 1000 Ом, 0,4 А; малогабаритний високоомний реостат на 20 кОм; демонстраційний вимикач; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку за мал. 192.



Мал. 192

Демонстраційний вольтметр із додатковим опором на 5 В приєднують до затискачів потенціометра (реостат на 1000 Ом) і встановлюють напругу, наприклад, 1 В.

Як досліджуваній вольтметр застосовують гальванометр від амперметра. До його затискачів – середнього й з позначенням "+" – приєднують змінний резистор на 20 кОм. Для цього зручно скористатися керамічним резистором, закріпленим на панелі із затискачами для увімкнення його в коло й повзунком для зміни опору.

Шкалу для досліджуваного приладу зручніше зробити такою ж, як і в контрольного вольтметра, тобто з оцифрованою 0-1-2-3-4-5. Її можна нанести на вільній (зворотній) стороні шкали гальванометра або скористатися шкалою 0–10 від амперметра, замінивши її оцифровку. Позначення приладу закривають паперовою шторкою з написом "V".

Вмикають у коло вимірювальні прилади, поставивши повзунок на малогабаритному реостаті в таке положення, щоб покази випробуваного й контрольного приладів були 1 В (приблизно посередині).

Збільшують і зменшують додатковий опір і спостерігають зміну показів випробуваного приладу. Покази контрольного приладу не змінюються.



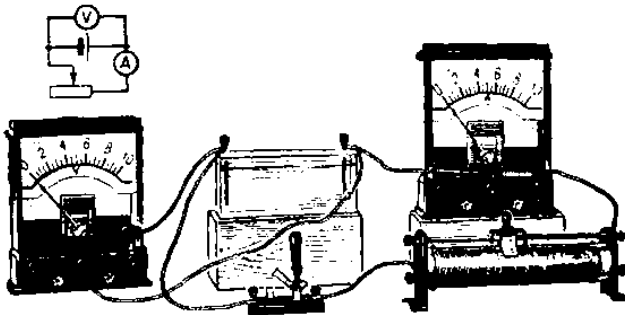
1. Як розрахувати значення додаткового опору до вольтметра?

Дослід 19-16. ЕРС і внутрішній опір джерела струму

Обладнання. Ванна електролітична типу ВЕ-1; вольтметр демонстраційний із додатковим опором на 1 В; амперметр із шунтом на 1 А; реостат на 30 Ом; вимикач демонстраційний; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Електролітичну ванну (типу ВЕ-1) з прозорого скла (мал. 193), встановлюють на підставці.



Мал. 193

Два електроди (мідний і цинковий) закріплюють у ванні на пластмасових тримачах з клемами. Тримачі разом з електродами можна переміщувати вздовж ванни. У ванну наливають розчин сірчаної кислоти та двохромовоокислого калію (100 частин H_2O , 37 частин H_2SO_4 і 16 частин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Електроди зачищають наждачним папером.

У ванну з електролітом опускають цинковий і мідний електроди, одержуючи таким чином гальванічний елемент. До створеного гальванічного елемента приєднують демонстраційний вольтметр і звертають увагу учнів на те, що стрілка приладу відхиляється на всю шкалу (1 В). Змінюють відстань між електродами й глибину занурення в електроліт. Покази вольтметра при цьому не змінюються. Отже, 1 В – це значення деякої сталої величини, яка характеризує дане джерело струму і не залежить від його геометричних розмірів. Цю величину називають ЕРС джерела струму.

Після цього до електродів елемента приєднують ділянку кола з реостатом на 30 Ом і амперметром (з шунтом на 1 А). Стрілка амперметра відхиляється – це означає, що в колі проходить струм. Вольтметр тепер показує іншу, меншу за значенням величину, – напругу. Залишаючи опір реостата (зовнішній опір) незмінним, змінюють відстань між електродами, глибину їх занурення в розчин електроліту й спостерігають за змінами сили струму в колі. Оскільки зовнішній опір не змінюється, зміна сили струму в колі визначається зміною опору між електродами елемента – внутрішнім опором джерела.



1. Чому змінюються покази вольтметра при зміні опору зовнішнього кола?
2. Як цим дослідом підтвердити закон Ома для повного кола?

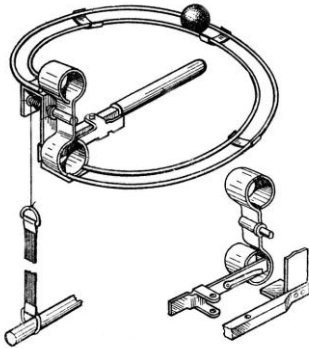
Дослід 19-17. Механічна модель електричного кола

Обладнання. Саморобна механічна модель електричного кола; універсальний штатив.

Зміст і послідовність виконання завдання

Саморобна механічна модель електричного кола (конструкція приладу розроблена М.Н. Нечипоруком) допомагає з'ясувати фізичну суть явищ, що відбуваються в електричному колі.

Спіральна доріжка приладу (мал. 194) відповідає зовнішній ділянці електричного кола, а кулька, що котиться по ній, моделює вільний носій електричного заряду.



Мал. 194

Дія електричного поля в приладі моделюється земним тяжінням. Перенесення кульки з нижнього рівня доріжки на верхній здійснюється за допомогою ротора – двох закріплених на спільній осі відрізків трубок. Ротор завдяки дії гумового джгута або пружини виконує роботу проти сили тяжіння, щоразу піднімаючи кульку, як вона скотиться, у верхнє положення на спіральній доріжці (моделює дію джерела струму в колі).

Прилад діє так. Кулька, скокуючись по доріжці, потрапляє в нижню трубку й ударом відхиляє затримувач. У цей момент ротор під дією натягнутого гумового джгута переносить кульку на верхній кінець спіральної доріжки, а затримувач під дією пружини стає у вихідне положення і не дає обернутися ротору. Перенесена на верхній кінець доріжки кулька починає скочуватися. Дія приладу повторюватиметься доти, доки не ослабне натяг гумового

джгута. Для намотування нитки на вісь ротора його обертають у напрямі руху стрілки годинника.

Прилад за допомогою стрижня, прикріпленого до нього, закріплюють у муфтах універсального штатива. Спиральну доріжку діаметром 220...260 мм можна виготовити із сталюго дроту діаметром 2,5...3 мм. Решту деталей виготовляють з м'якої сталі.

Під час демонстрування роботи приладу на верхній кінець доріжки кладуть кульку. Під дією сили тяжіння кулька починає скочуватися. Цей рух кульки в гравітаційному полі порівнюють з рухом електричних зарядів у зовнішній частині кола під дією електричного поля. Роботу проти сил тяжіння, яка виконується, коли кулька піднімається за рахунок натягу гумового джгута, порівнюють із роботою сторонніх сил у джерелі струму.



1. Чи працюватиме модель, якщо гумовий джгут замінити важком на нитці?
2. Чи доцільно з дидактичної точки зору замінити гумовий джгут важком на нитці?

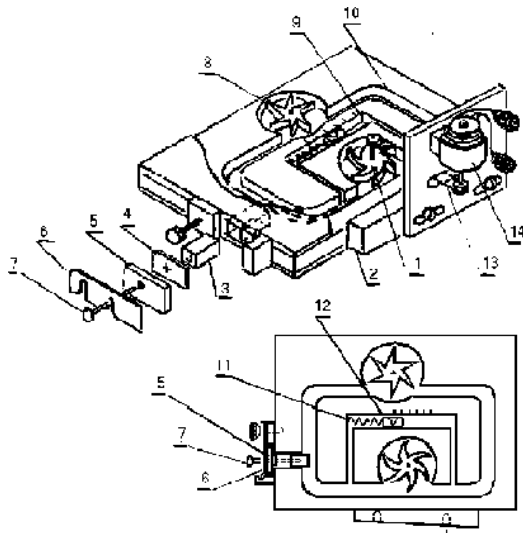
Дослід 19-18. Гідродинамічна модель електричного кола

Обладнання. Гідродинамічна модель електричного кола; джерело постійного струму (3...5 В); графопроектор.

Зміст і послідовність виконання завдання

Проекційна модель-аналогія замкнутого електричного кола є об'ємним динамічним транспарантом до графопроектора. Модель дозволяє з'ясувати динаміку процесу проходження електричного струму замкнутим колом. За її допомогою можна демонструвати залежність напруги на зовнішній ділянці кола від опору, показати різницю в значеннях ЕРС і напруги на

зовнішній ділянці кола. Конструкцію приладу представлено на мал. 195.



Мал. 195

Із прямокутної пластини оргскла, іншої пластмаси (краще непрозорої) товщиною 4 – 6 мм випилюють канали 10 (аналоги провідників), гнізда для вертушки 8 і насоса 1 (аналоги споживача й джерела струму). Стінки каналів обробляються дрібнозернистим наждачним папером. Вертушку й ротор насоса випилюють з оргскла дещо меншої товщини. Вертушку й ротор насаджують на осі, виготовлені з дюралюмінію або латуні. Кінці осі вертушки заточують на конус.

Деталі каналів наклеюють на пластину з оргскла товщиною 3 ... 4 мм. Як клей використовують розчин тирси оргскла у дихлоретані. У пластині заздалегідь висвердлюють гнізда під осі вертушки й насоса. У іншій такій же пластині (верхній) свердлять гніздо під вісь вертушки і наскрізний отвір для довгої частини осі ротора. Заздалегідь на цей кінець одягають пластмасову шайбочку або бусинку. Пропустивши довгий кінець через отвір у верхній пластині, на нього насаджують шків діаметром 8...10 мм. Спеціальний канал 9 з призмочкою-показчиком 12 служить аналогом вольтметра.

Призмочка-показчик дозволяє фіксувати різницю тисків на вході й виході насоса (різницю потенціалів на полюсах джерела струму). Призмочка виготовляється з оргскла. У крайньому положенні її тримає пружинка 11, виготовлена з лавсанової плівки. Шматочок лавсанової плівки складають "гармошкою" і відрізають стрічку шириною 2...3 мм. Один кінець пружинки приклеюють до призмочки, інший – до стінки каналу. Після встановлення вертушки і призмочки-показчика приклеюють верхню пластину. При склеюванні деталей приладу слід враховувати вологість повітря. Якщо відносна вологість повітря становить більше 70 %, якість склеювання виявляється низькою, бо на поверхні клею внаслідок швидкого випаровування легколетючого розчинника конденсується водяна пара.

Кран – аналог реостата з вимикачем – має вигляд прямокутного паралелепіпеда 3, пересуваючи який за допомогою штока 7 можна повністю або частково перекривати канал і, таким чином, змінювати "опір кола". Кран встановлюють за допомогою кришки 5 і притискної планки 6. Гумова прокладка 4 забезпечує його герметичність. Притискна планка фіксується за допомогою гвинта з фігурною голівкою. Насос приводиться в дію за допомогою мікроелектродвигуна 14. Пластина, до якої приклеюється електродвигун, кріпиться двома гвинтами до планки 2, приклеєної до корпусу приладу. Це дозволяє змінювати натяг пасика 13, за допомогою якого ротор насоса приводиться в обертальний рух. Перед демонструванням кран виймають і через його отвір заливають чисту або злегка підфарбовану воду. Незначне просочування води в місці, де виходить вісь насоса, не впливає на проведення експерименту. При закритому крані (розімкнутому колі) призмочка фіксує максимальну різницю тисків (аналогічно вимірюванню ЕРС за допомогою вольтметра). Якщо кран відкрито, вода тече колом, обертаючи вертушку. При цьому відхилення призмочки зменшується (аналогічно напрузі на зовнішній ділянці кола). Бульбашки повітря, що рухаються разом із рідиною, імітують рух вільних носіїв електричних зарядів.

Розміри моделі підбирають відповідно до розмірів кадрового вікна графопроектора.



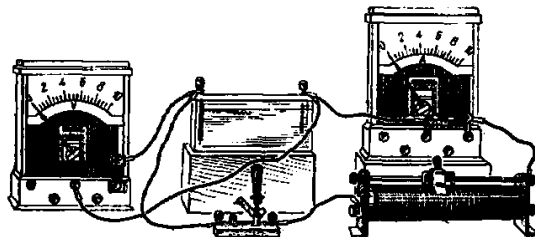
1. Чим імітується рух заряджених частинок (струм) у моделі?
2. Як забезпечити кращу видимість руху води в моделі?
3. Чим імітується електрична напруга в моделі?
4. Які вдосконалення бажано внести в модель для імітації зміни навантаження?

Дослід 19-19. Закон Ома для повного кола

Обладнання. Ванна електролітична типу ВЕ-1; гальванометр від демонстраційного вольтметра із додатковим опором на 1 В (резистор опором біля 900 Ом); гальванометр від демонстраційного амперметра; реостат на 30 Ом; вимикач демонстраційний; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Електролітичну ванну (типу ВЕ-1) з прозорого скла, встановлюють на підставці. Два електроди (мідний і цинковий) закріплюють у ванні на пластмасових тримачах із клемми. На таких самих тримачах закріплюють два щупи, виготовлені з відрізків мідного дроту у хлорвініловій ізоляції. Біля вільних кінців дроту ізоляцію видаляють. Тримачі разом з електродами і щупами можна переміщувати вздовж ванни. У ванну наливають розчин сірчаної кислоти та двохромовоокислого калію (100 частин H_2O , 37 частин H_2SO_4 і 16 частин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Електроди зачищають наждачним папером. Установку складають за схемою, показаною на мал. 196.



Мал. 196

У електролітичну ванну, крім електродів, на мінімально можливій відстані від них вміщують щупи. За допомогою двох вольтметрів вимірюють спади напруг на зовнішній і внутрішній ділянках кола. Не замикаючи кола вольтметром вимірюють напругу U_1 на зовнішній ділянці кола. Потім другим вольтметром вимірюють напругу U_2 між щупами й переконуються, що вона дорівнює 0, тобто в джерелі струму при розімкнутій зовнішній ділянці кола відсутній спад напруги. Після цього замикають коло й декілька разів вимірюють напруги U_1 і U_2 з різними навантаженнями. Опір реостата при цих вимірюваннях підбирають таким, щоб перший вольтметр показував 0,9; 0,8; 0,7 В і т. д. При цьому другий вольтметр відповідно показуватиме 0,1; 0,2; 0,3 В і т. д.

Одержані значення напруг записують на дошці й переконуються, що сума спадів напруг на зовнішній і внутрішній ділянках кола в межах допустимих похибок вимірювань – величина стала і дорівнює електрорушійній силі джерела струму. Отже, $\xi = U_1 + U_2$ або $\xi = IR + Ir$. З останнього рівняння одержують: $I = \xi / (R + r)$.



1. Який вигляд має таблиця з результатами вимірювань?
2. Чому щупи потрібно розміщувати якомога ближче до пластин?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Чому в дослідах, які використовують для виявлення умов існування струму за допомогою електрометра та неонові лампочки застосовують спеціальні провідники з великим опором?
 2. Запропонуйте інші варіанти дослідів, які ілюструють різні дії струму.
 3. Які особливості постановки досліду із з'ясування поняття опору провідника?
 4. Як можна продемонструвати залежність опору провідника від його довжини, використовуючи один і той же провідник.
 5. Які зміни умов протікання досліду внаслідок зміни напруги і сили струму при демонстрації закону Ома слід враховувати при її підготовці?
 6. Які переваги і недоліки демонстрації закону Ома для ділянки кола при використанні резисторів з опором, значення яких становлять десятки ом?
 7. Чому при збільшенні сили струму в замкнутому колі напруга на клеммах джерела зменшується?
 8. Як за допомогою механічної (гідродинамічної) моделі пояснити особливості протікання струму в замкнутому колі?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 20. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РОЗЧИНАХ ЕЛЕКТРОЛІТІВ

Мета роботи. Ознайомитися з дослідами, що демонструються при вивченні теми, та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами уведення основних понять, що вивчаються в темі, на основі демонстраційного експерименту.

Особливості експерименту з теми

Електричний струм в електролітах – це впорядкований рух йонів обох знаків. Оскільки органи відчуття людини не здатні безпосередньо сприймати такі малі об'єкти, у більшості випадків про рух йонів роблять висновки опосередковано. Наприклад, спостерігають провідність водних розчинів солей та провідність скла при нагріванні. Ці досліди із залученням знань учнів з хімії дозволяють підтвердити йонну природу струму в розчинах і розплавах електролітів. Підтвердженням цього також є виділення речовини на електродах та закони електролізу.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електричний струм у розчинах електролітів".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Яка природа провідності розчинів електролітів?
 2. Які є практичні застосування електролізу?
 3. Який принцип дії акумулятора?
 4. Чи впливає електричне поле на дисоціацію молекул?
 5. Як пояснити провідність скла при нагріванні?
 6. Як на основі електролізу визначити значення елементарного заряду?
 7. Що таке електролітична поляризація?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ дослідів</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Заліковий рівень</i>								
<i>Низький</i>	X		X		X		X	
<i>Середній</i>	X		X	X	X		X	X
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

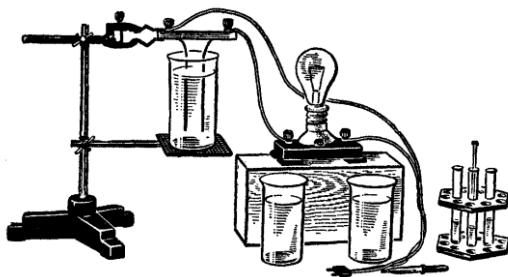
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 20-01. Порівняння провідності води і розчинів солі, лугу, кислоти

Обладнання. Лампа на 36 В з патроном; три хімічні склянки з дистильованою водою; два вугільні електроди з тримачем; пробірки з кислотою та лугом; піпетка; ящик-підставка; штатив з лапкою та муфтою; джерело струму на 36...42 В; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку як показано на малюнку 197. Електроди з тримачем можна взяти від приладу для демонстрації електролізу (прилад Горячіна), або виготовити самостійно. У пробірки наливають розчини сірчаної кислоти та, наприклад, розчини CaOH , NaOH тощо.



Мал. 197

Спочатку проводять дослід з дистильованою водою. Вмикають джерело змінної напруги – лампа не світиться.

Вносять у склянку за допомогою піпетки декілька крапель розчину сірчаної кислоти. Лампа починає світитися, причому яскравість її деякий час посилюється зі збільшенням концентрації розчину в склянці. Дослід повторюють з розчинами лугів і отримують подібний результат. З'ясовують причини електропровідності водних розчинів кислот та лугів. Пояснюючи явище електролітичної дисоціації, слід підкреслити, що дисоціюють не усі речовини. Для дисоціації необхідні особливі властивості розчинника і полярність молекул речовини, яку розчиняють.

На завершення пояснюють учням, що лише дистильована вода не проводить електричний струм. Вода, взята з колодязя чи водогону, містить в собі розчинені солі, а тому є провідником електричного струму.



1. Чому в дослідах використовується змінний струм?
2. Що зміниться, якщо використати джерело постійного струму?
3. Які недоліки з дидактичної точки зору використання змінного струму?

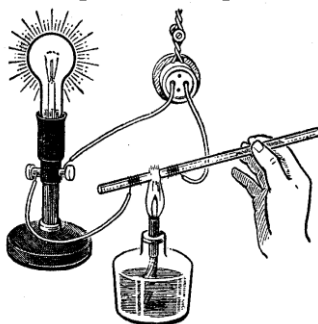
Дослід 20-02. Провідність скла при високій температурі

Обладнання. Скляна трубка ($d = 5$ мм; $l = 250$ мм); електрична лампа на 220 В, 60 Вт з патроном на підставці; з'єднувальні ізольовані провідники; спиртівка; сірники.

Зміст і послідовність виконання завдання

На кінцях легкоплавкої скляної трубки діаметром 5...6 мм намотують по 4...5 витків оголених мідних дротів. Між найближчими витками має бути відстань 50...60 мм. Лампа розжарювання має потужність 60...100 Вт. Коло живлять від

мережі змінного струму 220 В. Вмикають коло й помічають, що лампа не світиться. Прогрівують скляну трубку між намотаними дротинами в полум'ї газового пальника або сухого спирту. Лампа розжарювання при цьому починає світитися (мал. 198). Свічення лампи буде продовжуватись навіть тоді, коли забрати полум'я з-під трубки. Тепер скло прогрівається внаслідок проходження струму. Спостережуване явище пояснюють йонною провідністю скла при його нагріванні.



Мал. 198



1. Чи можна дослід пропонувати проводити учням?
2. Які заходи безпеки потрібно здійснити при проведенні дослідів?

Дослід 20-03. Зміна опору розчинів електролітів при нагріванні

Обладнання. Випрямляч; низьковольтна лампочка; хімічна склянка; кришка-тримач; два вугільні електроди; розчин сірчаної кислоти; нагрівник.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установку збирають так, як і в досліді №1. Опускають електроди в дистильовану воду і піпеткою добавляють у воду краплями розчин сірчаної кислоти. Коли лампа починає слабо світитися,

кислоту перестають добавляти. Підігріваючи хімічну склянку в полум'ї спиртівки спостерігають збільшення яскравості свічення лампи. Розчин можна злити, нагріти його окремо й знову вилити в посудину. Зміну провідності при нагріванні електроліту пояснюють підсиленням процесу дисоціації молекул кислоти при підвищенні температури.

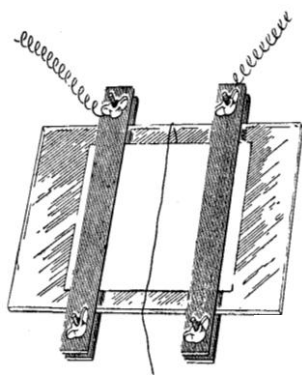


1. Чому кислоту потрібно добавляти з піпетки краплями?
2. Які заходи безпеки потрібно виконувати при проведенні дослідів?

Дослід 20-04. Рух йонів у електричному полі

Обладнання. Скляна пластинка (100×200 мм); два латунні або жерстяні електроди з припаяними до них провідниками; джерело постійного струму (ВУП-2); шматок темної штопальної нитки; реактиви; штатив універсальний; лампа; фільтрувальний папір.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 199

Деякі розчини (їх називають індикаторами) при попаданні в них певних йонів змінюють свій колір. Це явище використовують для показу руху йонів.

Установку для демонстрації дослідів показано на малюнку 199. Скляну пластинку покривають товстим шаром (6–7 листків) фільтрувального паперу, змоченого розчином кухонної або глауберової солі з добавкою кількох крапель індикатора. По краях пластинки накладають електроди і закріплюють їх.

Посередині між електродами кладуть темну штопальну нитку. Якщо хочуть показати рух йонів гідроксилу до анода, то індикатором беруть фенолфталеїн, а нитку змочують розчином їдкою калію або їдкою натрію. При поданні на електроди напруги спостерігають поширення малинового кольору до анода внаслідок руху йонів гідроксилу. Спостерігають поширення забарвлення й в інший бік унаслідок дифузії, але воно незначне. Помітне поширення забарвлення спостерігається через 5...6 хвилин. Пластинку бажано підсвітити або спроектувати на екран.

Для показу руху позитивних йонів до катода як індикатор беруть метилоранж, а нитку змочують розчином соляної кислоти. Спостерігають поширення до катода рожевого кольору.

У попередньому досліді спостерігають рух йонів одного знаку. Для одночасного показу руху йонів різних знаків скляну пластинку покривають фільтрувальним папером, змоченим розчином кухонної солі. Під катод кладуть вузьку смужку фільтрувального паперу, змоченого розчином двохромово-кислого калію, а під анод – змочену розчином мідного купоросу. При поданні напруги спостерігають переміщення жовтої смуги від катода до анода й синюватої смуги від анода до катода. Різна ширина смуг вказує на різну рухливість йонів різних знаків у досліді.



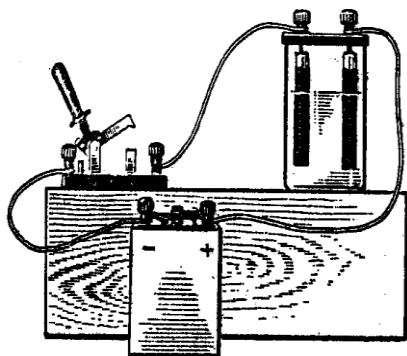
1. Яку роль відіграє нитка, розміщена між електродами?
2. Чому в досліді використовують різні індикатори?

Дослід 20-05. Електроліз водного розчину мідного купоросу

Обладнання. Хімічна склянка; водний розчин мідного купоросу; кришка-тримач; два вугільні електроди; випрямляч.

Зміст і послідовність виконання завдання

Розчиняють у воді кімнатної температури мідний купорос. Концентрація його може бути різною. Дають розчину відстоятись деякий час і фільтрують його. Розчин мідного купоросу наливають у прозору посудину і занурюють у нього два вугільні-електроди (мал.200). Джерелом струму є випрямляч, розрахований на силу струму до 2 А. Замикають коло на декілька хвилин при силі струму 1...2 А. Виймають



Мал. 200

електроди з розчину і показують учням. На катоді добре видно рожевий наліт міді. Міняють полярність електродів і знову замикають коло на такий же час, як і в попередньому випадку. Показують, що електрод, який був покритий міддю, очистився, а другий електрод покрився нальотом міді. Вказують, що метали завжди осідають на катоді.



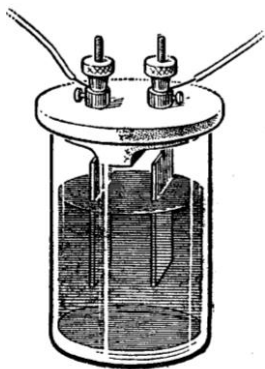
1. Чому в дослідах застосовують вугільні електроди?
2. Чи можна для пришвидшення досліду суттєво підвищувати силу струму через електролітичну ванну?

Дослід 20-06. Принцип дії гальванічного елемента

Обладнання. Хімічна склянка; кришка-тримач; цинковий, мідний і вугільний електроди; 15%-й розчин сірчаної кислоти; низьковольтна лампочка; провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Найпростіший гальванічний елемент складається з цинкового й мідного електродів (входять до набору з електролізу), опущених в 15-процентний розчин сірчаної кислоти (мал. 201). Дію елемента демонструють, приєднуючи до електродів низьковольтну лампочку від кишенькового ліхтарика. Лампочка світиться. При заміні мідного електроду на вугільний спостерігають більш яскраве свічення лампочки. ЕРС такого елемента 1,4 В, а з мідним електродом 1,1 В.



Мал. 201

Лампочка через деякий час перестає світитися. Для відновлення роботи елемента виймають вугільний чи мідний електрод, обмивають водою й витирають. Елемент знову діє. Цим дослідом показують явище поляризації, суть якого полягає у виділенні газоподібного водню на поверхні позитивного електроду. Вказують, що для боротьби з поляризацією в промислових гальванічних елементах застосовують деполяризатори, тобто такі хімічні сполуки, які зв'язують водень, що виділяється на позитивному електроді.

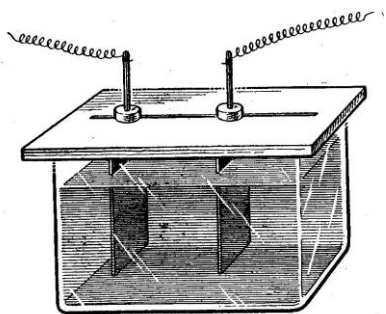
Дослід 20-07. Принцип дії акумулятора

Обладнання. Скляна посудина; кришка-тримач; два свинцеві електроди; розчин кислоти; лампочка; амперметр; випрямляч; реостат; перемикач; провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Принцип дії акумулятора демонструють на моделі, що складається з двох однакових свинцевих електродів-пластин, опущених у посудину з розчином сірчаної кислоти. Такий пристрій не може бути джерелом струму, бо в ньому обидва

електроди однакові. Приєднують до електродів низьковольтну лампочку. Лампочка не світиться. Щоб пристрій став акумулятором, його треба зарядити. Для цього збирають установку, показану на мал. 202. Джерелом постійної напруги є випрямляч з напругою не нижче 4 В. Амперметр беруть із шунтом на 3 А і шкалою з нулем посередині. Ставлять модель акумулятора на зарядку. Силу струму регулюють реостатом. Через 1...2 хв джерело струму вимикають, виймають електроди з розчину і звертають увагу на їх колір. Електрод, що був приєднаний до позитивного полюса джерела, має шоколадний відтінок, інший електрод – світлосірий.



Мал. 202

Знову занурюють електроди в розчин кислоти й замикають коло для живлення лампочки. Лампочка світиться, стрілка амперметра відхиляється в протилежний бік. Закорочують на деякий час електроди акумулятора для його повної розрядки. Пластинки моделі майже повністю відновлюють свій попередній колір.



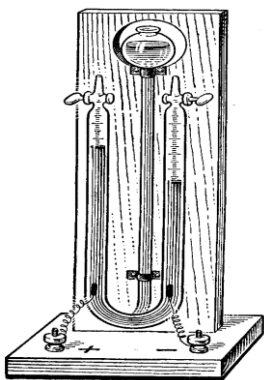
1. Чому одна з пластин в акумуляторі змінює свій колір?
2. Чому відхилення стрілки при свіщенні лампочки протилежне до відхилення при заряджанні акумулятора?

**Дослід 20-08. Електроліз підкисленої води.
Закони Фарадея**

Обладнання. Газовий вольтметр; 10...15 %-й водний розчин сірчаної кислоти; випрямляч; амперметр; дві пробірки; вимикачі; провідники; сірники; соснові скалочки.

Зміст і послідовність виконання завдання

У досліді використовують газовий вольтметр, будова якого зрозуміла з мал. 203. Відкривають крани у верхніх частинах трубок і через середню трубку заливають у прилад 10 %-й розчин сірчаної кислоти так, щоб він доходив до кранів. Після цього крани закривають і під'єднують прилад до випрямляча. Силу струму підбирають 0,4...0,5 А і вимірюють час дії приладу. Коли на катоді збереться біля двох третин трубки водню, струм вимикають і фіксують час проходження струму. Кисню на аноді виділяється вдвоє менше. Проводять ідентифікацію газу.



Мал. 203

Кисень випускають слабкою струминою на тліючу скалочку, яка при цьому яскраво спалахує. Водень обережно випускають у перевернуту над краном пробірку. Потім знизу підносять до пробірки запалений сірник. Чують різкий слабкий вибух. Це вибухає гримучий газ, що утворився з суміші водню й повітря. Дослід повторюють протягом того ж часу при вдвоє меншій силі струму. Об'єми газів будуть вдвоє менші. Роблять висновок, що маса речовини, яка виділяється на електроді, пропорційна перенесеному в колі заряду.



1. Як забезпечити добру видимість досліді при демонстрації?
2. Які знання учнів з хімії доречно використати при аналізі результатів досліді?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Чи діє закон Ома при проходженні струму в електролітах?
 2. Чому вода з колодязя проводить електричний струм?
 3. Чому змінюється опір електролітів при нагріванні?
 4. Як організувати демонстрацію електролізу мідного купоросу на уроці?
 5. Які види акумуляторів використовуються в техніці та побуті?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 21. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У ВАКУУМІ

Мета роботи. Ознайомитися з типовим обладнанням для постановки демонстрацій з теми, дослідами, що виконуються при її вивченні та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами введення основних понять та закономірностей, що вивчаються. Сформувати основні практичні вміння проведення дослідів з теми.

Особливості експерименту з теми

Під електричним струмом розуміють упорядкований рух вільних заряджених частинок. У вакуумі не може існувати електричний струм через відсутність вільних заряджених частинок. Діючі програми передбачають розгляд лише одного способу введення в вакуум вільних заряджених частинок – термоелектронну емісію. Тому всі особливості проходження струму у вакуумі розглядаються на моделі вакуумної електронної лампи-діода.

Традиційно всі досліди мають якісний характер, оскільки аналіз явищ на основі кількісних співвідношень передбачає витрату значного часу. Тому такі поняття як струм насичення, затримуючий потенціал, однобічна провідність розглядаються лише в порівняльному плані. Це стосується й зняття вольт-амперної характеристики діода. Тут характер залежності сили струму від напруги й наявність струму насичення порівнюється з відповідними залежностями на вольт-амперній характеристиці. У випадку побудови цього графіка значення сили струму й напруги відкладаються в умовних одиницях.

Тема має важливе політехнічне значення, тому в ній значне місце займає застосування відповідних явищ у різноманітних приладах і установках. До них належить випрямлення змінного струму, будова і дія електронно-променевої трубки.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електричний струм у вакуумі".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які умови необхідні для проходження струму у вакуумі?
 2. Чи справджується закон Ома для ділянки кола катод-анод вакуумного діода?
 3. Чому у діодах з окисдованим катодом експериментально показати струм насичення неможливо?
Як пов'язаний струм насичення із струмом розжарювання катода і як цю залежність пояснити?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ дослід</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Заліковий рівень</i>						
<i>Низький</i>	X	X		X		
<i>Середній</i>	X	X		X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X

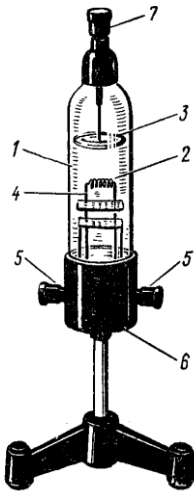
4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ**Дослід 20-01. Явище термоелектронної емісії**

Обладнання. Електронна лампа-діод демонстраційна; випрямляч універсальний (ВУП); реостат на 10 Ом; електрометр з конденсатором; провідник на ізолюючій ручці; ебонітова і скляна палички для електризації; хутро й шовкова тканина; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

У скляному балоні (мал. 204) електронної лампи-діода демонстраційної (1) розміщено два електроди – катод прямого розжарення (4) і анод (3). Катод прямого розжарення виготовлено з вольфрамової дротини у вигляді спіралі (2), виводи від якої приєднано до затискачів (5). До цих затискачів приєднують джерело живлення постійного або змінного струму, розраховане на струм 2А при напрузі 6,3 В. Анод виготовлено з тугоплавкого металу у вигляді диска, вивід від якого закінчується затискачем (7). Діод має металевий стрижень, який можна закріплювати в підставці, або рейтері проекційного апарата (6).



Мал. 204

Оскільки розміри діода не дуже великі, то для ознайомлення з ним учнів його варто проектувати на екран. Існує декілька варіантів демонстрації явища термоелектронної емісії. Розглянемо два з них.

1. Нитку розжарення катода через реостат і вимикач приєднують до джерела струму. Анод лампи з'єднують із стрижнем електрометра. Електрометр заряджають позитивно. При розімкненому колі розжарення електрометр не розряджається. (Щоб запобігти спонтанному розряджанню електрометра, балон лампи потрібно протерти тампоном зі спиртом). Якщо ж коло розжарення замкнута й користуючись реостатом довести катод до яскраво-червоного свічення, то електрометр досить швидко розряджається, що свідчить про нейтралізацію позитивного заряду на ньому. Дослід повторюють при негативно зарядженому електрометрі. У цьому випадку розрядження не спостерігається. Роблять висновок, що нитка розжарення лампи випромінює термоелектрони, частина з яких досягає анода.

2. Один із дисків конденсатора закріплюють на стрижні електрометра, а інший, що має ізолюючу ручку, розташовують

над ним. Корпус електрометра й верхній диск заземлюють. Вмикають коло розжарювання й на короткий час провідником з ізолюючою ручкою з'єднують анод лампи з нижнім диском конденсатора, який одержує внаслідок цього деякий заряд. Після цього знімають верхній диск конденсатора. Оскільки ємність приладу значно зменшується, то різниця потенціалів між корпусом і стрижнем електрометра при незмінному заряді значно зростає, і стрілка електрометра помітно відхиляється.

Далі визначають знак заряду стрижня електрометра. Для цього до нього підносять негативно заряджену ебонітову паличку. Збільшення кута відхилення стрілки електрометра вказує не те, що стрижень має негативний заряд.



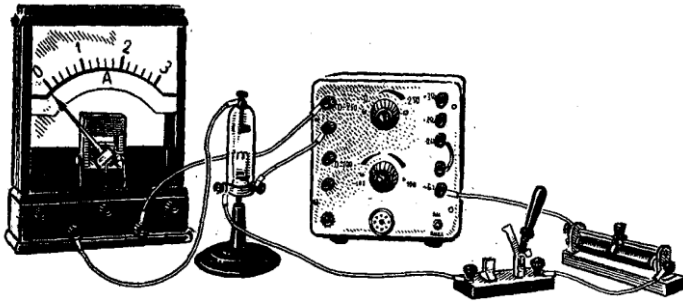
1. Чому для виявлення заряду на електрометрі використовують конденсатор?
2. Від чого залежить максимальне значення заряду на аноді лампи?

Дослід 21-02. Однобічна провідність діода

Обладнання. Електронна лампа-діод демонстраційна; гальванометр демонстраційний (від амперметра); випрямляч універсальний (ВУП); реостат на 10 Ом; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дослід проводять на установці, складеній за мал. 205. Анодне коло лампи живлять від клем ВУПа з регульованою напругою. Напругу 60...70 В установлюють регулятором. При відсутності розжарювання катода гальванометр не показує струму незважаючи на наявність анодної напруги. Далі замикають коло розжарювання і помічають, що струм у колі анода є, і він зростає зі збільшенням струму розжарювання катода. Збільшення анодного струму пояснюють збільшенням термоелектронної емісії.



Мал. 205

Змінюють полярність джерела струму в анодному колі діода. Гальванометр не показує наявності струму в колі. З цього роблять висновок про однобічну провідність двоелектродної електронної лампи.



1. Як скласти коло з використанням ВУПа, в якому зміна полярності здійснювалася б без змін у колі лампи?

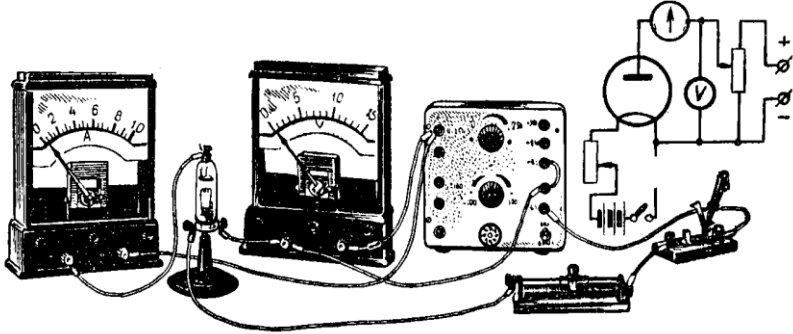
Дослід 21-03. Вольт-амперна характеристика вакуумного діода

Обладнання. Електронна лампа-діод демонстраційна; демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 150 В; випрямляч універсальний (ВУП); реостат на 10 Ом; гальванометр демонстраційний; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Дослід проводять на установці, показаній на мал. 206. Приєднують до клем регульованої напруги ВУПа демонстраційний вольтметр з межею вимірювання 150 В. Силу струму в

анодному колі вимірюють демонстраційним гальванометром в умовних одиницях. Розжарення катода підбирають таким, щоб при анодній напрузі 150 В стрілка гальванометра від амперметра відхилялася на 8...9 поділок. Тоді в ході досліду вона не вийде за межі шкали.



Мал. 206

Перед проведенням досліду креслять на дошці схему установки, пояснюючи призначення окремих приладів. По ходу досліду поступово збільшують анодну напругу й записують в таблицю значення анодного струму через кожні 10 В. За одержаними даними будують графік залежності сили струму від напруги й пояснюють існування струму насичення.

Насамкінець показують залежність струму насичення від розжарювання катода.

**Дослід 21-04. Двоелектродна електронна лампа
як випрямляч**

Обладнання. Електронна лампа-діод демонстраційна; універсальний трансформатор; гальванометр від демонстраційного амперметра; резистор на 47 кОм; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Властивість двоелектродної електронної лампи пропускати струм в одному напрямі використовується для випрямлення змінного струму.

Спочатку показують одержання змінного струму за допомогою магніто-електричної машини. Гальванометр через додатковий опір приєднують до клем магнітоелектричної машини. Повільно обертають ротор машини й спостерігають за стрілкою гальванометра, яка відхиляється від нульової поділки то в один бік, то в інший. При збільшенні частоти обертання ротора, стрілка приладу буде пише трохи дрижати біля нульової поділки. Учням пояснюють, що причиною спостережуваного явища є значна інертність стрілки.

Потім збирають установку як і в досліді 2, але на анод лампи подають змінну напругу 100 В від універсального трансформатора. Якщо увімкнути трансформатор в мережу змінного струму, то стрілка приладу буде відхилятись в один бік, що вказує на те, ще через гальванометр проходить струм одного напрямку.



1. З якою метою проводиться дослід з магнітоелектричною машиною?
2. Як від універсального трансформатора отримати напругу 100 В?

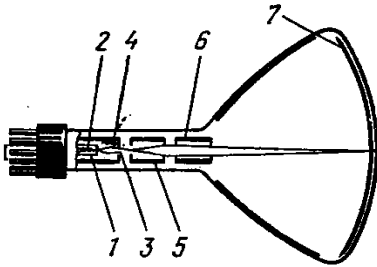
Дослід 21-05. Електронний прожектор в електронно-променевої трубі

Обладнання. Діюча модель електронно-променевої трубки; випрямляч типу ВУП.

Зміст і послідовність виконання завдання

Користуючись схемою, пояснюють учням будову електронно-променевої трубки. Електронно-променева трубка складається з чотирьох основних частин: колби, в якій створено високий

вакуум, електронного прожектора (пристрою, що створює сфокусований електронний пучок керованої інтенсивності), системи відхилення променя й люмінесцентного екрану. Показують ці основні частини на моделі. Потім детально пояснюють будову й дію електронного прожектора.

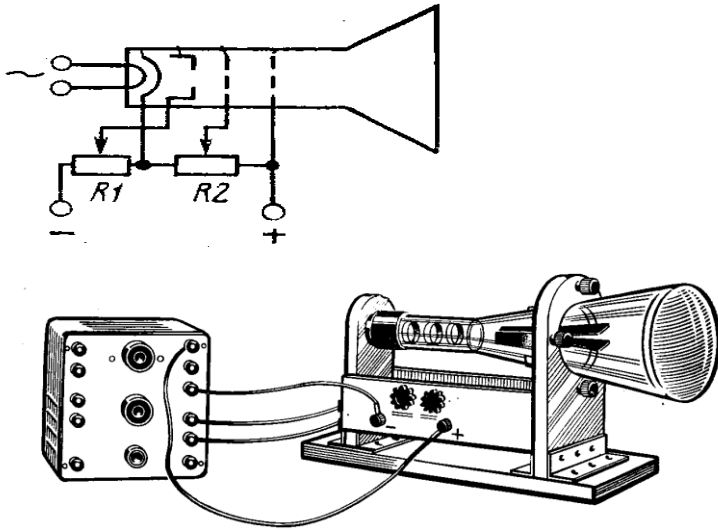


Мал. 207

У горловині трубки (мал. 207) розташований підігрівний катод, виготовлений у вигляді нікелевого циліндра, покритого шаром оксиду барія чи стронція. При нагріванні вольфрамової нитки розжарювання (1) всередині катода (2), з його поверхні випромінюються електрони. Навколо катода встановлено інший нікелевий циліндр з отвором з торця – керуючий електрод (4). На нього, як правило, подають невеликий від'ємний потенціал відносно катода. Змінюючи цей потенціал, змінюють кількість електронів, що проходять через отвір в керуючому електроді і, відповідно, регулюють яскравість плями на люмінесцентному екрані трубки. За керуючим електродом знаходяться перший – фокусуючий (5), та другий – прискорюючий аноди (6). Напруга на першому аноді відносно катода складає 0,2...0,4 напруги на другому аноді. Аноди виготовлені у вигляді порожнистих циліндрів і всередині них утворюється електричне поле з осьовою симетрією. Підбираючи напруги на анодах, фокусують електронний пучок точно на люмінесцентному екрані. Під дією електронів, що мають велику кінетичну енергію, люмінесцентний екран (7) у місці удару починає світитися.

Екрани трубок найчастіше покривають вілемітом, сірчаноокислим цинком (зелене свічення) або сумішшю сірчаноокислого цинку з сірчаноокислим кадмієм (голубувате або біле свічення).

Після розгляду будови трубки показують електронно-променеву трубку в дії за допомогою демонстраційної моделі (мал. 208). Збирають коло, в якому резистори R_1 та R_2 утворюють подільник напруги.



Мал. 208

Спочатку живлення від універсального випрямляча подають на нитку розжарювання, а потім на аноди та керуючий електрод. Змінюють напругу на керуючому електроді й спостерігають, що при цьому змінюється яскравість плями на екрані трубки. Змінюють напругу на фокусуєчому аноді, досягаючи фокусування електронного променя.

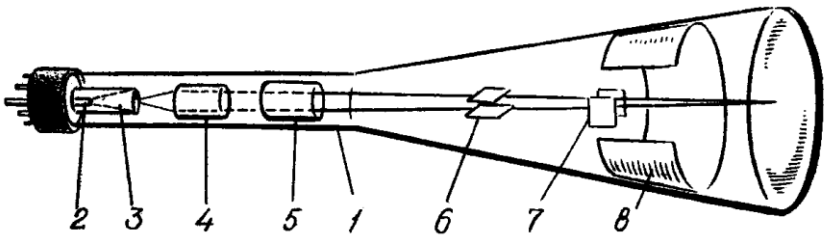
Дослід 21-06. Керування електронним пучком

Обладнання. Діюча модель електронно-променевої трубки; випрямляч типу ВУП; постійний магніт смуговий.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установка в цьому досліді така ж, як і в попередньому (мал. 209). Користуючись схемою, нагадують учням елементи електронної гармати (2, 3, 4, 5). Потім пояснюють, що в електронно-

променевої трубки з електростатичним керуванням є дві пари відхиляючих пластин, розташованих під прямим кутом одна до одної. Горизонтально розташовані пластини (6) відхиляють промінь по вертикалі, вертикально розташовані (7) – по горизонталі. Між пластинами створюється електричне поле, яке діє на рухомі електрони. Електрони в полі рухаються по параболам, а вийшовши за межі поля, продовжують прямолінійний рух за інерцією.



Мал. 209

Відхилення електронного променя електричним полем демонструють, подаючи напругу 100...200 В по чергово на горизонтальні та вертикальні пластини.

Потім до горловини трубки підносять постійний магніт і демонструють відхилення електронного променя магнітним полем. Учня пояснюють, що магнітне керування набуло поширення у телевізійних трубках – кінескопах, де магнітне поле створюється двома парами взаємно перпендикулярних котушок зі струмом.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Які є варіанти демонстрації термоелектронної емісії?
 2. Які джерела струму необхідні для демонстрації вольт-амперної характеристики лампи-діода?
 3. При сильному чи слабкому розжарюванні катода демонстрація струму насичення ефективніша?
 4. Яка конструкція елементів електронної гармати електронно-променевої трубки?
 5. Як продемонструвати керування електронним пучком електронно-променевої трубки?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 22. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У ГАЗАХ

Мета роботи. Ознайомитися з типовим обладнанням для постановки демонстрацій з теми, дослідами, що виконуються при її вивченні в школі та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами ознайомлення учнів з основними явищами, уведення основних понять та закономірностей. Сформувати основні практичні вміння постановки експерименту з теми.

Особливості експерименту з теми

У дослідах із даної теми мають справу з дуже малими струмами та досить високими напругами. Фізичні кабінети середніх шкіл не мають обладнання для їх вимірювання, тому більшість демонстрацій носять якісний характер.

Застосування високих напруг у демонстраціях приводить до необхідності достатньої ізоляції приладів та додержання правил техніки безпеки. Суворе дотримання правил техніки безпеки потрібне й при демонстрації електричної дуги. Для захисту очей учнів від шкідливої дії ультрафіолетового проміння електричної дуги, необхідно між установкою та аудиторією розмістити екран з фотохромного скла, через який можна спостерігати дугу. Сам учитель має працювати в захисних окулярах.

Частина дослідів проводиться в напівзатемненому приміщенні. Коронний розряд демонструється в добре затемненому приміщенні.

Електричний розряд у газах знайшов досить широке застосування в різноманітних технологічних процесах. Із деякими з них можна познайомити учнів, використавши відповідні демонстрації.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електричний струм у газах".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які умови існування електричного струму?
 2. Яка природа електропровідності газів?
 3. Які види газових розрядів ви знаєте? Які їх практичні застосування?
 4. Чи можна застосувати закон Ома до проходження струму через гази?
 5. Як змінюється вигляд тліючого розряду при зміні тиску газу?
 6. Чому при сталій напрузі розряд у трубці починається при зниженні тиску?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ дослідів</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Заліковий рівень</i>							
<i>Низький</i>	X	X				X	
<i>Середній</i>	X	X	X	X	X		
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 22-01. Йонізація газів

Обладнання. Два електрометри з кульовими кондукторами; палички для електризації; сірники; спиртівка або свічка.

Зміст і послідовність виконання завдання

Електрометри встановлюють на відстані, не меншій одного метра один від одного й заряджають різнойменно. Спостерігають за ними деякий час і переконуються, що електрометри не розряджаються. Це свідчить про те, що за звичайних умов повітря є досить добрим ізолятором.

Потім до одного з електрометрів здала повільно підносять запалену свічку або спиртівку. Помічають, що, починаючи з деякої відстані електрометр починає розряджатися. Віддаляють свічку – розрядка електрометра припиняється. Знову наближають свічку й знову електроскоп розряджається. Повторюють дослід з другим електрометром. Із дослідів роблять висновок, що під дією полум'я в повітрі утворюються вільні заряджені частинки обох знаків і воно стає провідником електрики.



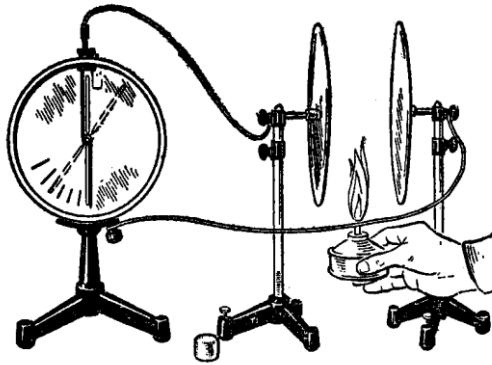
1. Чи залежить ефект дослідів від знаку заряду кулі?
2. Як з дослідів зробити висновок, що струм в газах є потоком позитивно і негативно заряджених частинок?

Дослід 22-02. Несамостійна електропровідність повітря

Обладнання. Розсувний конденсатор; перетворювач високовольтний; випрямляч ВС-24 М; спиртівка; сірники; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Пластини розсувного конденсатора з'єднують з електрометром (мал. 210) і заряджають різнойменно від джерела високої напруги. Після того, як в простір між пластинами вноситься полум'я спиртівки, покази стрілки електрометра поступово зменшуються.



Мал. 210

**Дослід 22-03. Залежність сили струму від напруги при
несамостійній провідності повітря**

Обладнання. Розсувний конденсатор; демонстраційний гальванометр; випрямляч ВУП-2; реостат на 1500 кОм; демонстраційний вольтметр; додатковий опір на 100 кОм; спиртівка; сірники; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установку для досліду складають за схемою, аналогічною до мал. 210, але живлення на пластини подають від випрямляча, напругу вимірюють демонстраційним вольтметром з послідовно увімкненим додатковим опором близько 100 кОм. Силу струму в колі вимірюють демонстраційним гальванометром, увімкненим у один з проводів, який іде від джерела напруги до пластини.

Відстань між пластинами розсувного конденсатора встановлюють таку, як було підібрано в попередньому досліді,

гальванометр установлюють на нульову поділку й подають напругу на установку. Збільшують напругу до максимальної, але гальванометр струму не показує.

Регулятором підбирають напругу близько 50 В і вводять запалену спиртівку в простір між пластинами розсувного конденсатора. Гальванометр покаже існування деякого струму. При збільшенні напруги сила струму спочатку збільшується, потім це збільшення припиняється, тобто, сила струму досягає насичення. За результатами досліду будують графік залежності сили струму від напруги.

Перед проведенням досліду потрібно так відрегулювати спиртівку, щоб її полум'я мало постійну інтенсивність. Нерівномірне горіння спиртівки приводить до того, що при незмінній напрузі гальванометр не буде показувати сталого струму. Це може становити певну трудність у проведенні кількісного варіанту цього досліду.



1. Як впливає інтенсивність горіння спиртівки на силу струму в колі?
2. Як попередити попадання високої напруги на гальванометр при випадковому закорочення пластин?

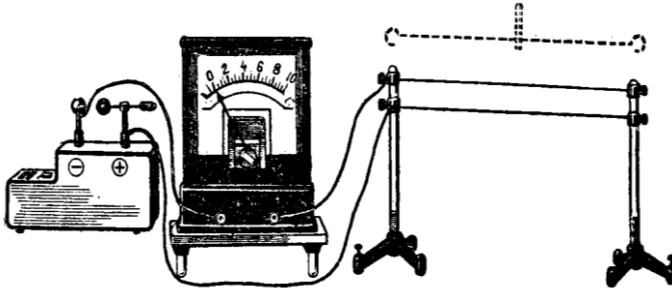
Дослід 22-04. Коронний розряд

Обладнання. Перетворювач високовольтний типу "Разряд" або електрофорна машина; ізолюючі штативи; мідний дріт діаметром 0,2...0,3 мм; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Ізолюючі штативи встановлюють на відстані 40 см один від одного. Між ними натягують мідні дротини без ізоляції. Кінці дротин, що імітують високовольтну лінію, приєднують до борнів високовольтного перетворювача або електрофорної

машини (мал. 211). При високій напрузі між дротинами у добре затемненому приміщенні біля дротин спостерігається свічення – коронний розряд. Це пояснюється тим, що біля тонких дротин утворюється дуже сильне неоднорідне поле, в якому ударна йонізація відбувається при атмосферному тиску. При віддаленні від дротин напруженість поля зменшується і йонізація не відбувається. Якщо замінити тонку дротину товстою (паралельно до однієї дротини приєднати розрядник на ізолюючій ручці), то свічення біля неї не спостерігатиметься.



Мал. 211



1. Як пояснити, що коронний розряд відбувається біля тонкого дроту?
2. Чому дротини в досліді повинні бути без ізоляції?

Дослід 22-05. Іскровий розряд

Обладнання. Електрофорна машина або високовольтний перетворювач; бензин; жмуток вати; металева коробочка; підйомний столик; чорний папір; проєкційний ліхтар; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Кондуктори електрофорної машини або борни високовольтного перетворювача установлюють на відстані 3 см.

Обертають ручку електрофорної машини або вмикають живлення перетворювача напруги й спостерігають іскровий розряд. Дослід бажано проводити в затемненому приміщенні.

Для демонстрації теплової дії іскри на підйомний столик ставлять металеву коробочку з ватою, змоченою кількома краплями бензину. Коробочку з'єднують з одним із борнів джерела високої напруги, а інший – закріплюють над ваткою так, щоб між ним і коробочкою проскакувала іскра. При вмиканні високої напруги іскра, що проскакує, запалює ватку.

Механічну дію іскри показують так. В іскровий проміжок на ізолюючій паличці вносять смужку чорного паперу. Після кількох іскрових розрядів смужку поміщають між скляними пластинками і проєктують на екран. На зображенні добре видно отвори, пробиті у папері електричною іскрою.



1. Як пояснити теплову дію іскри?
2. Як пояснити механічну дію іскри?

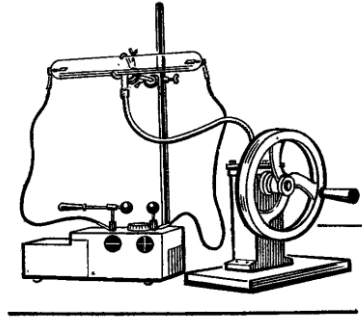
Дослід 22-06. Проходження електричного струму через повітря при зниженому тиску

Обладнання. Розрядна трубка з двома електродами; високовольтне джерело струму на напругу 15...25 кВ; вакуумний насос; гумовий товстостінний шланг; штатив з муфтою і лапкою; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установку для досліду збирають за мал. 212. На електроди трубки подають високу напругу. Розряду в трубці немає. Приводять у дію насос. Починаючи з певного рівня розрідження в трубці спостерігається свічення повітря. Розряд має вигляд тонкого дуже рухливого шнура фіолетового, а потім –

малинового кольору, що з'єднує обидва електроди. При подальшому відкачуванні шнур розмивається й розширюється, свічення займає майже всю трубку.



Мал. 212

Якщо насос дозволяє одержати більший рівень розрідження, то можна прослідкувати подальші стадії розряду в повітрі. Дослід виконують у добре затемненому приміщенні. Закінчивши, дослід, спочатку вимикають джерело високої напруги, а потім від'єднують від штуцера насоса вакуумний шланг.



1. Чому при зменшенні тиску змінюється колір розрядного шнура?
2. Яка природа струму у трубці?

Дослід 22-07. Свічення газів у електричному полі за низького тиску

Обладнання. Набір газосвітних трубок; джерело високої напруги; з'єднувальні проводи.

Зміст і послідовність виконання завдання

Газонаповнені трубки по чергову під'єднують до високовольтного джерела струму й спостерігають свічення різних кольорів, залежно від виду газу.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Поясніть механізми йонізації газів.
 2. Чому сила струму при несамостійному газовому розряді досягає насичення?
 3. Чи може починатись самостійний газовий розряд без дії зовнішнього йонізатора?
 4. Чому електричну дугу в повітрі важко отримати при напругах нижче 50 В?
 5. Чому різні гази при проходженні струму світяться різними кольорами?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота 23. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У НАПІВПРОВІДНИКАХ

Мета роботи. Ознайомитися з типовим обладнанням для постановки демонстрацій з теми, дослідами, що виконуються при її вивченні в школі, та оволодіти технікою їх відтворення. Оволодіти методичними засадами ознайомлення учнів з основними явищами, введення основних понять та закономірностей. Сформувати основні практичні вміння постановки експерименту з теми.

Особливості експерименту з теми

Напівпровідники мають характерну особливість, яка полягає в тому, що їх електропровідність дуже залежить від зовнішніх умов: температури, освітленості, тиску, зовнішніх полів тощо. Програмою передбачено вивчення електричних властивостей напівпровідників, залежності їх електричних властивостей від різних факторів. Тому експеримент має багато спільного з експериментом при вивченні інших випадків проходження струму в різних середовищах. Разом з тим він передбачає й використання приладів "неелектричного" походження. Це різні нагрівачі, термометри, магніти, освітлювачі та відповідні датчики та індикатори. Це суттєво ускладнює експеримент, але й дозволяє закріпити навички учнів, отримані раніше.

Оскільки всі електричні властивості напівпровідників мають практичне застосування, то усі досліди проводяться як правило на технічних напівпровідникових приладах.

Підготовка до виконання роботи

- 1.** Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електричний струм у напівпровідниках".

2. Знайти відповіді на запитання:

1. Які речовини відносяться до класу напівпровідників?
2. Які найхарактерніші властивості мають напівпровідникові речовини?
3. Чи зміниться сила струму в колі з фоторезистором при зміні полярності джерела струму?
4. Що таке власна і домішкова провідність напівпровідників?
5. Що таке *p-n*-перехід та які методи його одержання ?
6. Які основні властивості має *p-n*-перехід?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>Заліковий рівень</i>												
<i>Низький</i>		X			X		X		X	X		
<i>Середній</i>		X		X		X	X	X		X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X

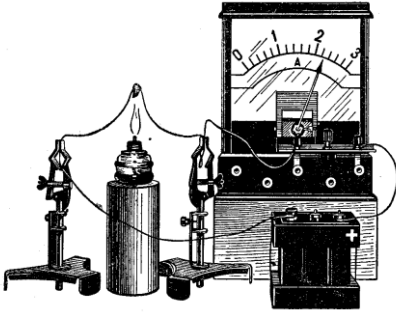
4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.**ВИКОНАННЯ РОБОТИ**
**Дослід 23-01. Залежність опору
напівпровідникової речовини від температури**

Обладнання. Гальванометр від демонстраційного амперметра; змінний резистор на панелі; шматочки антрациту; дві підставки з закріпленими в них лапками від штативів; дві металеві пластинки з припаяними проводами; спиртівка; підставка для спиртівки; з'єднувальні провідники; ящик-підставка; джерело струму на 4...6 В; сірники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Між кінцями пластинок, закріплених у лапках, затискають шматочок антрациту й вмикають його в коло, складене з

джерела струму з напругою 4...6 В та демонстраційного гальванометра від амперметра, зашунтованого змінним резистором (мал. 213).



Мал. 213

Змінюючи опір змінного резистора, добиваються відхилення стрілки гальванометра на 0,5...2 поділки.

Нагрівають напівпровідник в полум'ї спиртівки і спостерігають збільшення сили струму в колі, що свідчить про зменшення опору напівпровідника. Погасивши спиртівку, спостерігають поступове збільшення опору.



1. Які зміни можна внести в схему досліду, щоб застрахувати руйнування гальванометра від руйнування при випадковому випаданні шматочка антрацита й закороченні пластин?
2. Як забезпечити вищу чутливість установки?

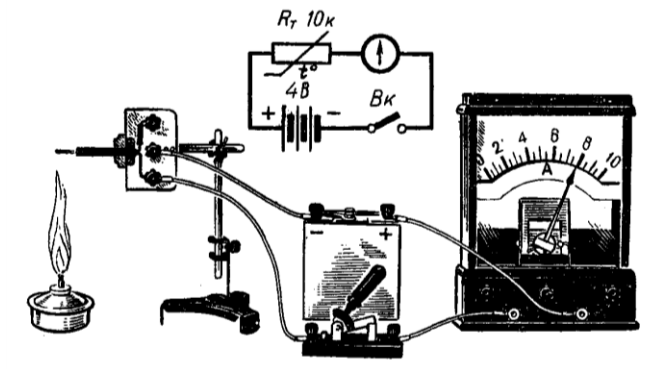
Дослід 23-02. Залежність опору термістора від температури

Обладнання. Термістор ММТ-4 (або інший, з подібними параметрами); штатив; гальванометр від демонстраційного амперметра); джерело струму на 4 В; вимикач; спиртівка або склянка з гарячою водою; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установку для досліду збирають згідно мал. 214. При кімнатній температурі опір термістора значний, тому стрілка гальванометра буде відхилитись лише на декілька поділок. Занурюють

термістор у гарячу воду, його температура зростає, а опір зменшується, стрілка гальванометра відхиляється на значно більший кут. Якщо вийняти термістор із води, то покази гальванометра зменшуються до попередніх внаслідок збільшення опору при зменшенні температури. Порівнюють зміну опору напівпровідника зі зміною температури з металами. Роблять висновок.



Мал. 214



1. Як попередити руйнування термістора при перегріванні в полум'ї спиртівки?

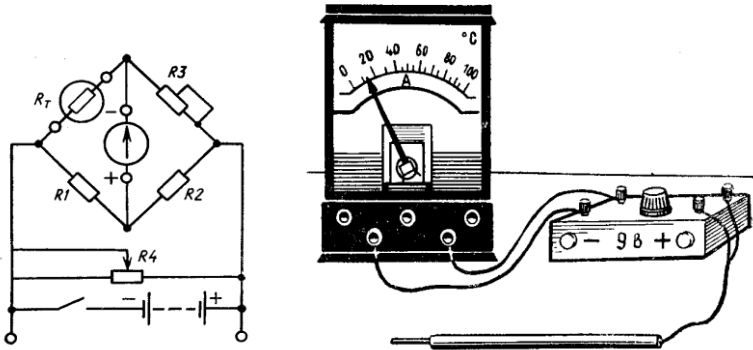
Дослід 23-03. Виготовлення шкали для електричного термометра

Обладнання. Електричний термометр; демонстраційний гальванометр від амперметра; джерело струму на 4...6 В; посудина з льодом; посудина з киплячою водою; нагрівник.

Зміст і послідовність виконання завдання

Електричний термометр на термісторі призначений для вимірювання температури в демонстраційних дослідах. Він

складається з датчика температури, вимірювального моста й шкільного демонстраційного гальванометра від амперметра. Схему електричного термометра показано на мал. 215. Датчиком в електричному термометрі є термістор, закріплений на кінці трубки, на яку під час зберігання нагвинчується пластмасовий захисний ковпачок.



Мал. 215

Вимірювальний міст змонтовано в пластмасовому корпусі, на лицевій стороні якого розміщені клеми ТС (для під'єднання термістора), клеми для під'єднання гальванометра, клеми для під'єднання джерела живлення (при відсутності батареї, 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 для вимірювання температури, тому її треба виготовити самостійно. Шкалу виготовляють із білого цупкого паперу і на неї наносять основні точки 0 і 100. Проміжок між ними ділять на 20 рівних поділок, креслять штрихи і наносять цифри 20, 40, 60 і 80. Шкалу наклеюють на вільну сторону одного з підшкальників, які додаються до демонстраційного гальванометра.

Виготовлену шкалу вставляють у гальванометр. Складають електричне коло з датчика, вимірювального моста й гальванометра. 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.

Потім датчик і термометр опускають у посудину з киплячою водою, і коли термометр покаже 100°C , обертуючи ручку змінного резистора $R4$ (установка межі шкали), переводять стрілку на поділку 100. За допомогою циркуля дугу між позначками ділять спочатку пополам, потім – на 4 частини і т.д. Після цього електричний термометр буде готовий до використання.

Дослід 23-04. Автоматичний сигналізатор і регулятор температури

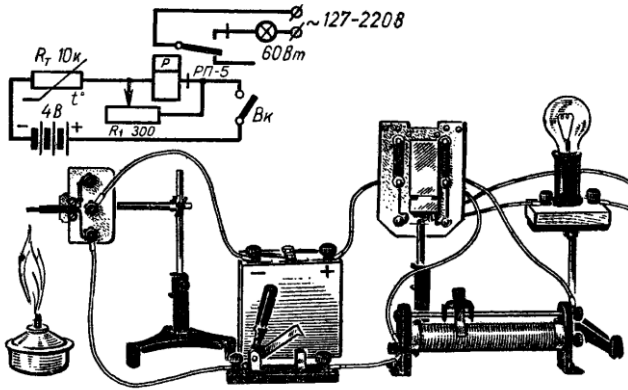
Обладнання. Термістор ММТ-4; радіореле поляризоване на підставці; джерело постійного струму напругою 4 В; реостат на 300 Ом; вимикач; лампа електрична потужністю 60 Вт на підставці; спиртівка або склянка з гарячою водою; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Роботу сигналізатора температури можна показати на установці, схема якої показана на мал. 216. Керуюче коло складається з джерела постійного струму напругою 4 В і послідовно з'єднаних термістора й обмотки реле, зашунтованої реостатом.

У виконуюче коло, яке живиться від мережі змінного струму, вмикають електричну лампу потужністю 60 Вт.

Радіореле завдяки високій чутливості спрацьовує при силі струму, що проходить через термістор навіть при кімнатній температурі, тому для зниження його чутливості обмотку шунтують реостатом.



Мал. 216

Дію сигналізатора температури демонструють таким чином. Занурюють термістор у гарячу воду, лампа при цьому засвічується. Зміною положення реостата можна регулювати температуру спрацювання реле.

Дію автоматичного регулятора температури демонструють на цій же установці, лише трохи змінивши її. Термістор розміщують над лампою, а кінці провідників виконуючого кола, приєднані до нормально розімкнутих контактів, приєднують до нормально замкнених контактів реле.

Вмикають джерела живлення обох кіл, лампа при цьому засвічується. Термістор нагрівається висхідними потоками повітря від лампи, його температура зростає й коли досягне певного значення, термореле вимкне лампу. Лампа й термістор почнуть охолоджуватися, струм повернеться у попереднє положення, а лампа знову засвітиться. Далі ці процеси будуть повторюватися. Необхідне значення температури задається реостатом, що шунтує реле. Лампу з термістором можна помістити в яку-небудь посудину, яка імітує піч або приміщення, в яких регулюється температура.

Дослід 23-05. Залежність опору напівпровідників від освітленості

Обладнання. Фоторезистор ФСК-1 на панелі; джерело постійного струму напругою 4 ... 6 В; гальванометр від демонстраційного амперметра; електрична лампа на підставці або кишеньковий ліхтарик; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установку збирають так, як і в першому досліді, лише замість термістора вмикають фоторезистор. При замиканні кола стрілка гальванометра відхиляється на кілька поділок. До фоторезистора наближають увімкнутий ліхтарик або засвічену лампу й спостерігають збільшення сили струму в колі, що свідчить про зменшення опору фоторезистора при збільшенні освітленості. Зміна полярності вмикання резистора не приводить до зміни сили струму.

Дослід можна проводити без ліхтарика чи лампи. Освітленість фоторезистора змінюють повертанням його робочої поверхні до вікна.



1. Для чого в процесі проведення дослідів рекомендується змінювати полярність вмикання фоторезистора?

Дослід 23-06. Дія фотореле

Обладнання. Фоторезистор ФСК-1 на панелі; радіореле поляризоване на підставці; джерело постійного струму на 4...6 В; електрична лампа потужністю 60 Вт на підставці; кишеньковий ліхтарик або інше джерело світла; вимикач; з'єднувальні проводи.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації досліду установку збирають так, як і в досліді №4, лише замість термістора вмикають фоторезистор. Керуюче коло складається з фоторезистора, джерела постійного струму й обмотки реле, з'єднаних послідовно. У виконуючому колі використовують нормально розімкнені контакти. Якщо фоторезистор освітити, то реле спрацює і лампочка засвітиться. Перекриємо потік світла, що падає на фоторезистор, непрозорим предметом. Реле вимкне сигнальну лампу. Періодичне перекривання потоку світла буде приводити до того, що кожного разу сигнальна лампа буде вимикатись і вмикатись. За таким принципом діють різноманітні автоматичні лічильники. Потім у виконуючому колі використовують нормально замкнені контакти реле. У цьому випадку лампа буде вимикатись при освітленні фотореле й вмикатись при неосвітленому фоторезистері. Це використовується для автоматичного вмикання освітлення вулиць, засвічування бакенів тощо.

Дослід 23-07. Електронна і діркова провідність напівпровідників

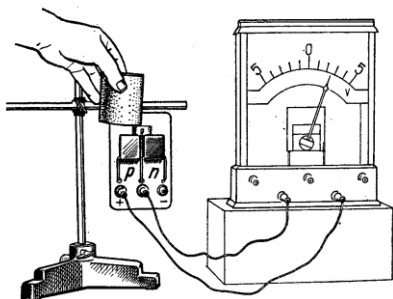
Обладнання. Термоелемент напівпровідниковий; гальванометр від демонстраційного вольтметра; алюмінієва посудина від калориметра; гаряча вода; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Спершу демонструють електронну провідність. Для цього до напівпровідника з електронною провідністю термоелемента приєднують демонстраційний гальванометр (мал. 217).

Шкалу беруть з нулем посередині, коректором стрілку приладу встановлюють на нульову поділку шкали. Верхню з'єднувальну пластину термоелемента нагрівають за допомогою посудини з гарячою водою. За напрямом відхилення стрілки гальванометра визначають напрям струму в колі й полярність кінців

напівпровідника: нагрітий кінець є позитивним полюсом, а холодний – негативним. Дають пояснення. При нагріванні одного кінця бруска напівпровідника з електронною провідністю у ньому збільшується кількість електронів, які дифундують до холодного кінця. Гарячий кінець заряджається позитивно, а



Мал. 217

холодний – негативно, між ними виникає електрорушійна сила. Роблять висновок, що в цьому напівпровіднику струм обумовлений переміщенням негативних частинок, тобто електронами. Потім гальванометр приєднують до напівпровідника з дірковою провідністю й знову нагрівають з'єднувальну пластинку. За напрямом відхилення стрілки

гальванометра установлюють, що холодний кінець має позитивний потенціал, а нагрітий – негативний. Нагрівання одного кінця бруска напівпровідника з дірковою провідністю приводить до збільшення кількості вільних електронів. Але ці електрони захоплюються атомами домішки і не можуть брати участь у провідності. В атомах основного напівпровідника, які ці електрони покинули, залишаються вільні місця – дірки, які дифундують до холодного кінця, заряджаючи його позитивно.



1. Чому як нагрівач в досліді використовується гаряча вода?
2. Як визначити полярність кінців напівпровідників за показами гальванометра?

Дослід 23-08. Дія напівпровідникового термоелемента

Обладнання. Термоелемент напівпровідниковий на панелі; гальванометр від демонстраційного вольтметра; алюмінієва посудина від калориметра; гаряча вода; з'єднувальні проводи.

Зміст і послідовність виконання завдання

Демонстрація дії термоелемента є логічним продовженням попереднього досліду. Демонстраційний гальванометр приєднують до крайніх клем термоелемента з дотриманням полярності й використовують шкалу гальванометра. Стрілку приладу встановлюють на нульову поділку шкали. Нагрівання мідної пластинки приводить до відхилення стрілки приладу майже на всю шкалу. Результуюча напруга на затискачах термоелемента дорівнює сумі напруг на окремих його частинах у попередньому досліді. Пояснюють механізм виникнення термоелектрорушійної сили термоелемента.



1. Чому в термоелементі напруга вдвічі більша, ніж окремо на кожному напівпровіднику?

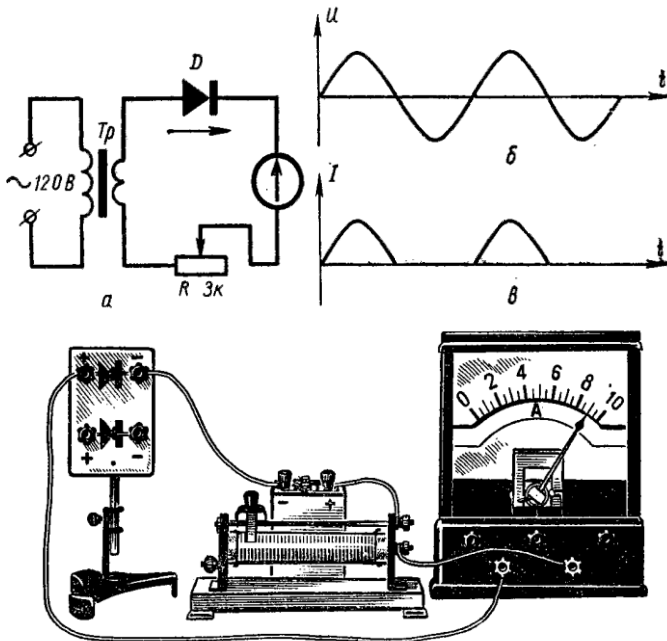
Дослід 23-09. Досліди з напівпровідниковим діодом

Обладнання. Діоди напівпровідникові на панелі; гальванометр від демонстраційного амперметра; шкільний універсальний трансформатор; осцилограф; реостат на 10 кОм; джерело постійного струму напругою 4 В; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Спочатку демонструють односторонню провідність напівпровідникового діода. Установку для цього складають згідно з мал. 225. При підготовці досліду підбирають положення повзунка реостата так, щоб стрілка приладу відхилилась майже на всю шкалу. Показують, що при вмиканні діода в прохідному напрямі струм у колі існує, а при вмиканні в непрохідному – практично відсутній.

Потім з використанням електронного осцилографа демонструють однопівперіодне випрямлення змінного струму на установці, складеній за схемою мал. 218. Напругу від мережі подають на 220-вольтову котушку, а знімають з половини вторинної котушки (6 В), подаючи її на послідовно ввімкнені діод і реостат. Випрямлену пульсуючу напругу з реостата подають на вхід осцилографа.



Мал. 218

Дослід 23-10. Виникнення фотоелектрорушійної сили при освітленні фотоелемента

Обладнання. Фотоелемент напівпровідниковий на панелі; гальванометр від демонстраційного амперметра; джерело постійного струму напругою 1,5 В; реостат на 10000 Ом; джерело світла (лампа електрична на підставці); з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

У напівпровідниковому фотоелементі, як і в діоді, є *p-n*-перехід. Тому спочатку показують його наявність. Це можна показати так, як і для напівпровідникового діода.

Після цього демонструють дію фотоелемента. Фотоелемент приєднують до гальванометра з врахуванням полярності. Гальванометр має показувати слабкий струм внаслідок незначної освітленості фотоелемента й наявності темної провідності. Потім до нього наближають лампу, що світиться. Стрілка приладу відхиляється майже на всю шкалу гальванометра. При затемненні фотоелемента струм у колі припиняється. Роблять висновок, що напівпровідниковий фотоелемент є джерелом струму, у якому енергія світла безпосередньо перетворюється на електричну.



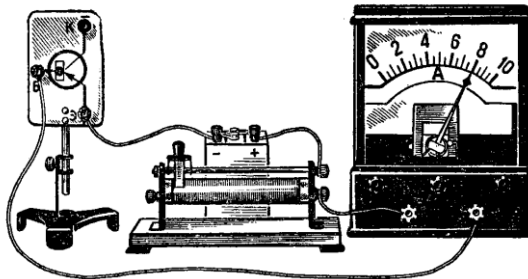
1. Чи можна фотоелемент вважати напівпровідниковим діодом?
2. Як зміняться покази гальванометра, якщо змінити полярність приєднання до нього фотоелемента?

Дослід 23-11. Наявність двох $p-n$ - переходів у транзисторі

Обладнання. Транзистор на підставці; гальванометр від демонстраційного амперметра; реостат опором 10 кОм; джерело струму з напругою 1...3 В; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Транзистор з набору має провідність $p-n-p$ типу. Спочатку показують наявність емітер-базового переходу. Установку складають за схемою мал. 219. Позитивний полюс джерела струму з'єднують з емітером через реостат, а негативний – з базою. У цьому випадку стрілка приладу відхиляється на всю шкалу, отже опір цього переходу малий. Якщо змінити полярність вмикання переходу, то гальванометр струму не виявить. Це свідчить про односторонню провідність переходу.



Мал. 219

Аналогічно демонструють наявність колекторно-базового переходу. Якщо з'єднати колектор з позитивним полюсом джерела струму, а базу з негативним, то струм у колі буде значним. При зміні полярності вмикання переходу струм у колі буде дуже малим.



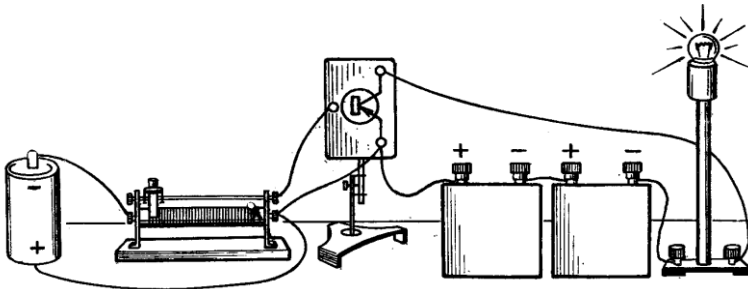
1. Яка роль реостата в дослідах?
2. Чи буде струм у колі, якщо транзистор увімкнути через колектор і емітер?

Дослід 23-12. Робота транзистора в схемі електронного ключа

Обладнання. Транзистор *p-n-p*-типу на підставці; реостат на 1000 Ом; батарея елементів на 9 В; одиночний гальванічний елемент; лампа на 6,3 В, 0,15 А; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

На малюнку 220 показано установку, в якій транзистор *p-n-p*-типу використовується для увімкнення кола, умовно зображеного електричною лампою. Учням пропонують накреслити електричну схему у зошиті з використанням умовних позначень та пояснюють принцип її дії. Потім, під'єднуючи до переходу база-емітер одиночний елемент з ЕРС близько 1,5 В, демонструють, що лампа, яка розрахована на напругу 6,3 В й увімкнена в коло колектора, яскраво спалахує.



Мал. 220

Якщо гальванічний елемент від'єднати, лампа гасне. Учням пояснюють, що подібний електронний ключ може спрацювати сотні тисяч разів за секунду, а тому широко використовується в сучасній автоматиці та обчислювальній техніці.



1. Яка роль реостата в досліді?
2. Який елемент, обов'язковий для електричного кола, відсутній на малюнку?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на запитання:
 1. Чому не рекомендується нагрівати терморезистор у полум'ї?
 2. Поясніть власну та домішкову провідність напівпровідників.
 3. Поясніть виникнення фотоелектрорушійної сили при освітленні фотоелемента.
 4. Які прилади необхідні для демонстрації вольт-амперної характеристики напівпровідникового діода?
 5. Яка послідовність дій при демонстрації наявності двох $p-n$ -переходів у транзисторі?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 24. МАГНІТНЕ ПОЛЕ

Мета роботи. Познайтися з основними демонстраційними дослідями з теми "Магнітне поле" та приладами, які можуть бути використані при їх підготовці та проведенні. Відпрацювати методику й техніку постановки цих демонстрацій. Набути вміння використовувати демонстраційний експеримент як засіб навчання в процесі формування основних фізичних понять теми.

Особливості експерименту з теми

Вивчення теми "Магнітне поле" в курсі фізики середньої школи є одним з етапів формування загального поняття електромагнітного поля. Провідною ідеєю теми є зв'язок магнітного поля з рухомими електричними зарядами (електричним струмом), та його дія на рухомі заряди (струм).

Однією з особливостей цих тем є чи не найбільша питома вага демонстраційного експерименту в порівнянні з іншими темами, що вивчаються в шкільному курсі фізики. Демонстраційний експеримент лежить в основі ознайомлення з усіма явищами електромагнетизму, закономірностями їх проявів та практичного застосування. Експеримент має допомогти учням засвоїти основні фізичні поняття теми, розкрити закономірні взаємозв'язки між величинами, що описують магнітні поля та їх дію на рухомі заряди, познайомити з магнітними властивостями речовин.

Усі досліди з теми "Магнітне поле" можна поділити на три групи:

а) досліди, що встановлюють зв'язок магнітного поля з рухомими зарядами;

б) досліди, що служать для введення основних фізичних величин, що описують поле;

в) досліди, що показують закономірності взаємодії поля й рухомих зарядів, та їх застосування в практичній діяльності людини.

Оскільки магнітне поле належить до об'єктів, які безпосередньо не діють на органи відчуття людини, однією з актуальних проблем експерименту по темі є вибір ефективного індикатора, який переконливо підтверджував би існування магнітного поля. Відомо декілька таких індикаторів (магнітна стрілка, рамка зі струмом, провідники зі струмом, феромагнітний індикатор, датчик Холла і т.п.). У їх основі лежить основна властивість поля: діяти на рухомий електричний заряд.

Найпоширенішим із сучасних індикаторів магнітного поля, який є одночасно й засобом для вимірювання магнітної індукції, є феромагнітний зонд. Він являє собою своєрідний трансформатор з трьома обмотками, намотаними на спільне осердя з пермалоевої стрічки, яка має велику магнітну проникність. Дві внутрішні обмотки (обмотки збудження) однакові й з'єднані послідовно так, що при пропусканні по них змінного струму від звукового генератора їх магнітні потоки взаємно компенсуються. Їх приєднують до вихідних клем звукового генератора "600 Ом". Третя обмотка намотана на обидві обмотки збудження. Її приєднують до клем змінного струму гальванометра демонстраційного амперметра.

При проходженні змінного струму через обмотки збудження, у третій вимірній обмотці струм не виникає, бо сумарний магнітний потік через цю обмотку в будь-який момент часу дорівнює нулю. При цьому магнітна проникність матеріалу осердя періодично змінюється з подвоєною частотою, порівняно з частотою струму живлення. Коли на вимірну обмотку накладається зовнішнє магнітне поле, в осерді індикатора виникає додатковий магнітний потік, який, змінюється з частотою зміни магнітної проникності матеріалу осердя. Отже, у вимірній обмотці індукується ЕРС, яка прямо пропорційна індукції накладеного поля, що й фіксує гальванометр.

Оскільки індикатор реагує лише на складову індукції зовнішнього поля, напрямлену вздовж осі осердя (через вістря), це дає можливість визначити орієнтацію ліній цього магнітного поля.

Новітні розробки для фізичного експерименту передбачають використання датчиків Холла, які за чутливістю й технічними можливостями перевершують феромагнітні зонди.

Окремо потрібно виділити проблему візуалізації структури магнітного поля за допомогою феромагнітних порошоків. Тут важливе значення має якість порошоків та значення індукції магнітного поля, що не завжди в умовах школи може бути одержане для одиничного провідника.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником з фізики зі змістом і основними поняттями теми "Магнітне поле".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які основні властивості магнітного поля?
 2. Які фізичні величини описують магнітне поле?
 3. Як взаємодіють паралельні провідники з струмом?
 4. За якими правилами визначається напрям ліній магнітної індукції прямого, колового провідника зі струмом, соленоїда?
 5. Від чого залежить значення сили Ампера? Як визначити її напрям?
 6. Чим визначається дія сили Лоренца? Сформулювати правило для визначення її напрямку.
 7. У яких пристроях, приладах використовується сила Ампера?
 8. Де застосовується дія магнітного поля на рухомі заряди?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення

№ дослідів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Заліковий рівень											
Низький	X		X		X	X	X				
Середній	X		X	X	X	X	X	X			X
Високий	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

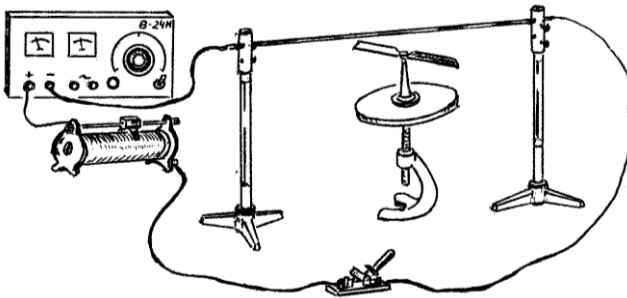
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 24-01. Магнітне поле провідника зі струмом. Дослід Ерстеда

Обладнання. Джерело постійного струму напругою 2...12 В; товстий провідник; з'єднувальні провідники; 2 штативи ізольюючі; демонстраційна магнітна стрілка; ключ; реостат на 6...15 Ом.

Зміст і послідовність виконання завдання

У площині магнітного меридіану, якнайближче над магнітною стрілкою, натягують товстий провідник, закріпивши його в штативах. Провідник послідовно з реостатом і вимикачем приєднують до джерела струму (мал. 221).



Мал. 221

Замикають вимикач. Спостерігають повертання стрілки і її орієнтацію в напрямі, перпендикулярному до провідника. Змінюють напрям струму в провіднику. Спостерігають повертання стрілки в протилежному напрямі.

Висновок: навколо провідника зі струмом існує магнітне поле, яке проявляється в дії на магнітну стрілку. Напрямок дії магнітного поля пов'язаний з напрямком струму.



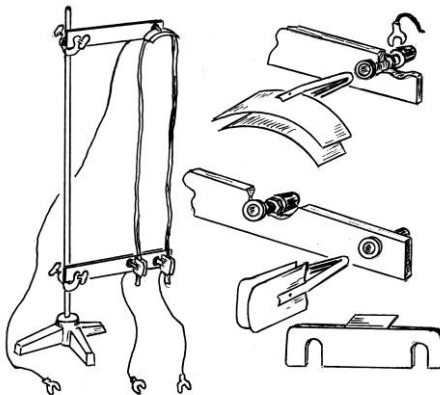
1. Як зробити так, щоб при будь-якому напрямі магнітного меридіана в початковому положенні стрілка була паралельною провіднику?
2. Як забезпечити ефективність досліду при невеликому значенні сили струму?

Дослід 24-02. Взаємодія провідників зі струмом

Обладнання. Джерело струму (В-24 або батарея акумуляторів); штатив з двома муфтами; саморобні тримачі для станиолевої стрічки; реостат на 6...10 Ом; станиолева стрічка, вирізана з обкладок паперового конденсатора, довжиною 1,2...2 м, вимикач.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для ефективною постановки досліду слід попередньо підготувати спеціальні тримачі для забезпечення надійного електричного контакту між підвідними провідниками й станиолевою стрічкою. Досить зручною є показана на мал. 222 конструкція тримачів із спеціальними затискачами.



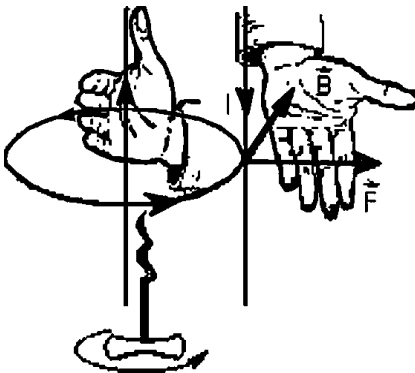
Мал. 222

Тримачі можна виготовити з пластмаси й закріпити на них універсальні клема – одну на верхньому й дві на нижньому. Роль гнучких провідників відіграє стрічка шириною 1...2 см і довжиною 1...1,5 м, вирізану з обкладок паперового конденсатора (наприклад, КБГ). Така стрічка витримує короточасний струм силою до 8...10 А. Середина стрічки закладається між зігнутими дугою пластинками верхнього затискача і його штепсель вставляють у тильний отвір універсальної клема верхнього тримача. Кінці стрічки закріплюють аналогічним чином на нижньому тримачі, заклавши їх у відповідні затискачі.

Приєднують джерело струму через вимикач до клем нижнього тримача. Замикають вимикач і спостерігають відштовхування стрічок. З'єднують між собою клема нижнього тримача (для цього доцільно виготовити з жерсті спеціальну шинку). Одну з цих клем та клему верхнього тримача приєднують через вимикач до джерела струму. Замикаючи коло, демонструють притягання стрічок.

Змінюють полярність підключення джерела струму і повторюють дослід.

Висновок: якщо струм у обох паралельних провідниках



Мал. 223

протікає в одному напрямі – провідники притягуються, якщо струм у провідниках протікає у різних напрямках – провідники відштовхуються.

Після вивчення правил свердлика ("правого гвинта") та лівої руки доцільно ще раз повернутися до цих дослідів та проілюструвати застосування правил для визначення напрямку сил, що діють на паралельні провідники із струмом (мал. 223).

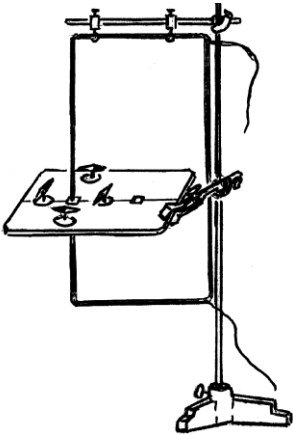


1. Як попередити закорочування кола при притяганні смужок?
2. Чому дослід повинен бути короточасним?

Дослід 24-03. Розташування магнітних стрілок навколо прямого провідника зі струмом

Обладнання. Установка для демонстрації магнітного поля прямого провідника із струмом (збирається перед демонстрацією); маленькі магнітні стрілки на підставках; залізні ошурки; дротяний виток на підставці; джерело постійного струму (В-24 або подібне).

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 224

Беруть 4...5 м ізолюваного мідного дроту діаметром 0,4...0,8 мм і виготовляють рамку розмірами приблизно 25 × 30 см. Одну із сторін рамки бажано обмотати кольоровою ізоляційною стрічкою. Ця частина рамки буде імітувати прямий провідник. Рамку закріплюють у штативі так, щоб та сторона, яка відіграватиме роль прямого провідника, була яконайдалі від стрижня штативу. Цю сторону пропускають через отвір столика, закріпленого в лапці штатива (мал. 224).

Кінці витка через вмикач приєднують до джерела постійного струму.

Розміщують дзеркало так, щоб поверхню столика можна було бачити учням, які сидять у класі.

На столику, на відстані 3...5 см від провідника, розташовують магнітну стрілку на підставці. Помічають її орієнтацію й вмикають струм.

Рухаючи стрілку по колу навколо провідника, звертають увагу учнів на зміну її орієнтації.

Розміщують навколо провідника 4...8 магнітних стрілок. Відмічають орієнтацію поздовжніх осей цих стрілок.

Змінюють напрям струму у провіднику. Звертають увагу на зміну орієнтації магнітних стрілок на протилежну. Перевіряють правило свердлика.

Знімають стрілки й натрушують на столик залізні ошурки. Аналізують одержану картину спектра магнітного поля прямого провідника із струмом.

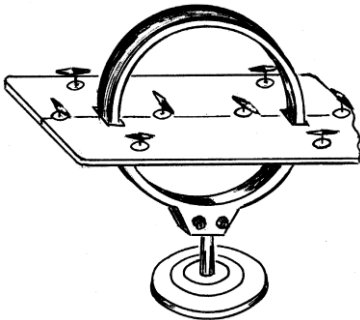


1. Чому столик складається з двох частин?
2. Як розміщуються магнітні стрілки відносно провідника зі струмом?

Дослід 24-04. Магнітне поле витка зі струмом

Обладнання. Установка для демонстрації магнітного поля витка зі струмом (збирається перед демонстрацією); маленькі магнітні стрілки на підставках; залізні ошурки; дротяний виток на підставці; джерело постійного струму (В-24 або інше); рухоме дзеркало на підставці або телекамера.

Зміст і послідовність виконання завдання



Мал. 225

Встановлюють столик на модель витка (мал. 225). Розміщують на столику навколо однієї з сторін витка кілька магнітних стрілок і звертають увагу на їх орієнтацію за відсутності струму у витку. Приєднують виток до джерела струму і замикають коло. Звертають увагу на нову орієнтацію магнітних стрілок. Розміщують магнітні стрілки навколо другої сторони витка й звертають увагу на їх орієн-

тацію. Змінюють напрям струму у витку й звертають увагу на переорієнтацію магнітних стрілок. Перевіряють правило свердлика.

Прибирають магнітні стрілки й натрушують, постукуючи по столику, залізни ошурки. Аналізують одержану картину спектра магнітного поля колового провідника зі струмом.



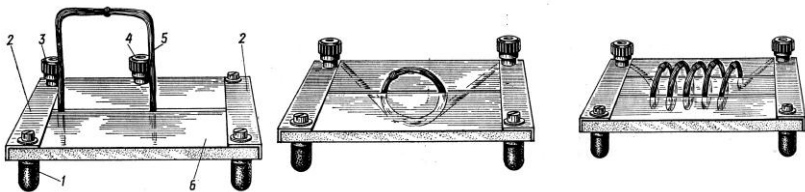
1. Чому столик складається з двох частин?
2. Як за положенням стрілок визначити напрям вектора магнітної індукції?

Дослід 24-05. Магнітні спектри провідників зі струмом

Обладнання. Набір приладів для проектування спектрів магнітних полів різних струмів; джерело постійного струму.

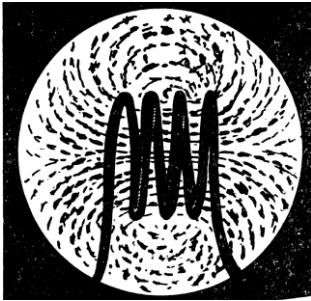
Зміст і послідовність виконання завдання

До комплекту набору входять моделі прямого провідника, колового провідника та соленоїда (мал. 226).



Мал. 226

Обравши потрібну модель, розташовують її на графопроекторі або на оправі конденсора проекційного апарата, підготовленого для горизонтального проектування (мал. 227).



Мал. 227

Домагаються необхідної чіткості зображення на екрані.

Приєднують модель провідника до джерела струму через вимикач і замикають коло. Натрушують на столик приладу залізні ошурки. Для їх кращої орієнтації легенько постукують олівцем по столику.

Аналізують одержану картину спектра магнітного поля. Аналогічно проводять досліди з іншими моделями.



1. Провідники в моделях імітовані кількома тонкими провідниками. Чому?
2. Чому феромагнітні ошурки в магнітному полі утворюють ланцюжки?

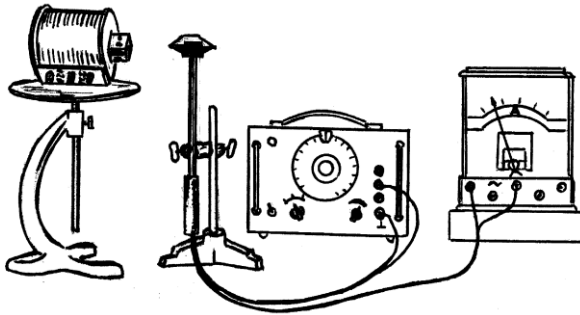
Дослід 24-06. Підсилення магнітної дії котушки зі струмом уведенням у неї залізного осердя

Обладнання. Котушка 120/220 В від універсального трансформатора; магнітна стрілка на підставці; ярмо осердя універсального трансформатора; дрібні залізні предмети; джерело постійного струму; магнітний зонд; гальванометр демонстраційний від амперметра; звуковий генератор.

Зміст і послідовність виконання завдання

Розташовуємо котушку без осердя горизонтально на підставці. Приєднуємо котушку до джерела струму з малим внутрішнім опором через вимикач. Напруга джерела має бути 4...6 В.

Приєднуємо виводи, обмотки магнітного зонда, позначені буквою "Г", до клем гальванометра для вимірювання в колах змінного струму), а виводи, позначені "ЗГ", – до звукового генератора, встановивши його частоту 2000 Гц (мал. 228).



Мал. 228

Замикаємо електричне коло живлення котушки. Встановлюємо навпроти котушки, вздовж її осі, магнітний зонд і спостерігаємо незначне відхилення стрілки гальванометра.

Якщо вставити в котушку залізне осердя (ярмо універсального трансформатора), то магнітометр покаже значне збільшення магнітної індукції.



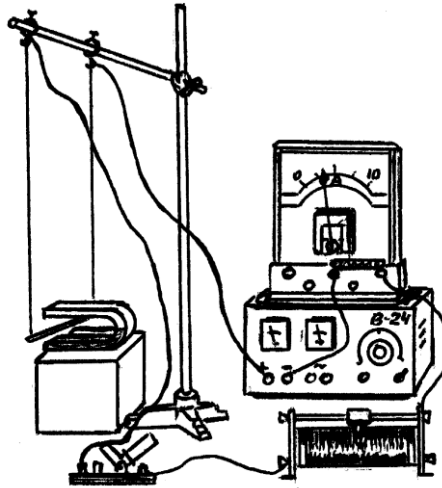
1. Як змінити установку, щоб вона дозволяла визначати напрям вектора магнітної індукції?
2. Як в цій установці продемонструвати дію магнітного екрана?

Дослід 24-07. Дія магнітного поля на провідник зі струмом

Обладнання. Чотири підковоподібних магніти; джерело постійного струму; демонстраційний амперметр (з шунтом на 10 А); реостат на 10...15 Ом; вимикач; з'єднувальні провідники; магнітна стрілка на підставці; два прямих магніти; підставки для магнітів; прилад для демонстрації обертання рамки зі струмом у магнітному полі; універсальний штатив.

Зміст і послідовність виконання завдання

До кінців мідного провідника довжиною 10...15 см і діаметром 2...4 мм припаюють гнучкі ізольовані провідники довжиною по 70...100 см. Використавши універсальний штатив, складають установку для демонстрації так, як показано на мал. 229.



Мал. 229

Розміщують дугоподібний магніт так, щоб мідний провідник був розташований між його полюсами й замикають коло (попередньо відрегулювавши силу струму у колі 2...3 А). Провідник відхиляється в той чи інший бік.

Висновок: На провідник зі струмом, вміщений у магнітне поле, діє сила.

Збільшують силу струму. Спостерігають збільшення кута відхилення, а отже, і сили Ампера.

Висновок: Значення сили Ампера залежить від сили струму в провіднику.

Замінюють магніт іншим, з більшою індукцією магнітного поля. Знову спостерігають збільшення сили, що діє на провідник.

Висновок: Значення сили Ампера залежить від індукції магнітного поля, в якому знаходиться провідник.

Проводять дослід, використавши один, два, три магніти з однаковою індукцією, розміщуючи їх поряд. Сила Ампера теж збільшується.

Висновок: Значення сили Ампера тим більша, чим більша довжина провідника, розташованого в магнітному полі.

Змінюють орієнтацію магніту відносно провідника. Встановлюють магніт під різними кутами до провідника.

Висновок: Значення сили Ампера залежить від кута між напрямком струму й вектором індукції магнітного поля.

Роблять загальний висновок, що в магнітному полі на провідник із струмом діє сила, значення якої прямо пропорційна силі струму, індукції магнітного поля, довжині провідника та синусу кута між напрямком вектора індукції та напрямком протікання струму в провіднику.

Змінюють напрям протікання струму. Напрямок руху провідника змінюється.

Висновок: Напрямок дії сили Ампера залежить від напрямку струму в провіднику.

Змінюють напрям вектора індукції магнітного поля (повертають магніт на 180°) і фіксують зміну напрямку дії сили Ампера.

Роблять *висновок* щодо напрямку дії сили Ампера, формулюють правило лівої руки й перевіряють його для різних напрямків струму й орієнтацій вектора індукції магнітного поля.



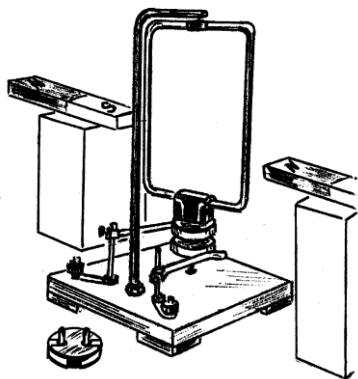
1. Чому значення кута відхилення підвісу провідника залежить від значення сили Ампера?
2. Як покращити умови спостереження учнями зміни напрямку вектора магнітної індукції?

Дослід 24-08. Дія магнітного поля на рамку зі струмом

Обладнання. Прилад для демонстрації обертання рамки із струмом у магнітному полі; джерело постійного струму на 4...8 В; штабові (смугові) магніти; 2 підставки; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Рамку приладу для демонстрації обертання рамки із струмом у магнітному полі з'єднують з кільцевими контактами й розташовують на осі. Щітки закріплюють так, щоб забезпечувався надійний контакт із кільцями. Рамка повинна легко обертатися. Приєднують прилад до джерела постійного струму на 4...8 В через вимикач. Приблизно на рівні середини сторін рамки на підставках розміщують штабові (смугові) магніти (мал. 230).



Мал. 230

Установлюють таке значення напруги, щоб рамка при замиканні ключа поверталася на 90° . До рамки доцільно прикріпити стрілку, яка б вказувала напрям нормалі до неї. Замикають коло й демонструють поворот рамки в магнітному полі. З'ясовують, як зорієнтувалася нормаль рамки по відношенню до напрямку вектора індукції магнітного поля. Повторюють дослід, змінюючи напрям струму й напрям вектора індукції магнітного поля.

Висновок: На рамку зі струмом у магнітному полі діє момент сил, який прагне зорієнтувати площину рамки так, щоб її нормаль, яка визначається за правилом свердлика, співпала за напрямком з напрямком вектора індукції магнітного поля, в якому вона розташована.

Замінують кільця напівкільцями. Демонструють і пояснюють неперервне обертання рамки в магнітному полі.

Дослід 24-09. Будова і дія гучномовця

Обладнання. Виток дроту з гнучкими з'єднувальними провідниками; магнітофон або програвач (звуковий генератор ГЗШ); підсилювач низької частоти УНЧ-5 або подібний; достатньо сильні дугові магніти; аркуш паперу; скотч; два штативи; гучномовець; окремі деталі гучномовця.

Зміст і послідовність виконання завдання

Модель гучномовця можна зібрати безпосередньо в процесі з'ясування принципу його дії. Аркуш паперу перегинають по діагоналях, розгортають і в центрі за допомогою скотчу закріплюють виток. Аркуш кріплять клаптиками скотчу на стояках штативів, поставлених поруч.

Гнучкі виводи витка приєднують до клем звукового генератора. Увімкнувши живлення генератора, відмічають відсутність звуку.

Підносять до витка магніт так, щоб один з його полюсів увійшов у виток і прослуховують відтворення звуку.

Для більш гучного відтворення звуку 2...3 дугові магніти з'єднують однойменними полюсами, скріпивши їх між собою. Цей спільний полюс вводять у котушку.

З'ясовують принцип дії та можливий варіант будови гучномовця. Демонструють промисловий зразок гучномовця та його основні складові частини. Порівнюють елементи конструкції промислового зразка та моделі.



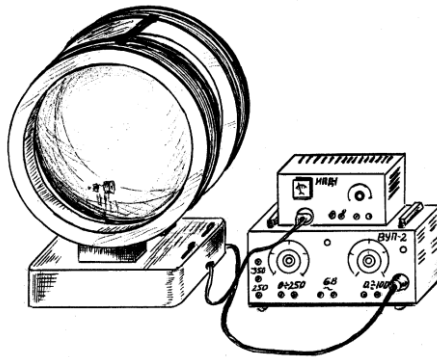
1. Як забезпечити найбільшу гучність звучання моделі без зміни амплітуди змінного струму від генератора?

Дослід 24-10. Відхилення електронного пучка магнітним полем

Обладнання. Прилад для демонстрації відхилення електронного пучка в магнітному полі (наприклад, "Електроника И1-01"); осцилограф; чорно-білий телевізор; випрямляч, який дає можливість живити лампові електронні схеми (ВУП-2 або інший); низьковольтне джерело стабілізованої постійної напруги (випрямляч ИПД-1 або подібний).

Зміст і послідовність виконання завдання

З'єднують прилад "Електроника И1-01" за допомогою восьмиштиркової панелі до випрямляча ВУП-2 і даємо прогрітися 5...6 хв (до появи блакитного сяйва навколо електронно-променевої гармати). Ручками потенціометрів, розташованими на основі приладу, відрегульовують інтенсивність і фокусують електронний пучок. На склі колби при цьому видно фіолетову пляму. Слід електронного пучка в колбі світиться блакитним сяйвом (мал. 231).



Мал. 231

Підносять до колби магніт і спостерігають викривлення пучка. Змінюючи напрям магнітної індукції поля, повертаючи

магніт, демонструють відхилення пучка в той чи інший бік і перевіряють правило лівої руки.

Приєднують до джерела регульованої стабілізованої напруги вилку живлення котушок Гельмгольца, розміщених на приладі. Вмикають джерело й демонструють відхилення електронного пучка в однорідному магнітному полі та залежність радіуса траєкторії електронів від значення індукції магнітного поля (змінюють напругу, що подається на кільця Гельмгольца). За достатньої напруги на кільцях (10...15 В) траєкторія набуває вигляду кільця. Повертаємо колбу (конструкція приладу дозволяє повертати колбу на кут до 90°) на деякий кут і спостерігаємо нову траєкторію руху електронів у вигляді спіралі.

Примітка: За відсутності стабілізованого джерела живлення можна скористатися, наприклад, випрямлячем В-24, під'єднавши паралельно до його вихідних клем конденсатор великої ємності (принаймні батарею конденсаторів на 58 мкФ). Без цього пучок важко сфокусувати, він "розмивається".



1. Як визначити склад газу в колбі?
2. Як забезпечити добру видимість ефекту взаємодії електронного пучка з магнітним полем?

Дослід 24-11. Відхилення електронного променя в електронно-променевій трубці

Обладнання. Шкільний демонстраційний осцилограф; постійний смуговий магніт.

Зміст і послідовність виконання завдання

Вмикають осцилограф і дають йому прогрітись. Вимкнувши генератор розгортки, фокусують промінь і виводять його в центр екрана.

Підносять до осцилографа смуговий магніт тим чи іншим полюсом. Спостерігають відхилення електронного променя. Підносячи магніт різними полюсами, демонструють зміну напрямку дії сили Лоренца та перевіряють правило лівої руки. Дослідним шляхом підбирають відстань і місце розташування магніту відносно горловини електронно-променевої трубки осцилографа, за якого відхилення буде максимальним.

Аналогічно можна провести цей дослід і з моделлю електронно-променевої трубки, але слід попередньо старанно відфокусувати промінь.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Якими мають бути провідники для забезпечення максимальної наочності досліду по взаємодії паралельних струмів?
 2. Які фактори можуть вплинути на ефективність демонстрації досліду Ерстеда? Чому при демонстрації досліду Ерстеда провідник необхідно розміщувати вздовж лінії магнітного меридіана?
 3. На основі яких дослідів можна ввести поняття про вектор індукції магнітного поля?
 4. Як визначити й перевірити правильність визначення напрямку вектора індукції магнітного поля витка у його центрі, котушки зі струмом?
 5. Які характеристики повинні мати джерела струму, які використовуються під час проведення дослідів з теми?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 25. МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИНИ

Мета роботи. Познайти з демонстраційним експериментом до теми "Магнітні властивості речовин". Оволодіти методикою й технікою проведення дослідів, що ілюструють магнітні властивості речовин.

Особливості експерименту з теми

Одним з важливих положень вчення електромагнетизму є твердження, що всі без винятку речовини взаємодіють з магнітним полем. Але ця взаємодія має різну інтенсивність для різних речовин. Тому існує умовний поділ всіх речовин на слабомагнітні та сильно магнітні за впливом на магнітні поля, який характеризується магнітною проникністю $\mu = \frac{B}{B_0}$. За

значенням μ всі речовини поділяють на парамагнетики, які незначно підсилюють магнітні поля, діамагнетики, які послаблюють магнітні поля, і феромагнетики, які в сотні й тисячі разів можуть посилити індукцію магнітного поля і магнітна проникність яких залежить від значення індукції зовнішнього поля. Сильномагнітні речовини настільки інтенсивно взаємодіють з магнітним полем, що їх спостереження не потребує спеціального обладнання. Для виявлення магнетизму слабомагнітних речовин потрібно застосувати дуже чутливі установки й пристрої аналогічні тим, які були застосовані ще М. Фарадеєм.

Для вивчення сильномагнітних речовин, зокрема, феромагнетиків, існує два різні способи: статичний і динамічний. Статичний спосіб із застосуванням магнітних полів більш природний, проте, динамічний спосіб, що передбачає застосування змінних магнітних полів, зручніший для відтворення. Якщо в першому випадку потрібно застосовувати чутливі індикатори, то в другому випадку є можливість використати явище електромагнітної індукції для виявлення тих змін магнітних полів, які спричиняють феромагнетики.

Динамічний метод дослідження феромагнетиків базується на тому, що ЕРС індукції залежить від властивостей середовища, в якому відбувається зміна магнітного потоку:

$$\xi_{ind} = \frac{-\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = \frac{\Delta(\mu B_0 S)}{\Delta t} = -\mu \frac{\Delta\Phi_0}{\Delta t}$$

Отже, якщо котушки L_1 і L_2 знаходяться на одному феромагнітному осерді, і котушка L_1 створює змінне магнітне поле, то ЕРС індукції в котушці L_2 , залежатиме від магнітної проникності феромагнітного осердя.

Вимірюючи ЕРС в котушці L_2 , можна оцінювати значення μ і її зміни. Оскільки підсилювачі змінного струму досить прості й ефективні, це дає можливість проводити дослідження феромагнетиків.

Особливістю демонстраційного експерименту з теми "Магнітні властивості речовин" є те, що для постановки більшості дослідів, можна скористатися підручними матеріалами і різноманітними деталями від електричних та радіо приладів.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Магнітні властивості речовин".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Чому магнітне поле діє на речовину?
 2. Яка природа діамagnetизму?
 3. Яка природа феромагнетизму?
 4. Яка роль доменів у явищі феромагнетизму?
 5. З яких етапів складається процес намагнічування феромагнетиків?
 6. Яка природа магнітного гістерезису?
 7. Що таке точка Кюрі?
 8. Які чинники впливають на властивості феромагнетиків?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>Заліковий рівень</i>											
<i>Низький</i>			X	X			X	X			
<i>Середній</i>	X	X	X		X	X					
<i>Високий</i>	X	X	X		X	X	X		X	X	X

3. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 25-01. Магнітні властивості твердих тіл

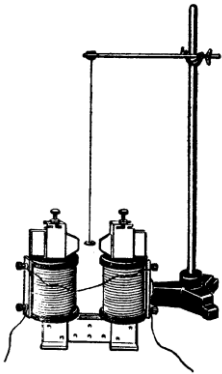
Обладнання. Набір зразків для демонстрування магнітних властивостей речовини; електромагніт з конічними наконечниками; тіньовий освітлювач або універсальний проектор; джерело постійної напруги до 30 В при силі струму до 10 А; штатив з муфтою і лапкою.

Зміст і послідовність проведення

Для демонстрування пара-, ді- та феромагнітних властивостей речовин промисловість випускає спеціальний набір. У нього входять циліндричні зразки з заліза, вісмуту та алюмінію діаметром біля 3 мм і довжиною 15 мм, які можуть бути підвішені на нитці. До комплекту приладу входить пластмасовий затискач зразків з ниткою-підвісом довжиною 300...400 мм, на другому кінці якого є пластмасова пробка для закріплення підвісу в лапці штатива.

Для виконання дослідів складають електромагніт з осердя універсального трансформатора, двох котушок 120/220 В

і конусних наконечників. Котушки з'єднують так, щоб їх магнітні потоки додавалися. Для цього верхня клема лівої котушки з'єднується з нижньою клемою правої, а верхня клема правої котушки – з нижньою клемою лівої. Крайні клеми однієї з котушок приєднують до клем джерела постійного струму. Відстань між полюсними наконечниками підбирається такою, щоб між ними з невеликими зазорами міг розміститися досліджуваний зразок (мал. 232).



Мал. 232

У лапці штатива кріпиться нитка, на кінці якої в горизонтальному положенні знаходиться стрижень з алюмінію так, щоб він розташувався перпендикулярно до лінії, що сполучає полюси електромагніту. При замиканні кола живлення електромагніта стрижень повертається й встановлюється паралельно лінії, що сполучає вершини конусів полюсних наконечників електромагніта.

Замінюють парамагнетик на діамагнетик (стрижень з вісмуту) і орієнтують його так, щоб його поздовжня вісь розташовувалася вздовж лінії, яка сполучає вершини конусів наконечників. Вмикають живлення електромагніта й встановлюють таку силу струму, за якої стрижень повертається на 90° і встановлюється так, що його вісь стає перпендикулярною до осі наконечників електромагніта.

Повторюють це ж з феромагнітним зразком і спостерігають його притягання до одного з полюсів і орієнтацію поздовжньої осі феромагнітного стрижня вздовж осі конусних наконечників електромагніта.



Мал. 233

Щоб краще було спостерігати рух стрижнів, використовують тіньову проекцію (мал. 233), портативну телекамеру або веб-камеру.



1. Яким повинен бути підвіс досліджуваних зразків, щоб їх коливання і обертання були мінімальними?
2. Чому електромагніт повинен бути з кінчними полюсними наконечниками?

Дослід 25-02. Магнітні властивості рідини

Обладнання. *U*-подібна скляна трубка; водний розчин хлорного заліза; електромагніт з кінчними наконечниками; випрямляч з регульованою вихідною напругою 0...30 В постійного струму; штатив з муфтою і лапкою.

Зміст і послідовність проведення

Для проведення досліду готують насичений водний розчин хлорного заліза. Електромагніт використовується такий же, як і в попередньому досліді №1. Скляна трубка має орієнтовно такі розміри: зовнішній діаметр 4...6 мм, внутрішній діаметр 2...2,6 мм. Відстань між колінами біля 40 мм.

U-подібна трубка наповнюється насиченим розчином хлорного заліза, який за своїми магнітними властивостями належить до парамагнетиків. Одне з колін трубки в середній частині охоплюється латунним тримачем, який в свою чергу кріпиться в лапці штатива так, щоб друге коліно трубки було між кінчними наконечниками електромагніта й початковий рівень рідини в ньому знаходився біля нижнього краю полюсів електромагніта, тобто в області найбільшого градієнта магнітного поля.

При замиканні кола живлення електромагніта рівень рідини в тому коліні, яке знаходиться між полюсами електромагніта, підвищується, що свідчить про втягування рідини в область поля, де магнітна індукція вища. Для покращення видимості досліду установку можна спроектувати на екран або використати телевізійну камеру.

Дослід 25-03. Магнітні властивості газів

Обладнання. Електромагніт з конічними наконечниками; парафінова свічка; проекційний апарат (телекамера); екран; штатив з лапкою.

Зміст і послідовність проведення

Електромагніт з конічними наконечниками розміщується на підйомному столику так, щоб його магнітопровід був у горизонтальному положенні, а між його полюсами могло розміститися полум'я парафінової свічки. Затінивши аудиторію, проєктують полум'я свічки на екран. Після цього замикають коло живлення електромагніта й спостерігають витіснення полум'я з магнітного поля.

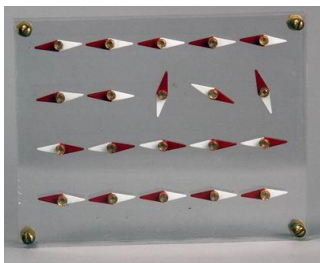


1. Який апарат зручно використати для проєктування зображення полум'я свічки на екран?

Дослід 25-04. Доменна структура феромагнетика

Обладнання. Модель доменної структури феромагнетика; графопроектор або телекамера; смугові магніти.

Зміст і послідовність проведення



Мал. 234

Для проведення демонстрації використовують модель доменної структури феромагнетика (аналогічна модель випускається під назвою модель молекулярної будови магніту) (мал. 234).

Злегка струшують модель доменної структури феромагнетика, домагаючись максимальної розорієнтації її магнітних стрілок.

Встановлюють модель на горизонтальній поверхні й проєктують її зображення на екран. Звертають увагу на різну орієнтацію магнітних стрілок (доменів).

Підносять з одного боку магніт і спостерігають переорієнтацію магнітних стрілок. Вони орієнтуються в напрямку вектора індукції зовнішнього магнітного поля. Проводять аналогію з будовою феромагнетика і його намагнічуванням.



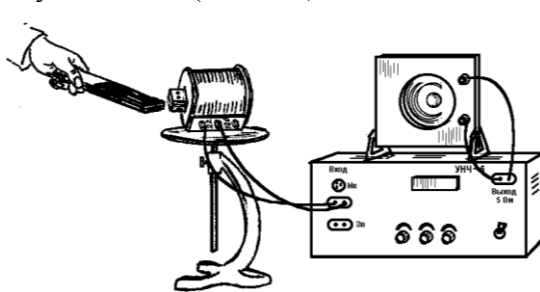
1. Як зробити видимим дослід для всього класу, не маючи телекамери чи проєкційного ліхтаря?
2. У чому полягає аналогія моделі з феромагнетиком?

Дослід 25-05. Стрибокподібне намагнічування феромагнетика (ефект Баркгаузена)

Обладнання. Підсилювач низької частоти; гучномовець; котушка від універсального трансформатора на 220 В; постійний магніт; смужка покрівельної жерсті (25 × 150 мм); з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність проведення

Котушку від універсального трансформатора з'єднують зі входом підсилювача низької частоти. До виходу підсилювача приєднують гучномовець (мал. 235).



Мал. 235

До торця котушки повільно підносять магніт і переконуються, що гучномовець не звучить. Вставляють у котушку смужку покрівельної сталі так, щоб більша її частина виступала з котушки. Повільно наближають магніт (початкова відстань 40 ... 50 см). У гучномовці чутно зростаючий шум, потріскування. Коли магніт наближають майже впритул до котушки, шум послаблюється і при зупинці зовсім зникає.

Повільно віддаляють магніт. Шум і потріскування чутно знову.



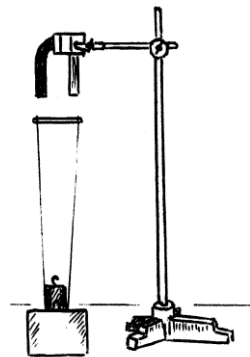
1. Чому в досліді доцільно використати покрівельну жерсть?
2. Чи можна спостерігати ефект за відсутності підсилювача?

Дослід 25-06. Магнітний захист

Обладнання. Сильний постійний підковоподібний магніт або електромагніт; штатив з муфтою і лапкою; залізний стрижень; тонкі пластинки з різних матеріалів (мідь, алюміній, залізо, пластмаса); гири 1...2 кг; міцна нитка.

Зміст і послідовність проведення

До країв залізного стрижня прив'язують нитку, середину якої закріплюють на гирі. У лапці штатива затискають магніт полюсами вниз. Стрижень піднімають і домагаються, щоб він завис (мал. 236). Вносячи у простір між стрижнем і магнітом пластинки з різних матеріалів, демонструють можливість магнітного захисту за допомогою тонкого залізного екрану.



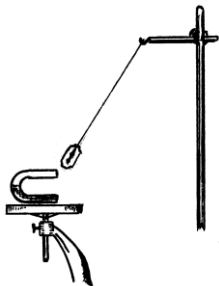
1. Яка роль гирі в досліді?
2. Чому сталева пластинка екранує дію магнітного поля?

Дослід 25-07. Температура Кюрі сталі

Обладнання. Лезо безпечної бритви; тонка мідна дротина довжиною 25...30 см; штатив з муфтою і лапкою; спиртівка; підковоподібний магніт (електромагніт).

Зміст і послідовність проведення

Лезо прикріплюють до одного кінця дротини, а другий – затискають у лапці штатива. До леза підносять магніт і відводять його вбік, домагаючись, щоб лезо не доторкнулося до магніту, а зависло так, щоб дротина розташувалася під деяким кутом до вертикалі (мал. 237).



Мал. 237

Запалюють спиртівку й нагрівають лезо в її полум'ї. Через короткий час лезо перестав притягуватися до магніту й починає гойдатися на дротині. Це означає, що внаслідок нагрівання воно втратило феромагнітні властивості.

Після того, як лезо охолоне, воно знову буде притягуватися до магніту.



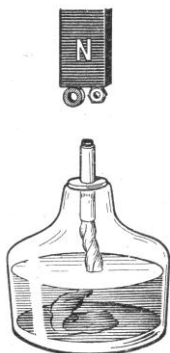
1. Чому для підвішування леза використовується металева дротина?
2. З якого металу повинна бути дротина?

Дослід 25-08. Температура Кюрі фериту

Обладнання. Постійний смуговий магніт; сталева гайка; феритова шайба; спиртівка; штатив з лапкою.

Зміст і послідовність проведення

Точка Кюрі у феритів порівняно низька, і це дає змогу ефективно демонструвати залежність магнітних властивостей від температури. До полюса постійного магніту, закріпленого в штативі, підносять залізну гайку й феритову шайбу. Після цього в полум'ї спиртівки або сірника нагрівають одночасно кільце й гайку (мал. 238). За певної температури шайба відпадає, а гайка продовжує триматися на магніті.



Мал. 238

Цей дослід підтверджує, що магнітні властивості феромагнетиків залежить від температури. Те, що залізна гайка залишається на магніті, свідчить, по-перше, що магніт від нагрівання не розмагнітився, і, по-друге, що різні феромагнетики мають різну чутливість до нагрівання: феритове кільце втратило феромагнітні властивості при нижчій температурі.



1. Чи має дидактичні переваги дослід 25-8 перед дослідом 25-7? У чому?

Дослід 25-09. М'які та жорсткі феромагнетики

Обладнання. Смоговий (штабовий) магніт; пластина з м'якого феромагнетика (наприклад, пластина від осердя трансформатора); сталеву дротину або уламок полотна ножівки; залізні ошурки; дрібні цвяхи; канцелярські скріпки.

Зміст і послідовність проведення

Сталеву дротину або полотно ножівки перед дослідом потрібно помістити в котушку, наприклад, з комплекту універсального трансформатора й розраховану на напругу 220/120 В, яку приєднують до клем джерела змінного струму з

регульованою напругою до 30 В і силою струму до 5...10 А (наприклад до клем змінного струму випрямляча В-24). Поступово збільшуючи, а потім – зменшуючи напругу на клеммах, розмагнічують дротину чи полотно ножівки.

Починаючи дослід, показують, що ні пластина трансформаторної сталі, ні сталева дротина, ні полотно ножівки не притягують залізних ошурок. Після цього підносять полюс магніту до одного кінця пластини трансформаторної сталі, а потім другий кінець – до магнітних ошурків, дрібних залізних деталей. Спостерігають притягання ошурок, гвіздочків, скріпок до феромагнетика.

Відокремлюють пластину від магніту. Дрібні металеві предмети відпадають. Струшують ошурки, які залишилися, і знову підносять до коробочки з ошурками та дрібними залізними деталями. Роблять висновок, що пластинка трансформаторної сталі не зберігає намагніченого стану.

Повторюють дослід із сталеву дротиною або уламком полотна ножівки. Після відокремлення від магніту дротина (полотно ножівки) продовжує притягувати ошурки й дрібні залізні деталі – зберігає намагніченість.

На основі цих дослідів вводять поняття про м'які та жорсткі феромагнетиками.



1. Як використати індикатор магнітного поля в досліді?

Дослід 25-10. Магнітний гістерезис

Обладнання. Амперметр демонстраційний – 2 шт.; котушка на 120/220 В від універсального трансформатора; випрямляч; звуковий генератор; індикатор магнітної індукції; штатив універсальний з муфтою; стрижень із загартованої сталі; з'єднувальні провідники; ящик-підставка.

Зміст і послідовність проведення

Установка для досліду складається з двох частин. Котушка 120/220 В від універсального трансформатора розміщена на немагнітній підставці (скляна банка, дерев'яний брусок). У неї вставлено сталевий добре загартований стрижень (наприклад, напилек, або зубило). Середину стрижня обмотують папером так, щоб він міцно утримувався в котушці. Увімкнувши послідовно з котушкою демонстраційний амперметр із шунтом і шкалою на 3 А, їх приєднують до затискачів джерела постійного струму з регульованою напругою, наприклад, випрямляча В-24.

Над стрижнем, усталеним у котушку, вздовж його осі на відстані близько 6 см розміщують індикатор магнітної індукції. Вхід індикатора приєднують до виходу звукового генератора, а вихідні кінці індикатора – до затискачів гальванометра демонстраційного амперметра, призначених для змінного струму. У гальванометрі встановлена шкала 0-10.

Замикають коло живлення випрямляча і встановлюють в котушці струм 3 А. Замкнувши коло живлення генератора і встановивши частоту 1000...2000 Гц, встановлюють максимальну амплітуду струму в індикаторі. Переміщуючи індикатор угору або вниз по стержню штатива, знаходять положення, в якому стрілка гальванометра стане на поділці 10, і закріплюють в цьому положенні.

Поступово зменшуючи силу струму в котушці до нуля, відмічають покази приладів. Після досягнення нульової поділки амперметра, змінюють напрям струму в котушці і доводять його до значення, коли стрілка гальванометра досягне 10-ї поділки.

Знову зменшують силу струму в котушці до нуля і помічають, що стрілка індикатора зупиниться на деякій поділці. Щоб вона дійшла до нульової поділки, змінюють напрям струму в котушці, змінивши клеми випрямляча, до яких вона приєднана. Збільшуючи силу струму в котушці, доводять покази стрілки гальванометра до 10-ї поділки шкали.

При проведенні дослідження записують у таблицю покази приладів у кількох положеннях, особливо в характерних точках.

За таблицею будують графік в осях B_0 і B й аналізують його, звертаючи увагу на відставання процесу розмагнічення від намагнічення (гістерезис).



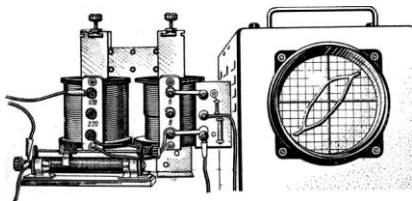
1. Яка роль паперу на напилку, розміщеному в склянці?
2. Чому напилек кріпиться не безпосередньо в лапці штатива?

Дослід 25-11. Петля гістерезису

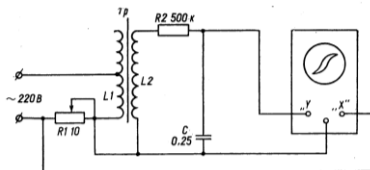
Обладнання. Трансформатор шкільний універсальний; осцилограф; реостат з опором 6...10 Ом; резистор з опором 0,5...1 МОм; конденсатор ємністю 0,25...0,5 мкФ; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність проведення

Для демонстрування петлі магнітного гістерезису на екрані осцилографа складають установку (мал. 239), схема якої показана на мал. 240.



Мал. 239



Мал. 240

В установці можна використати будь-які шкільні осцилографи. У досліді використовують обмотку $L1$ на 120 В котушки на 120/220 В універсального трансформатора та котушку $L2$ на 12 В цього самого трансформатора. Ярмо трансформатора для утворення чіткої петлі гістерезису можна трохи зсунути. Розміри петлі на екрані встановлюють за

допомогою реостата $R1$ і регуляторів підсилення осцилографа по вертикалі та горизонталі. Установка має перебувати на відстані $0,75...1$ м від шкільного осцилографа, оскільки на ці осцилографи діють зовнішні магнітні поля, і магнітне поле трансформатора може спотворювати петлю гістерезису. Якщо застосовується інші типи осцилографів, трансформатор можна розміщувати біля осцилографа.

Установка живиться синусоїдальним змінним струмом. Тому протягом одного півперіода відбувається намагнічування осердя струмом одного напрямку до насичення (адже на обмотку розраховану на напругу 120 В, подають напругу з мережі – 220 В. Протягом другого півперіода відбувається розмагнічування й намагнічування струмом протилежного напрямку. Потім знову відбувається перемагнічування. Таким чином, створюються умови для утворення петлі магнітного гістерезису.

Установка дає змогу на екрані осцилографа спостерігати залежність між індукцією B магнітного поля в осерді й магнітною індукцією намагнічуючого поля B_0 котушки $L1$.

Для проведення досліду на пластини горизонтального відхилення подається напруга U_x , пропорційна намагнічуючому струму в котушці $L1$, яку знімають з реостата $R1$. На пластини вертикального відхилення подається напруга, пропорційна індукції поля в осерді.

Учні знають, що магнітна індукція B_0 , яка створюється струмом, завжди пропорційна силі струму, тобто $B_0 \sim I$. Ураховуючи, що $U_x = IR$, маємо: $U_x \sim B_0$.

Напруга U_y пропорційна B , оскільки у вторинній обмотці $L2$ виникає ЕРС індукції, яка залежить від швидкості зміни індукції поля в осерді.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Пояснити, як мають бути орієнтовані стержні з різних магнітних матеріалів до початку досліду із спостереження властивостей пара-, діа-, та феромагнетиків.
 2. Як впливає на результати дослідів, що ілюструють поведінку пара-, діа-, та феромагнетиків, довжина і товщина нитки, на якій закріплюють зразки?
 3. Які варіанти демонстрації точки Кюрі ви можете запропонувати. Оцініть їх переваги (недоліки).
 4. Як показати, що не може існувати одно полярних магнітів?
 5. Чому ефективність магнітного екранування практично не залежить від товщини екрануючої пластинки?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 26. ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ІНДУКЦІЯ

Мета роботи. Познайомитися зі змістом та особливостями демонстраційного експерименту до теми "Електромагнітна індукція". Оволодіти методикою й технікою постановки демонстраційного експерименту, який використовується при вивченні теми.

Особливості експерименту з теми

Експеримент носить у основному якісний характер. Для одержання кількісних характеристик досліджуваних явищ необхідно, щоб індукція магнітного поля, яке пронизує контур, змінювалася протягом досить тривалого часу за лінійним законом. Для створення таких полів можуть бути використані, наприклад, котушки Гельмгольца, які живляться від спеціальних джерел, на виході яких напруга зростає чи спадає за лінійним законом. Швидкість зміни напруги визначає швидкість зміни сили струму в котушках і, відповідно, швидкість зміни магнітного потоку. Проте такі джерела для шкільного експерименту не випускаються. Самостійне ж виготовлення і налагодження такого джерела вимагає досить хорошої підготовки і доступне досвідченим радіоаматорам.

У демонстраційному експерименті до теми широко використовують комплект "Універсальний трансформатор" (мал. 241).



Мал. 241

Трансформатор універсальний, призначений для демонстрації будови й дії трансформатора, а також для низки інших дослідів з електромагнетизму й електромагнітної індукції. Прилад є набором деталей, показаних на малюнку.

До складу комплекту входять: осердя перерізом 35×36 мм із ярмом і затискними гвинтами, котушка з позначенням 120/220 В із двох секцій (490 витків проводу діаметром 0,50 мм і 422 витка проводу діаметром 0,72 мм), котушка з позначенням 6/6 В із двох секцій, по 38 витків проводу діаметром 1,5 мм у кожній секції, наконечники конічні, котушка для електрозварювання, кільцевий жолоб на керамічній основі, маятник із двома змінними пластинами (в деяких комплектаціях відсутній), котушка плоска з лампочкою (3,5 В, 0,28 А), кільце мідне, кільце алюмінієве.

Струм холостого ходу трансформатора при живленні від мережі 120 В не перевищує 0,5 А, а при 220 В не більш 0,35 А.

При проведенні демонстрацій необхідно розкрити учням сутність явищ, що демонструються, дати їх пояснення з точки зору прояву закону збереження й перетворення енергії, навчити визначати напрям індукційних струмів у замкнутих провідниках.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електромагнітна індукція".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які досліди передбачені програмою з фізики при вивченні явища електромагнітної індукції в середній школі?
 2. У чому полягає сутність явища електромагнітної індукції? Які особливості цього явища можна проілюструвати на основі демонстраційного експерименту?
 3. Сформулювати й пояснити з точки зору закону збереження енергії сутність правила Ленца для визначення напрямку індукційного струму.
 4. Як визначити напрям індукційного струму, що виникає в кільці під час руху магніту в процесі демонстрації цього правила з приладом Піотровського для демонстрації правила Ленца.
 5. Сформулювати закон електромагнітної індукції.

6. У чому полягає сутність явища самоіндукції? Як визначається ЕРС самоіндукції в контурі.
7. Що таке індуктивність контура (коефіцієнт самоіндукції)?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації і ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

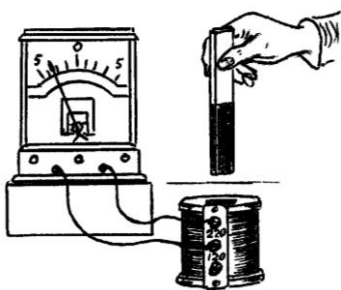
<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>Заліковий рівень</i>									
<i>Низький</i>	X		X		X				X
<i>Середній</i>		X		X		X	X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 26-01. Одержання індукційного струму в замкнутому контурі

Обладнання. Універсальний трансформатор; джерело постійного струму з регульованою напругою; смугові магніти; з'єднувальні провідники; демонстраційний гальванометр.



Мал. 242

Зміст і послідовність виконання завдання

Котушку універсального трансформатора на 220 В з'єднують з гальванометром від демонстраційного вольтметра. Уводять у котушку один з полюсів полосового (штабового) магніту. Фіксують відхилення стрілки гальванометра (мал. 242).

Звертають увагу:

1) струм виникає при відносному русі магніту й котушки (індукційний струм виникає незалежно від того, що ми рухаємо – магніт, чи котушку);

2) напрям індукційного струму залежить від напрямку вектора магнітної індукції поля та напрямку руху магніта (наростає магнітний потік, чи спадає);

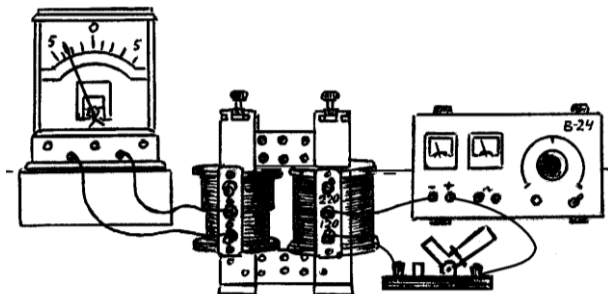
3) значення індукційного струму залежить від швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур.

**Дослід 26-02. Одержання індукційного струму
в замкнутому контурі (2)**

Обладнання. Універсальний трансформатор; джерело струму; гальванометр від демонстраційного вольтметра; вимикач; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Котушки універсального трансформатора на 120/220 В і 6/12 В встановлюють на осердя. Ядро можна не ставити. Котушку 220 В з'єднують з джерелом постійного струму через вимикач. Обмотку котушки на 6 В з'єднують з гальванометром демонстраційного вольтметра. Замикаючи й розмикаючи коло, демонструють виникнення індукційного струму. Звертають увагу на напрям індукційного струму при замикання й розмикання кола (мал. 243).



Мал. 243

Змінюючи кількість витків (приєднуючи до гальванометра обмотку на 6 В та 12 В, демонструють залежність сили струму (а отже й ЕРС індукції) від кількості витків.

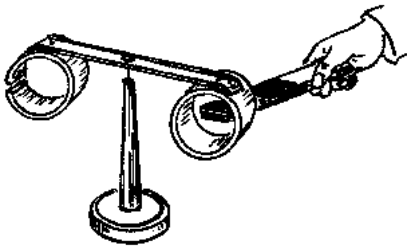
Змінюючи силу струму в котушці, з'єднаній з джерелом струму, демонструють залежність ЕРС індукції від швидкості зміни магнітного потоку, що пронизує контур, і незалежність її від сили струму в ньому.

Дослід 26-03. Правило Ленца (1)

Обладнання. Прилад Петровського для демонстрації правила Ленца; набір смугових магнітів; демонстраційний підйомний столик.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрування прилад розміщують на підйомному столику так, щоб коромисло з кільцями було зорієнтовано під гострим кутом до учнів. У суцільне кільце швидко вводять будь-який полюс одного або двох, складених однаковими полюсами, магнітів. Кільце відштовхується від магніту (мал. 244).

**Мал. 244**

Притримавши рукою кільце, у нього вводять магніт. Потім, звільнивши кільце, швидко виймають магніт з кільця. Кільце рухається за магнітом.

Ці ж досліди проводять і з розрізаним кільцем. Переконаються, що воно не реагує на рухи магніту – індукційний струм у ньому не виникає.

З'ясовують суть дослідів. Користуючись правилом Ленца, визначають напрям індукційного струму для кожного з мож-

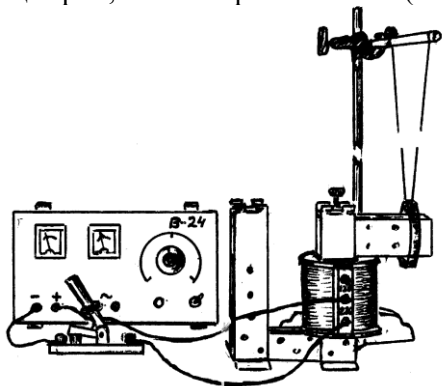
ливих випадків руху магніта відносно кільця й розташування його полюсів.

Дослід 26-04. Правило Ленца (2)

Обладнання. Котушка універсального трансформатора на 220 В або дросельна; джерело постійного струму (напруга до 24 В, сила струму від 2 А); осердя від універсального трансформатора; вимикач; з'єднувальні провідники; алюмінієве кільце з набору універсального трансформатора; нитка; універсальний штатив з муфтою і коротким стрижнем.

Зміст і послідовність виконання завдання

На осердя одягають котушку й закріплюють ярмо так, як зображено на малюнку. Кільце підвішують на біфілярному підвісі завдовжки 40 – 60 см на штативі так, щоб воно одяглося на вільний кінець ярма, але не торкалося його (мал. 245).



Мал. 245

Приєднують котушку до джерела струму й, замкнувши вимикач, відрегульовують силу струму в колі.

Замикають коло й спостерігають відхилення кільця до вільного кінця ярма. Через деякий час, коли кільце займе попереднє положення, коло розмикають. Кільце притягується до котушки.

Пояснюють зміст демонстрації, визначають за допомогою правила Ленца напрямок індукційного струму в кільці для різних напрямків протікання струму в котушці, а також при замиканні та розмиканні кола.

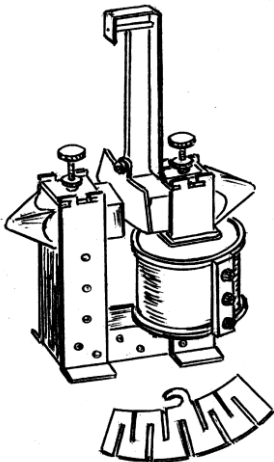


1. Чому кільце відштовхується при замиканні кола живлення електромагніта?
2. Чому кільце притягується при розмиканні кола живлення електромагніта?

Дослід 26-05. Індукція в суцільних провідниках

Обладнання. Комплект "Універсальний трансформатор"; дросельна котушка; джерело постійного струму з регульованою вихідною постійною напругою до 20 В і силою струму 2 А; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання



На осердя універсального трансформатора насаджують дросельну котушку (можна використати й котушку на 220 В з цього ж набору). На кінці осердя накладають полюсні наконечники плоскими кінцями всередину. Між наконечниками має залишатися проміжок приблизно в 1 см. Закріплюють наконечники за допомогою затискача з гайкою на осерді трансформатора. До одного з них кріплять стояк з м'ятником у вигляді суцільної алюмінієвої пластини (мал. 246).

Мал. 246

Установку розміщують на столі так, щоб маятник коливався у площині, паралельній класній дошці. Котушку приєднують до джерела струму й встановлюють напругу до 20 В.

Приводять у рух маятник і демонструють його коливання протягом досить тривалого часу. Вмикають струм. Маятник різко гальмується.

Замінюють суцільну пластинку маятника пластинкою з розрізами й знову замикають коло. Коливання відбуваються протягом значно тривалішого часу.

Пояснюють суть явища та розповідають про його використання в різних технічних пристроях та вимірювальних приладах.



1. Як зробити більш об'єктивним твердження про зміну часу коливань маятника?
2. Яка роль прорізів у пластині, яка використовується в другій частині досліду?

Дослід 26-06. Індукційні струми і принцип дії спідометра

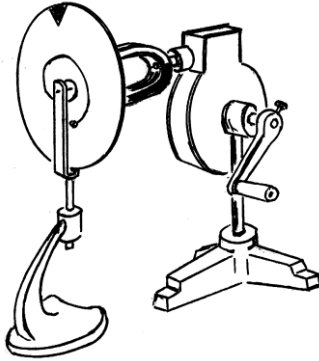
Обладнання. Прилад для демонстрування вихрових струмів і принципу дії спідометра; підковоподібний магніт з віссю з набору для демонстрування вихрових струмів; відцентрова машина.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрування виникнення вихрових струмів у суцільних провідниках і принципу дії спідометра є спеціальний прилад. Це – легкий алюмінієвий диск, який легко обертається в підшипниках спеціального тримача. На диску закріплено спіральну пружину, вільний кінець якої можна фіксувати на тримачі. Для цього тримач має гачок. Щоб краще спостерігати обертання диска, на ньому нанесено червону мітку.

У комплект приладу входить також підковоподібний магніт, закріплений на осі.

Для демонстрації вихрових струмів диск встановлюють вертикально. Вісь підковоподібного магніту закріплюють у шпинделі відцентрової машини горизонтально. Диск підводять до магніту так, щоб між ним і полюсами магніту була мінімальна відстань, а осі розташувалися на одній прямій (мал. 247).



Мал. 247

Привівши у обертання магніт, спостерігають обертання диска в той самий бік. Для усунення внутрішнього тертя у повітряному проміжку між полюсами магніту й диском розміщують аркуш паперу. Листок можна приклеїти до обойми тримача диска.

Щоб продемонструвати дію спідометра, вільний кінець пружини закріплюють на обоймі тримача. Завдяки цьому диск може лише коливатися. Привівши в обертання магніт, звертають увагу на те, що кут його повороту тим більший, чим більша швидкість обертання магніту.

Якщо зробити механічну передачу від колеса автомобіля до магніту, то можна визначати швидкість руху автомобіля.



1. Як пояснити, що диск обертається одночасно з магнітом?

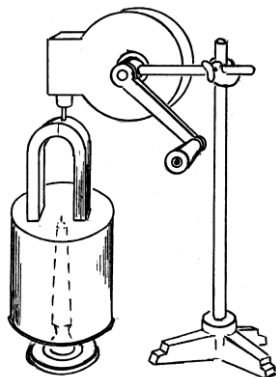
Дослід 26-07. Вихрові струми в суцільних провідниках

Обладнання. Підковоподібний магніт з віссю з приладу для демонстрування вихрових струмів; відцентрова машина; вістря на підставці від приладу

Петровського або демонстраційної магнітної стрілки; штатив з муфтою.

Зміст і послідовність виконання завдання

На вістрі, вгору денцем, встановлюють алюмінійовий стакан калориметра так, щоб він міг вільно обертатися на ньому. Підковоподібний магніт з віссю затискають у патроні відцентрової машини й встановлюють її так, щоб полюси магніту розташувалися з невеликим зазором над денцем калориметра, а вісь обертання калориметра була на одній прямій з віссю обертання магніту (мал. 248).



Мал. 248

Обертаючи ручку відцентрової машини, спостерігають спочатку повільне, а потім все більш швидше обертання стакана калориметра.

Зупиняють обертання магніту – обертання калориметра досить швидко гальмується. Обертають магніт у протилежному напрямку. Стакан знову починає з деяким відставанням обертатися у тому ж напрямку, що й магніт.

Пояснюють, чому це відбувається.



1. Як провести дослід, не застосовуючи вістря на підставці?

Дослід 26-08. Принцип дії індукційної печі низької частоти

Обладнання. Універсальний трансформатор; кільцевий жолоб на керамічній основі; шматочки олова чи каніфолі.

Зміст і послідовність виконання завдання

На один із стрижнів осердя універсального трансформатора надівають котушку 120/220 В, а на другий – мідний кільцевий жолоб на керамічній основі. Установлюють і затискають гвинтами ярмо. Відповідну обмотку котушки (220 В) через вимикач з'єднують з мережею змінного електричного струму. У жолоб кладуть шматочки олова. Увімкнувши живлення, показують, як плавиться олово.

Дослід 26-09. Самоіндукція

Обладнання. Дросельна котушка; осердя універсального трансформатора; дві низьковольтні лампочки (*МН* 6,3 В; 0,3 А); джерело постійного струму з можливістю регулювання вихідної напруги; реостат на 50...100 Ом; неоновая лампочка; з'єднувальні провідники; вимикач.

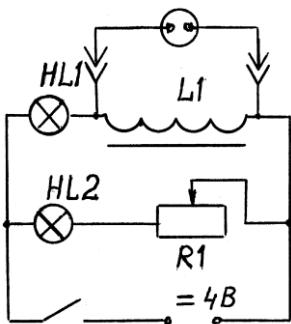
Зміст і послідовність виконання завдання

Дросельну котушку одягають на осердя універсального трансформатора й замикають магнітопровід ярмом.

Збирають коло за схемою, зображеною на мал. 249 (використовують обмотку дросельної котушки на 3600 витків). Замикають коло й за допомогою реостата домагаються, щоб розжарення лампочок *HL1* і *HL2* було однаковим (опір реостата повинен дорівнювати активному опору котушки). Розмикають коло. Замикають і розмикають кілька разів коло й спостерігають,

що лампочка, ввімкнена послідовно з котушкою, після замикання вимикача засвічується пізніше, ніж лампочка, що ввімкнена послідовно з реостатом.

Змінюють індуктивність котушки (вмикають іншу кількість витків чи знімають ярмо) і показують, що запізнення засвічування лампочки



тим більше, чим більша індуктивність котушки.

Від'єднують ділянку кола з реостатом (можна просто викрутити лампочку) і паралельно котушці приєднують неонову лампочку. Знову замикають і розмикають коло. Спостерігають спалахи неонові лампочки в момент розмикання і досить потужну іскру між контактами вимикача. З'ясовують суть спостережуваних явищ.



1. Чому для виявлення самоіндукції при розмиканні застосовується неонові лампочка, а не звичайна лампа розжарювання?
2. З якою метою в першій частині досліду досягають однакового свічення лампочок?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Як продемонструвати залежність значення ЕРС індукції від швидкості зміни магнітного потоку?
 2. Як показати, що правило Ленца впливає із закону збереження і перетворення енергії?
 3. Як пояснити дію індукційної печі низької частоти?
 4. Як показати, що ЕРС самоіндукції залежить від кількості витків у контурі та магнітних властивостей середовища?
 5. Де на практиці використовується спосіб зменшення сили індукційних струмів у суцільних тілах?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 27. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ КОЛИВАННЯ

Мета роботи. Оволодіти методикою й технікою демонстраційного експерименту при вивченні вільних електромагнітних коливань та автоколивань.

Особливості експерименту з теми

У теорії коливальних процесів вільними називають коливання, які відбуваються за рахунок лише енергії коливальної системи. У коливальному контурі вільні електромагнітні коливання виникають завдяки енергії, наданій контуру ззовні шляхом заряджання конденсатора або збудження ЕРС індукції в котушці індуктивності. За таких умов у контурі відбуваються взаємопов'язані перетворення енергії електричного поля в енергію магнітного й навпаки. У реальному контурі, активний опір якого не дорівнює нулю, відбувається перетворення енергії електричного струму в теплову енергію й існує певне випромінювання: коливання затухають. Тому на початковому етапі вивчення електромагнітних коливань доводиться розглядати вільні (затухаючі) електромагнітні коливання.

Система фізичного експерименту, присвяченого затухаючим коливанням, включає два суттєвих аспекти техніки демонстрацій. Перший – пов'язаний із збудженням вільних коливань в контурі; другий – пов'язаний з візуалізацією процесів, які відбуваються в контурі. Ці аспекти взаємозв'язані, а тому їх потрібно розглядати комплексно.

Установки, які використовуються при вивченні електромагнітних коливань, повинні забезпечувати не лише утворення коливальних процесів, а й перетворювати інформацію про ці процеси в таку фізичну форму, яка була б доступна сприйманню органами чуттів.

Одним із поширених способів перетворення інформації є осцилоскопічний, при якому за ходом процесу можна слідкувати за графіками, які будує електронна система на екрані осцилографа. Цей варіант зручний тим, що при порівняно незначних індуктивностях L і ємностях C контура добротність

його досягатиме таких значень, при яких затухання коливань буде незначним. Проте в цьому випадку виникають певні труднощі зі збудженням коливань в контурі. Щоб картина на екрані осцилографа могла бути вивчена, вона повинна залишатися незмінною тривалий час, необхідний для спостереження й необхідних вимірювань. Отже, процес поповнення контура енергією й наступний за ним процес утворення затухаючих коливань повинні відбуватися синхронізовано з процесом розгортки електронного променя. Частота цих процесів повинна бути такою, щоб час зарядження конденсатора і його розрядження (утворення затухаючих коливань) становив певну частину періоду розгортки осцилографа.

Досить зручним для проведення таких дослідів може бути використання генератора, який дозволяє одержувати П-подібні імпульси, тривалість яких і частоту слідування можна регулювати. На сьогодні подібні генератори вже випускаються промисловістю (мал. 250).



Мал. 250

Одним з практичних способів збудження коливального контура є використання імпульсів, які одержують при однопівперіодному випрямленні змінного струму. У цьому випадку пауза між імпульсами становить 0,01 с. Цього часу достатньою для виникнення й повного затухання коливань в контурі, складеному з стандартного обладнання фізичного

кабінету. Шкільні осцилографи мають частоту розгортки, яка забезпечує стабільність "картини" на екрані.

Схема установки для одержання осцилограми затухаючих коливань показана на мал. 252. Імпульси струму, які одержують при проходженні змінного струму напругою 4...6 В через діод періодично заряджають конденсатор. У проміжках між імпульсами конденсатор розряджається через котушку і реостат. Розряд носить коливальний характер, і на екрані осцилографа спостерігається осцилограма затухаючих коливань. Змінну напругу одержують від будь-якого джерела змінного струму (перетворювача), що дає на виході напругу 4...6 В, наприклад, трансформатора, який в колі відіграє допоміжну роль.

Існують інші способи збудження коливального контура, зокрема, за допомогою електронних генераторів імпульсної напруги на неоновій лампі, диністорі, трансформатора з насиченими магнітопроводами, електромеханічних перемикачів тощо. Але їх використання в шкільному фізичному експерименті створює труднощі як технічного так і дидактичного характеру. Зокрема, учням важко зрозуміти суть процесів, які відбуваються в них.

Проте, за статичною картиною коливного процесу на екрані осцилографа учням інколи важко сприйняти його сутність. Тому картина на екрані часто сприймається не з більшим ефектом, ніж малюнок в книзі, чи на шкільній дошці.

Сприймання учнями процесу електромагнітних коливань відбувається значно ефективніше, коли вони можуть спостерігати безпосередньо зміни напруги й сили струму в коливальному контурі. До вивчення електромагнітних коливань, учні вже знають, що напруги й сили струмів вимірюються відповідно вольтметрами й амперметрами. Тому процес електромагнітних коливань у коливальному контурі сприймається учнями краще, коли зміни напруги й сили струму візуалізується коливаннями стрілок аналогових вимірювальних приладів. Особливості зору людини, який в цьому випадку є засобом сприймання інформації, та специфіка аналогових вимірювальних приладів вимагають, щоб коливання були досить низької частоти – біля 2 Гц. Таким умовам відповідають

коливальні системи, в яких котушки мають індуктивність близько 50 Гн (дросельна котушка на осерді універсального трансформатора) та конденсатори ємністю 1000...5000 мкФ. Проте, добротність контура з такими параметрами мала, частота коливань практично співпадає з резонансною частотою стрілки. Коливання стрілки повністю припиняються вже через 1...3 періоди.

Обидва підходи до постановки експерименту при вивченні електромагнітних коливань не виключають один одного, а тільки доповнюють. Тому, згідно з принципом доступності методика рекомендує на початковому етапі формування основних знань і навиків використовувати візуалізацію коливань за допомогою аналогових приладів, а потім перейти до використання осцилоскопічного методу вивчення коливного процесу, якій дозволяє встановити й кількісні співвідношення між періодом коливань і параметрами коливального контура.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми “Електромагнітні коливання”.
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які види електромагнітних коливань розглядаються в шкільному курсі фізики?
 2. Які явища відбуваються в коливальному контурі після заряджання конденсатора ?
 3. Від чого залежить період вільних електромагнітних коливань в ідеальному й реальному коливальних контурах?
 4. Які енергетичні перетворення відбуваються при виникненні електромагнітних коливань в ідеальному й реальному коливальних контурах?
 5. Від чого залежить швидкість затухання коливань? Як можна встановити умови, за яких коливання в контурі взагалі неможливі?
 6. Які фазові співвідношення коливань заряду, напруги та сили струму в коливальному контурі ?
 7. Чи залежить період затухаючих коливань від їх амплітуди?
 8. Які фізичні величини визначають енергію електричного поля конденсатора та енергію магнітного поля котушки із струмом ?

9. Якими рівняннями описуються затухаючі електромагнітні коливання ?
 10. Який фізичний зміст коефіцієнта затухання коливань ?
 11. Що треба робити, щоб коливання в коливальному контурі були незатухаючими?
 12. Що таке автоколивання? Яка структура автоколивної системи?
 13. Опишіть як змінюються напруга та сила струму в колі бази, колектора та в коливальному контурі генератора на транзисторі.
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Заліковий рівень</i>								
<i>Низький</i>	X		X		X		X	
<i>Середній</i>	X	X		X		X		X
<i>Високий</i>	X	X		X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

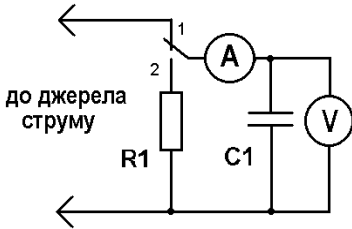
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 27-01. Розрядження конденсатора через активний опір (1)

Обладнання. Конденсатор ємністю 1000 мкФ; джерело струму напругою 3 ... 4 В; резистор на 10 Ом; демонстраційний амперметр з саморобним шунтом на 1 А (як шунт можна використати лабораторний реостат на 6 Ом з попередньо виставленим ковзним контактом на мінімальне значення опору).

Зміст і послідовність виконання завдання

З перелічених елементів складається електричне коло, схема якого зображена на мал. 251. Перемикач переводиться в положення 1, при якому конденсатор заряджається до напруги, рівної ЕРС джерела струму.



Мал. 251

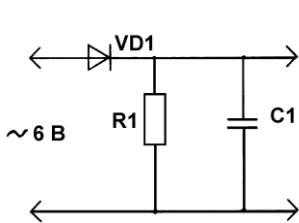
Після переведення перемикача в положення 2 починається розрядження конденсатора через резистор R і амперметр. Стрілка спочатку різко відхиляється на всю шкалу, а потім її покази поступово зменшуються до нуля.



1. Чому процес розрядження конденсатора аперіодичний?
2. Яка дидактична роль цього досліду в навчальному процесі з вивчення електромагнітних коливань?

Дослід 27-02. Осцилограма розрядження конденсатора через активний опір

Обладнання. Батарея конденсаторів на 58 мкФ; кремнієвий діод типу Д226; джерело змінного струму напругою 4 В; осцилограф; резистор опором 1 кОм.

Зміст і послідовність виконання завдання

Мал. 252

З перелічених приладів складається електричне коло, схема якого показана на мал. 252. Замкнувши коло живлення схеми й відрегулювавши осцилограф, одержують на екрані графік розрядження конденсатора через резистор. Звертають увагу на відсутність коливального процесу.



1. Чому рекомендується використовувати в досліді кремнієвий діод?
2. Чому графік на екрані осцилографа близький за виглядом до експоненти?

Дослід 27-03. Повільні електромагнітні коливання у коливальному контурі

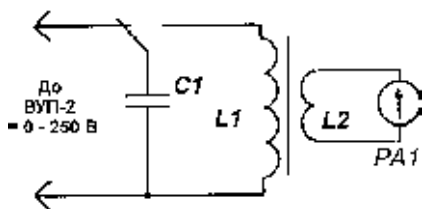
Обладнання. Випрямляч, що забезпечує постійну напругу до 100 В (типу ВУП-2); батарея конденсаторів на 60...100 мкФ з допустимою напругою 250 В; дросельна котушка; осердя універсального трансформатора; демонстраційний гальванометр.

Зміст і послідовність виконання завдання

На осердя універсального трансформатора одягають дросельну котушку і замикають осердя ярмом. Складають коло за схемою, зображеною на мал. 253. Під'єднують демонстраційну батарею конденсаторів ($C1$) до обмотки дросельної котушки, що має 3600 витків ($L1$), через перемикач, а демонстраційний гальванометр ($G1$) – до обмотки, що має 15 витків ($L2$). Встановлюють наругу

на клеммах випрямляча ВУП-2 біля 100 В.

Прилади необхідно розмістити так, щоб всі вони й монтажні провідники були добре видимі з усіх місць класу. Для цього їх розташовують на різних рівнях, використовуючи ящики-підставки.



Мал. 253

Вмикають джерело живлення (ВУП-2) і заряджають конденсатор, під'єднавши його за допомогою перемикача до

випрямляча. Через 1 ... 2 секунди переводять перемикач у друге положення (замикають конденсатор на котушку) і спостерігають затухаючі коливання стрілки гальванометра. Обертаючи ручку регулятора напруги, домагаються максимальної амплітуди коливань стрілки. Якщо амплітуда коливань стрілки мала – збільшують кількість робочих витків обмотки L_2 до 40. Демонстраційний гальванометр-вольтметр має більшу чутливість по напрузі. Тому його під'єднують до клем, що відповідають 15 або 25 виткам обмотки. Якщо використовують гальванометр-амперметр, його одразу можна приєднати до крайніх клем обмотки (40 витків).

Змінюючи ємність батареї конденсаторів та індуктивність контуру, спостерігають зміну частоти коливань стрілки гальванометра. Змінювати індуктивність контуру можна змінюючи число витків обмотки L_1 (1200, 2400, 3600), або зсуваючи ярмо осердя. Якщо ярмо не закріплювати на осерді, а навпаки, дати йому можливість трохи хитатися, то можна почути стукіт, частота якого вдвічі більша від частоти коливань контуру, що відповідає частоті перемагнічування осердя внаслідок зміни магнітного поля котушки.



1. Чому вольтметр увімкнений до окремої котушки?
2. Чому ярмо вібрує з частотою, удвічі більшою за частоту власних коливань в контурі?

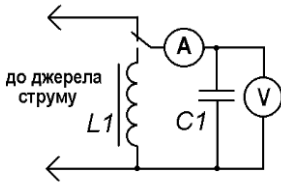
Дослід 27-04. Вільні електромагнітні коливання низької частоти у коливальному контурі

Обладнання. Дросельна котушка з осердям від універсального трансформатора; саморобна батарея електролітичних конденсаторів ємністю 500...5000 мкФ; демонстраційний вольтметр з додатковим опором на 5 або 15 В; демонстраційний амперметр із

шунтом; перемикач; джерело постійного струму напругою 4...6 В; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Складають коло за схемою, зображеною на мал. 254, намагаючись забезпечити добру видимість усіх її елементів. У вольтметрі використовують шкалу гальванометра з поділкою "0" посередині. Коректором стрілку встановлюють на нульову позначку.



Мал. 254

Поставити перемикач у положення 1 і зарядити конденсатор. Вольтметр покаже значення напруги зарядженого конденсатора. Якщо перемикач перевести у нейтральне положення, конденсатор повільно розряджатиметься через вольтметр (стрілка вольтметра повільно повертається до нульової позначки).

Знову заряджають конденсатор і перемикачем замикають його на конденсатор (положення 2). Спостерігають повільні коливання напруги на конденсаторі. Коливання швидко затухають.

Якщо в коло ввести амперметр (мал. 254), можна продемонструвати фазові співвідношення між коливаннями сили струму й напруги. Для цього підбирають до гальванометра-амперметра такий шунт (можна використати лабораторний реостат на 6 Ом або дротяний змінний резистор), щоб стрілка відхилилася від середньої позначки в кожену сторону майже до кінців шкали.

Повторюючи дослід так, як і в попередньому випадку, спостерігають коливання стрілок вольтметра й амперметра. Відмічають, що за максимальної напруги, сила струму дорівнює нулю. Коливання сили струму й напруги відбуваються із зсувом по фазі $\pi/2$.



1. Які дидактичні переваги цього досліду перед попереднім?
2. Які вимоги щодо внутрішнього опору вольтметра, який застосовується в досліді?

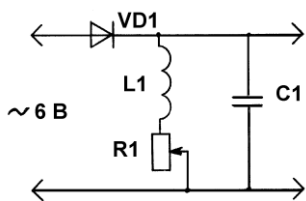
Дослід 27-05. Осцилограма затухаючих електромагнітних коливань у коливальному контурі

Обладнання. Джерело змінної напруги на 3...12 В; котушка універсального трансформатора на 120/220 В; ярмо універсального трансформатора; реостат на 30...100 Ом; демонстраційна батарея конденсаторів на 8...60 мкФ; демонстраційний осцилограф; напівпровідниковий діод на панелі.

Зміст і послідовність виконання завдання

Складають установку за схемою, зображеною на мал. 255.

Ємність конденсатора встановлюють 0,5...1 мкФ. Використавши



Мал. 255

ящики-підставки, розміщують прилади на різних рівнях так, щоб усім учням було добре видно всі елементи схеми та їх з'єднання. Ковзний контакт реостату встановлюють на максимальний опір. Пояснюють учням, що діод у даному колі відіграє роль ключа, який протягом одного півперіоду змінного струму (0,01 с) забезпечує

зарядку конденсатора коливального контуру, а в наступний півперіод – від'єднує від контура джерело струму й в контурі виникають коливання, осцилограму напруги яких можна спостерігати на екрані осцилографа.

Від'єднують батарею конденсаторів, закорочують діод, вмикають джерело змінного струму та осцилограф і демонструють стійку осцилограму змінної напруги джерела. На екрані осцилографа має бути видно 2...3 періоди коливань.

Знявши перемичку з діода, показують осцилограму напруги випрямленого, однопівперіодного струму.

Встановлюють мінімальний опір реостата, під'єднують конденсатор і демонструють виникнення затухаючих коливань у контурі.



Мал. 256

Обертаючи ручки регулювання частоти розгортки осцилографа, підсилення по осях "X" та "Y" – виділяють лише частину осцилограми, що відображає процес коливань, які відбуваються у коливальному контурі протягом одного півперіоду змінного струму (мал. 256).

Пояснюють одну з основних причин затухання коливань – втрату енергії на активному опорі коливального контуру. Збільшуючи опір реостату, демонструють вплив активного опору на затухання коливань. З'ясовують, що при значних активних опорах коливання можуть взагалі не виникати – відбувається аперіодичний розряд конденсатора. Змінюють ємність конденсатора й демонструють залежність періоду (частоти коливань) від ємності. Ємність конденсатора доцільно змінювати в чотири рази (0,5 – 2 – 8 – 32 мкФ). Тоді, порахувавши кількість періодів коливань, можна показати, що період коливань у контурі приблизно пропорційний кореню квадратному з ємності конденсатора.

Змінюють індуктивність котушки (змінюють кількість витків, вводять у котушку ярмо осердя універсального трансформатора) і демонструють залежність періоду коливань від індуктивності контуру. Роблять висновок, що період коливань у коливальному контурі прямо пропорційний кореню квадратному з індуктивності та ємності контуру – $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

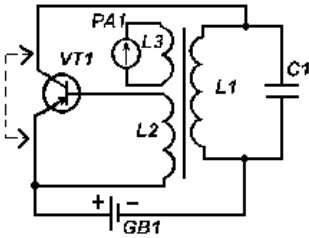
Збільшуючи опір реостата R , показують вплив активного опору коливального контура на швидкість затухання коливань. За осцилограмою коливань можна визначити також логарифмічний декремент затухання.

Дослід 27-06. Незатухаючі електромагнітні коливання в генераторі на транзисторі

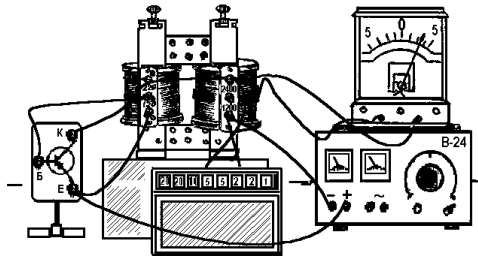
Обладнання. Транзистор на панелі; дросельна котушка на осерді універсального трансформатора; котушка універсального трансформатора 120/220 В; джерело постійного струму на 3...5 В; демонстраційний гальванометр; осцилограф ОДШ.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку за схемою, зображеною на мал. 257. Загальний вигляд установки показано на мал. 258.



Мал. 257



Мал. 258

Залежно від того, який гальванометр, (від амперметра чи вольтметра) використовується як індикатор коливань, його приєднують до обмотки на 40 або 15 витків. Стрілку гальванометра встановлюють на середину шкали. Бажано також попередньо перевірити роботу генератора й приєднати котушку зворотнього зв'язку так, щоб коливання не виникали.

Вмикають живлення. Генератор не працює. Звертають увагу учнів на те, що для виникнення коливань у коливальному контурі необхідно надати йому енергії – зарядити конденсатор.

Замикають на короткий час емітер і колектор. Стрілка гальванометра при цьому відхилиться й повернеться у вихідне положення. Мінняють місцями провідники, що йдуть до котушки зворотного зв'язку, і знову на короткий час замикають емітер – колектор транзистора. Спостерігають коливання стрілки гальванометра.

Якщо попередньо не підбиралося з'єднання котушки зворотного зв'язку з емітером і колектором, і генератор починає працювати відразу, то й в цьому випадку доцільно поміняти місцями провідники, що йдуть до неї, щоб докладно проаналізувати дію зворотного зв'язку.

Змінюючи ємність та індуктивність контура, спостерігають зміну частоти коливань генератора.

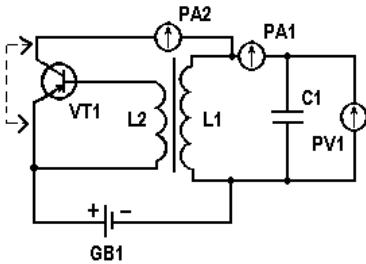
Використання котушки великої індуктивності в даній схемі часто приводить до пробою переходів транзистора. Щоб подовжити строк його роботи, із зворотного боку панелі між колектором та емітером доцільно увімкнути діод для гасіння екстраструмів розмикання.

Дослід 27-07. Генератор незатухаючих електромагнітних коливань на транзисторі

Обладнання. Дросельна котушка; осердя універсального трансформатора з ярмом; саморобна батарея конденсаторів великої ємності (до 5000 мкФ); демонстраційні вольтметр з додатковим опором на 15 В; два амперметри; два реостати на 6...10 Ом (можна скористатися лабораторними реостатами або дротяними змінними резисторами для шунтування гальванометра-амперметра); транзистор на панелі; джерело постійного струму 2...5 В.

Зміст і послідовність виконання завдання

Генератор збирається як і в попередньому варіанті, але замість стандартної батареї конденсаторів використовують саморобну батарею з великою ємністю. Вольтметр із додатковим опором на 15 В вмикають паралельно конденсатору. Амперметр з приєднаним до нього у ролі шунта лабораторним реостатом вмикають послідовно з котушкою та конденсатором коливального контуру. Ще один амперметр з так само приєднаним шунтом, вмикають у коло колектора (мал. 259).



Мал. 259

Реостат має бути встановлений на мінімальний опір. Стрілки приладів встановлюють на середину шкали гальванометра. Додатковий опір підбирають такий, щоб при повністю зарядженому конденсаторі стрілка вольтметра відхилилася майже до крайньої поділки.

Вмикають живлення, замикають на короткий час емітер – колектор транзистора й демонструють

незатухаючі коливання напруги на конденсаторі в коливальному контурі. Зміщуючи ковзний контакт реостата, підбирають опір шунта так, щоб стрілка амперметра теж відхилилася на всю шкалу. Звертають увагу на зсув фаз на $\pi/2$ між фазами коливань напруги на конденсаторі й сили струму в контурі. Змінюючи ємність та індуктивність (як і в попередньому варіанті), демонструють залежність частоти коливань від опору та індуктивності. Зсувають ковзний контакт реостата, що шунтує амперметр у колекторному колі, і звертають увагу на те, що транзистор відкривається на чверть періоду і, отже, один раз на період енергія конденсатора поповнюється завдяки енергії джерела струму.



1. Які дидактичні переваги даного досліду перед попереднім?

2.3 якою метою здійснюється короткочасне закорочення емітера і колектора?

Дослід 27-08. Незатухаючі коливання звукової частоти в генераторі на транзисторі

Обладнання. Транзистор на панелі; котушки універсального трансформатора на 120 та 220 В (або 120/220 В і 6/12 В); демонстраційна батарея конденсаторів на 8 мкФ; джерело постійної напруги на 2...4 В; осцилограф ОДШ; з'єднувальні провідники; вимикач.

Зміст і послідовність виконання завдання

Складають установку, аналогічно попереднім варіантам. У ролі котушки контуру використовують обмотку котушки універсального трансформатора на 120, або 220 В. Для зворотнього зв'язку використовують котушку на 120 В, або 12 В. Котушки встановлюють одна над одною без осердя. До батареї конденсаторів, яку використовують в якості конденсатора коливального контуру, приєднують вхід осцилографа. Ємність конденсатора має бути 0,5...2 мкФ

Якщо котушки увімкнено в протифазі, генератор починає працювати одразу. Якщо генерації не виникає – міняють місцями кінці провідників, що йдуть до котушки зв'язку (або до котушки коливального контуру). За допомогою ручок керування осцилографом підбирають частоту розгортки такою, щоб на екрані було видно кілька періодів коливань. Змінюючи ємність конденсатора та індуктивність котушки (наприклад, вводять у котушку контура осердя універсального трансформатора), демонструють залежність частоти коливань від ємності та індуктивності. Паралельно осцилографу можна приєднати абонентський гучномовець, або високоомний телефон. Тоді коливання можна сприймати на слух.



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Які переваги й недоліки використання аналогових приладів, осцилографа у якості засобів візуалізації електромагнітних коливань?
 2. Чому коливання незакріпленого ярма при демонстрації коливань у коливальному контурі мають удвічі більшу частоту, ніж коливання стрілки гальванометра?
 3. Чому при демонстрації коливань у коливальному контурі з використанням обмотки на 15 витків доцільно використовувати гальванометр із малим власним опором?
 4. Як пояснити зміну амплітуди коливань на екрані осцилографа при зміні індуктивності котушки внаслідок уведення (виведення) феромагнітного осердя?
 5. Якою має бути частота розгортки осцилографа при демонстрації затухаючих коливань за схемою із використанням у якості ключа напівпровідникового діоду?
 6. Запропонуйте схему й послідовність проведення досліду зі спостереження затухаючих коливань у коливальному контурі з використанням джерела П-подібної напруги.
 7. Якою має бути полярність увімкнення діода між колектором та емітером для запобігання пробією транзистора в установці для демонстрації дії генератора на транзисторі?
 8. Чому при демонстрації роботи генератора на транзисторі з індикацією коливань у контурі за допомогою аналогових приладів коливання стрілок часто носять імпульсний характер, а при використанні осцилографа осцилограма показує їх несинусоїдальність?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 28. ЗМІННИЙ СТРУМ

Мета роботи. Познайти з системою демонстраційних дослідів до теми "Змінний струм" та приладами, які можуть бути використані при їх підготовці та проведенні. Відпрацювати методику й техніку постановки цих дослідів. Набути вміння використовувати демонстраційний експеримент як засіб навчання у процесі формування основних фізичних понять теми.

Особливості експерименту з теми

Змінний струм розглядається як один з найбільш використовуваних видів вимушених електромагнітних коливань. Демонстраційний експеримент при вивченні змінного струму залежно від обраних підходів і профілю класів може використовуватися або як засіб формування нових понять і встановлення закономірностей протікання змінного струму в електричних колах, або як засіб підтвердження теоретично введених закономірностей. Проте демонстраційний експеримент і за використання індуктивних, так і дедуктивних підходів до розгляду питань пов'язаних із одержанням і протіканням змінного струму в електричних колах є одним із провідних методів вивчення навчального матеріалу. Оскільки частота змінного струму в освітлювальній мережі досить значна й аналогові вимірювальні прилади можуть фіксувати лише діючі значення сили струму й напруги, при проведенні дослідів широко використовується осцилокопічний метод, за допомогою якого на екрані осцилографа можна спостерігати не лише вигляд осцилограми змінного струму, а й визначити його частоту, зсув фаз між силою струму й напругою на різних елементах кола. В останньому випадку використовують двопроменеві осцилографи або осцилографи із комутаторами. Оскільки двопроменеві осцилографи досить дорогі, в шкільному демонстраційному експерименті більш широко використовують осцилографи з комутаторами як, наприклад осцилограф ОДШ 2. Електронний комутатор до осцилографа на 2 входи нескладно виготовити й на заняттях фізико-технічного гуртка.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Змінний струм".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Що розуміють під діючими значеннями сили струму й напруги?
 2. Пояснити принцип дії генератора змінного струму.
 3. Від чого й як залежить індуктивний та ємнісний опори в колі змінного струму. Як визначаються ці опори?
 4. Пояснити принцип дії трансформатора.
 5. Показати необхідність підвищення напруги при передачі електроенергії на далекі відстані та пояснити структуру ліній електропередач.
 6. Пояснити особливості резонансу в колах змінного струму.
 7. Постановку яких демонстрацій передбачено в програмі з фізики для середньої школи при вивченні змінного струму.
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

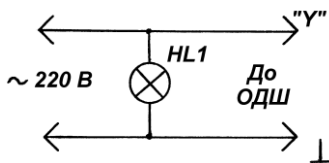
<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>Заліковий рівень</i>									
<i>Низький</i>	X					X	X	X	
<i>Середній</i>			X	X	X	X	X	X	
<i>Високий</i>		X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 28-01. Осцилограма змінного струму (1)

Обладнання. Демонстраційний осцилограф лампочка 220 В, 25...100 Вт на підставці; шнур з вилкою; два провідники з якісною ізоляцією.

Зміст і послідовність виконання завдання

Мал. 260

Збирають установку за схемою, зображеною на мал. 260.

Подільник напруги осцилографа встановлюють на позначку 1 : 100. Перемикачем розгортки осцилографа встановлюють діапазон частоти розгортки 0...30 Гц.

Вмикають живлення осцилограф.

Вмикають штепсельну вилку в розетку мережі змінного струму 220 В. Ручками регулювання частоти розгортки, синхронізації та підсилення домагаються стабільного зображення осцилограми змінного струму на екрані.



1. Яка роль лампи розжарення в схемі досліду?
2. Які заходи безпеки потрібно застосувати при проведенні досліду?

Дослід 28-02. Осцилограма змінного струму (2)

Обладнання. Джерело змінної напруги 3...6 В (універсальний трансформатор, випрямляч В-24); лампочка МН 6,3 В на підставці; з'єднувальні дроти; демонстраційний осцилограф.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку за тією ж схемою, що й у попередньому варіанті. Як джерело змінної напруги використовують трансформатор 220/6 В або виходи змінного струму випрямляча. Усе інше виконується в тому ж порядку, що й в попередньому варіанті.



1. Які дидактичні переваги даного досліду перед попереднім?
2. Які технічні зміни потрібно ввести в попередній дослід?

Дослід 28-03. Залежність ємнісного опору від частоти змінного струму і ємності конденсатора

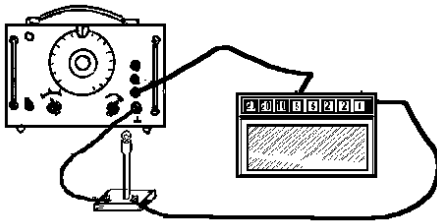
Обладнання. Генератор звукової частоти (ГЗШ); батарея конденсаторів ємністю 58 мкФ; лампочка 6,3 В; 0,3 А на підставці; низьковольтне джерело постійного струму; з'єднувальні провідники; гучномовець.

Зміст і послідовність виконання завдання

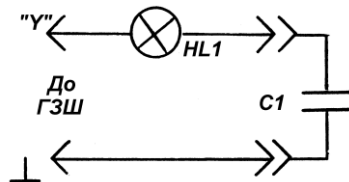
Спочатку показують, що конденсатор в колі постійного струму має безмежно великий опір. Для цього з'єднують послідовно лампочку та батарею конденсаторів і приєднують їх до джерела постійного струму. Лампочка не світиться. Отже, в колі постійного струму з конденсатором струм відсутній.

Складають коло за схемою, показаною на мал. 261. Приєднують коло до ГЗШ (вихід "5 Ом") і встановлюють регулятор напруги виходу генератора у крайнє праве положення. Частоту генератора встановлюють 500...1000 Гц. Відмічають яскраве свічення лампочки. Змінюючи ємність конденсатора, показують, що чим більша ємність, тим менший опір конденсатора.

До вихідних клем генератора під'єднують гучномовець. Щоб він споживав невелику потужність, його краще під'єднати до клем, що відповідають опору на порядок більшому, ніж опір гучномовця. Загальний вигляд установки показано на мал. 262.



Мал. 261



Мал. 262

Змінюють частоту коливань генератора (у гучномовці відтворюється інший звуковий тон) і демонструють залежність ємнісного опору від частоти. Чим більша частота струму, тим менший опір конденсатора.

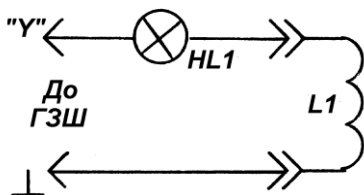
Узагальнюючи результати досліду, пояснюють, що опір конденсатора у колі змінного струму (ємнісний опір), обернено пропорційний частоті струму та ємності конденсатора.

Дослід 28-04. Залежність індуктивного опору від частоти змінного струму й індуктивності провідника

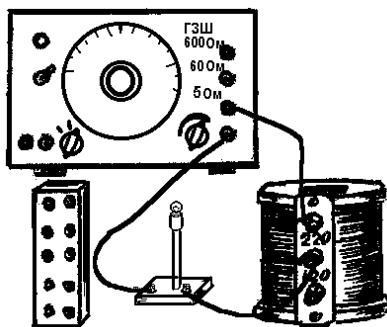
Обладнання. Котушка 120/220 В універсального трансформатора; генератор звуковий; лампочка на 6,3 В, 0,3 А на підставці; ярмо універсального трансформатора; гучномовець; осцилограф.

Зміст і послідовність виконання завдання

Приєднують лампочку спочатку до джерела постійного струму напругою 4 – 5 В, а потім до виходу генератора ("5 Ом") і, обертаючи ручку регулятора вихідної напруги, домагаються, щоб яскравість свічення лампочки була такою ж, як і при її живленні від джерела постійної напруги. З'єднують послідовно котушку та лампочку. Схема з'єднання показана на мал. 263, а сама установка на мал. 264.



Мал. 263



Мал. 264

До генератора приєднують гучномовець (як і у попередньому досліді). Під'єднавши коло до джерела постійного струму, відмічають, що котушка має незначний опір. Вводять у котушку ярмо універсального трансформатора і показують, що зміна її індуктивності не впливає на силу струму у колі постійного струму.

Приєднують з'єднані послідовно котушку й лампочку до звукового генератора (вихід "5 Ом"), встановивши частоту генератора біля 500 Гц. Лампочка світиться ледь помітно.

Змінюють індуктивність котушки, змінюючи кількість витків котушки та вводячи в котушку ярмо універсального трансформатора. Роблять висновок, що опір котушки пропорційний її індуктивності.

Змінюють частоту генератора й з'ясовують, що опір котушки в колі змінного струму залежить від частоти змінного струму. Отже, можна стверджувати, що опір котушки в колі змінного струму залежить від частоти змінного струму та індуктивності котушки.

Для спостереження зміни частоти, прикладеної до кола напруги генератора, можна паралельно лампочці ввімкнути демонстраційний осцилограф.



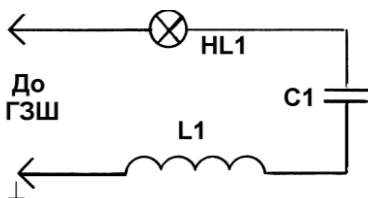
1. Які інші, крім вказаних в опису досліді, способи вимірювання частоти можна застосувати?
2. Чи можна використати гальванометр для вимірювання сили струму в колі?

Дослід 28-05. Електричний резонанс

Обладнання. Котушка універсального трансформатора без осердя 120/220 В; батарея конденсаторів 58 мкФ; лампочка на панелі 6,3 В, 0,3 А; звуковий генератор; ярмо універсального трансформатора; з'єднувальні провідники; гучномовець.

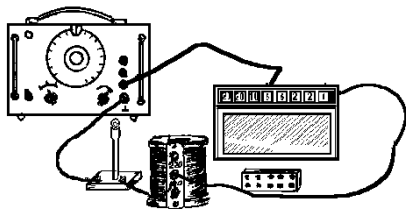
Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають коло за схемою, показаною на мал. 265 та під'єднують його до генератора звукової частоти. Встановлюють



Мал. 265

максимальну потужність на виході генератора. Обертаючи ручку регулятора частоти та перемикаючи діапазони частот і змінюючи ємність конденсатора, домагаються, щоб максимальна яскравість свічення лампочки (момент резонансу) спостерігалася, коли ручка регулятора встановлюється приблизно на середній частоті обраного діапазону. У цьому разі можна спостерігати плавне наростання струму в контурі та його зменшення після "проходження" резонансної частоти.



Мал. 266

Вмикають установку (мал. 266). Змінюючи частоту генератора від мінімальної до максимальної (в межах діапазону), звертають увагу на зміну яскравості свічення лампочки. Спочатку яскравість зростає (опір контуру зменшується) до максимуму, а потім, після досягнення деякого значення частоти, починає зменшуватися. Частота, при якій яскравість максимальна, є резонансною частотою контура. Встановлюють частоту, яка відповідає резонансній частоті контура й закорочують по черзі котушку, а потім конденсатор. У обох випадках лампочка світиться тьмяно. Це означає, що при резонансній частоті ємнісний та індуктивний опори рівні за величиною. Змінюють ємність конденсатора та індуктивність котушки й визначають нові резонансні частоти контура.



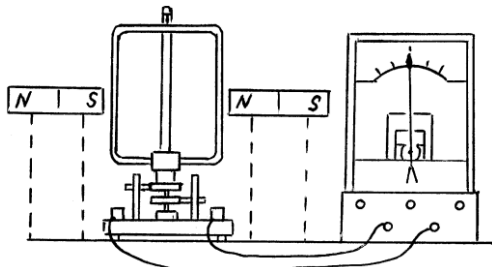
1. Яка проблематика ставиться перед учнями перед закороченням конденсатора чи котушки?
2. Який вид резонансу спостерігається в описаному досліді?

Дослід 28-06. Одержання змінного струму при обертанні рамки в магнітному полі

Обладнання. Прилад для демонстрування обертання рамки в магнітному полі; смугові (штабові) магніти; гальванометр від демонстраційного вольтметра; підставки для магнітів; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

На рамці приладу для демонстрування обертання рамки в магнітному полі встановлюють колектор змінного струму, що являє собою два кільця, закріплені на циліндричній основі з підшипником та гніздами. Рамку встановлюють вертикально на осі. До кілець підводять щітки, попередньо зачищені дрібним наждачним папером. З обох боків рамки на підставках встановлюють смугові магніти різнойменними полюсами назустріч, як це показано на мал. 267.



Мал. 267

З'єднують затискачі приладу з клемми гальванометра від вольтметра. У гальванометрі встановлюють шкалу із нулем на середній поділці й гвинтом аретира виводять стрілку на середину шкали.

Плавно обертають рамку приладу й спостерігають відхилення стрілки гальванометра то вправо, то вліво від середньої поділки шкали гальванометра. Це означає, що через гальванометр протікає струм, який періодично змінюється не лише за значенням, але й за напрямком – змінний струм.

Зібрана установка дозволяє пояснити принцип дії генератора змінного струму.



1. Чому в досліді потрібно використати гальванометр від вольтметра?
2. Чому магніти розміщуються назустріч різнойменними полюсами?

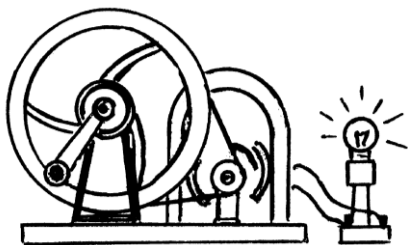
**Дослід 28-07. Будова та принцип дії генератора
змінного струму**

Обладнання. Шкільна магнітоелектрична машина; демонстраційний гальванометр від вольтметра; лампочка 3,5 В; 0,28 А на підставці; демонстраційний осцилограф .

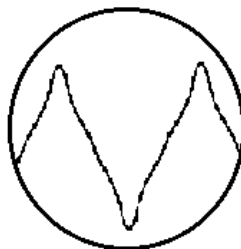
Зміст і послідовність виконання завдання

Щітки магнітоелектричної машини встановлюють на кільця колектора, розвівши їх трохи в сторони. З'єднують магнітоелектричну машину з гальванометром. Повільно обертають рукою шків ротора магнітоелектричної машини і спостерігають відхилення стрілки гальванометра то в один, то в інший бік. Від'єднують гальванометр і підключають до магнітоелектричної машини лампочку та осцилограф (мал. 268).

Рівномірно обертають привід машини з частотою приблизно 2 об/с. При такій частоті обертання ЕРС магнітоелектричної машини біля 3,5 В. На екрані осцилографа можна бачити осцилограму напруги змінного струму, вигляд якої показаний на мал. 269.



Мал. 268



Мал. 269

Принцип дії генератора можна пояснити й використавши модель генератора (мал. 270).



Мал. 270

У цьому випадку до затискачів колектора генератора приєднують гальванометр-вольтметр. До затискачів на корпусі, на які виводяться кінці обмотки електромагнітів, приєднують джерело постійного струму (4...8 В) Щітки встановлюють на кільця колектора й плавно обертають рамку-якір. Стрілка гальванометра починає коливатися.



1. Чому осцилограма змінного струму від магнітоелектричної машини несинусоїдальна?
2. Як за осцилограмою визначити частоту змінного струму?

Дослід 28-8. Будова та принцип дії трансформатора

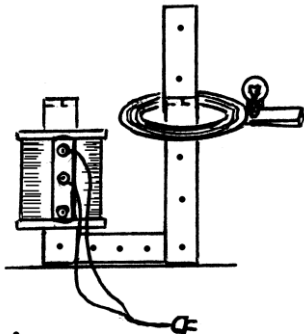
Обладнання. Набір універсального трансформатора; регулятор напруги РНШ; шнур з вишкою; два демонстраційні вольтметри з додатковими опорами на 250 та 15 В змінного струму; два демонстраційні амперметри з шунтами на 3 А; плоска котушка з лампочкою; реостат на 10 Ом.

Зміст і послідовність виконання завдання

Одягають на осердя універсального трансформатора котушку на 220 В. Приєднують до неї шнур з вишкою. Ярмо встановлюють на осерді у вертикальному положенні.

Вилку шнура вставляють і клеми регульованої напруги РНШ, увімкненого в освітлювальну мережу. Одягають на кінець осердя з ярмом плоску котушку з лампочкою й поступово збільшують вхідну напругу, повертаючи регулятор РНШ. При цьому спостерігається поступове збільшення яскравості свічення лампочки (мал. 271).

Звертають увагу на те, що котушки ізолювані одна від одної. Встановлюють на осерді котушку на 6/12 В. Магнітопровід замикають ярмом і збільшують напругу на вихідних клеммах РНШ до 220 В. Приєднують демонстраційний вольтметр із



Мал. 271

додатковим опором на 220 В паралельно котушці на 220 В, а послідовно з нею вмикають демонстраційний амперметр із шунтом на 3 А. У коло вторинної котушки на 6/12 В вмикають послідовно вимикач, реостат та демонстраційний амперметр теж із шунтом на 3 А. Реостат встановлюють на максимальний опір. Паралельно вторинній котушці вмикають вольтметр з додатковим опором на 15 В змінного струму.

При розімкнутому вторинному колі вимірюють і порівнюють напруги на первинній і вторинній обмотці. Звертають увагу на те, що сила струму у первинній обмотці незначна.

Замикають вторинне коло. Зменшують опір реостата й з'ясовують, що зі зростанням сили струму у вторинному колі зростає сила струму й в обмотці первинної котушки.



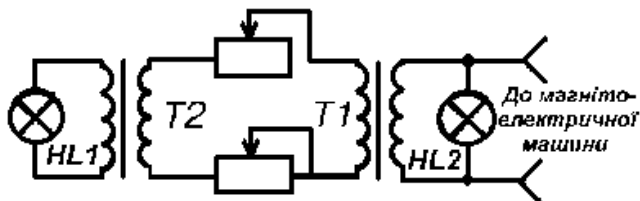
1. Чому в першій частині досліду з розімкнутим осердям використовується регулятор напруги РНШ?
2. Чому в первинному колі існує електричний струм, якщо вторинне коло розімкнуте?

Дослід 28-09. Передача електроенергії на відстань

Обладнання. Два однакові трансформатори на панелях (120/4 В); магнітоелектрична машина; два ізоляційні штативи; 2 реостати опором по 15...20 Ом; дві лампочки 3,5В, 0,28 А на підставках.

Зміст і послідовність виконання завдання

Закріплюють на ізоляційних штативах провідники й розташовують їх на демонстраційному столі. Між штативами розміщують реостати. Приєднують провідники до магнітоелектричної машини, щітки якої встановлено на кільця колектора. Одну лампочку приєднують безпосередньо до клем машини (паралельно "лінії електропередачі"), а іншу – до кінців "лінії" (мал. 272).



Мал. 272

Ковзні контакти реостатів встановлюють на максимальний опір.

Демонструють яскраве свічення лампочки, підключеної безпосередньо до магнітоелектричної машини й тьмяне свічення (або взагалі відсутність свічення) лампочки, що знаходиться наприкінці лінії.

Встановлюють на кінцях лінії електропередачі підвищувальний та знижувальний трансформатори. Лампочки на початку й в кінці лінії світяться майже однаково яскраво. Отже, використання трансформаторів дозволяє передавати електроенергію на значні відстані із значно меншими втратами.

За відсутності магнітоелектричної машини можна скористатися низьковольтним джерелом змінної напруги.



1. Чи рівнозначні в дидактичному плані досліди з магнітоелектричною машиною як джерелом змінної напруги й з джерелом змінної напруги промислової частоти?
2. Як роль реостатів, увімкнених у передавальні лінії?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Якою може бути послідовність уведення понять ємнісного, індуктивного опорів на основі демонстраційного експерименту?
 2. Чому в демонстраціях при уведенні понять ємнісного та індуктивного опорів, резонансу рекомендується використовувати лампочку, а не амперметр?
 3. На якому етапі вивчення електричного резонансу може бути доцільним використання амперметрів та вольтметрів?
 4. Чим визначається підбір значень ємності та індуктивності при демонстрації резонансу?
 5. Як можна продемонструвати зсув фаз коливань сили струму й напруги на ємності та індуктивності?
 6. Як можна показати, що загальний опір ділянки кола змінного струму з послідовно з'єднаними ємнісним, індуктивним, та активним опорами не дорівнює сумі значень цих опорів?
 7. Як підібрати значення опору реостатів, які передбачається використати для демонстрації передавання електроенергії на відстань?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 29. ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ

Мета роботи. Познаючись з комплектом приладів, призначеним для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль. Відпрацювати методику й техніку постановки і проведення демонстраційних дослідів, які дозволяють познайомити учнів з властивостями електромагнітних хвиль.

Особливості експерименту з теми

Електромагнітні хвилі недоступні для безпосереднього сприйняття органами відчуття людини. Тому для виявлення й вивчення особливостей поширення електромагнітних хвиль використовують спеціальні прилади, які забезпечують випромінювання й приймання електромагнітних хвиль та дозволяють виявляти їх наявність у тих чи інших точках простору.

Для постановки демонстраційних дослідів при вивченні властивостей електромагнітних хвиль розроблено спеціальні комплекти приладів. З їхньою допомогою можна демонструвати відбивання, заломлення, інтерференцію, дифракцію та інші властивості хвиль на уроках фізики як в основний, так і в старших загальноосвітніх школах у тому числі й профільних.

Основними частинами приладів для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль є: передавач, який випромінює електромагнітну хвилю довжиною 2...3 см у певному напрямку за допомогою рупорної антени та приймача з такою ж антеною. Прилади випускаються вже тривалий час і на сьогодні в школах можна зустріти їх різні модифікації. Безпосередньо випромінюючими й приймаючими елементами в передавачах і приймачах є високочастотні діоди, що випромінюють і приймають електромагнітні хвилі надвисокої частоти (НВЧ). Генеруючими елементами в передавачах перших випусків були спеціальні високочастотні лампи – клістри. У пізніших модифікаціях їх замінили випромінюючі діоди Гана. Для забезпечення можливості сприйняття результатів поширення хвиль високочастотні коливання, що генеруються в передавачі,

модуються низькочастотними коливаннями звукової частоти. У приймачах низькочастотні коливання виділяються з несучої високочастотної хвилі й після підсилення поступають на гучномовець. Усі модифікації комплектів мають практично однакові набори елементів і різняться лише за напругою й способом живлення, та видом агрегування. У передавачі генератор НВЧ і модулятор та антена з випромінюючим діодом можуть бути об'єднані в один функціональний блок, або являти окремі елементи, що з'єднуються провідниками. Деякі комплекти дозволяють фіксувати приймання електромагнітних хвиль не лише на слух, а й за допомогою лінійки світлодіодних індикаторів, розміщених на блоці приймача. Будь-який із цих комплектів дозволяє провести усі досліди, що виявляють особливості поширення електромагнітних хвиль і передбачені програмами з фізики.

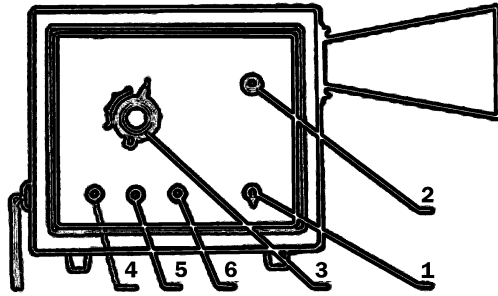
Один із комплектів, який випускається для шкіл, показано на мал. 273.



Мал. 273

До складу комплекту входять:

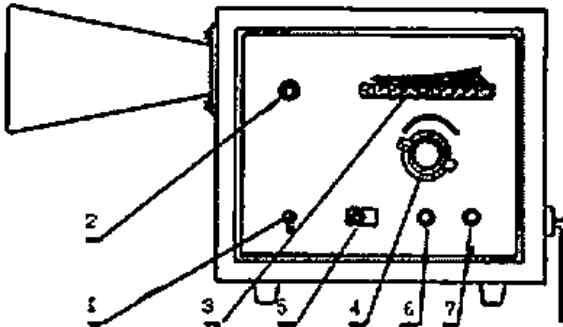
1. Блок НВЧ-генератора (див. мал. 274).



Мал. 274

Основними компонентами цього блоку є електронна схема з випромінюючим діодом Гана на виході. Діод Гана генерує електромагнітні коливання частотою біля 1 ГГц і потужністю 10 мВт. Ці коливання генеруються в металізованому хвилеводі й випромінюються рупорною антеною. Усередині цього блоку змонтований і модулятор (звуковий генератор), що забезпечує можливість сприйняття електромагнітного випромінювання НВЧ-генератора на слух. На бічній стороні блоку генератора змонтовані органи керування: 1 – вимикач живлення, 2 – сигнальний світлодіод увімкнення приладу, 3 – перемикач виду звукового сигналу (дискретний, мелодійний, безперервний), 4,5,6 – гнізда для прослуховування модулюючого сигналу, за допомогою телефонів.

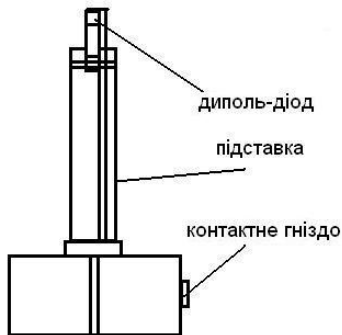
2. Блок приймача (мал. 275)



Мал. 275

За габаритними розмірами і зовнішнім виглядом конструкції приймач практично не відрізняється від блоку НВЧ-генератора. Відрізнити його можна по тій стороні блоку, на якій змонтовані органи керування: 1 – вимикач живлення, 2 – сигнальний світлодіод увімкнення приладу, 3 – лінійка світлодіодов (кількість діодів, що світяться, вказує рівень прийнятого сигналу), 4 – регулятор рівня гучності прийнятого сигналу, 5 – вимикач звукового сигналу, 6 – гніздо для підключення диполь-приймача, 7 – гніздо для підключення вольтметра (мультиметра) з межею вимірювання напруги до 10 В.

3. Диполь-приймач (високочастотний діод) на стойці (мал. 276) призначений для виявлення високочастотних електромагнітних коливань. Виводи цього діода з'єднані з контактами гнізда, закріпленого в нижній частині стойки.



Мал. 276

4. Три пластини-екрани з дюралюмінію: два розміри $170 \times 150 \times 1,2$ мм, одна – $170 \times 80 \times 1,2$ мм.
5. Два бруски з дерева: один розмірами $150 \times 80 \times 40$ мм, інший – $150 \times 80 \times 20$ мм.
6. Парафінова рівнобедрена призма розмірами $125 \times 125 \times 45$ мм.
7. Два проводи: один довжиною 1,2 м подвійний із двоконтактними штепселями на кінцях (він призначений для з'єднання диполь-діода з блоком приймача), інший –

довжиною 1,5 м з двоконтактним штепселем на одному кінці й двома затискачами типу "крокодил" – на іншому кінці.

8. Чотири призматичні пластмасові підставки для пластин-екранів.

Усі компоненти набору приладів розміщені в гніздах пакувальної коробки.

Комплект КДЕ-5 властивості електромагнітних хвиль (мал. 277) аналогічний за принципом дії і складом. До складу обладнання включена додатково модель лінзи, що дозволяє продемонструвати фокусування електромагнітних хвиль. Моделі призми і лінзи виготовлені з чорної пластмаси і заповнені парафіном.



Мал. 277

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Електромагнітні хвилі".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Що називають електромагнітною хвилею, якими величинами вона характеризується?
 2. Як орієнтовані вектори напруженості електричного й індукції магнітного полів у електромагнітній хвилі?

3. У результаті яких процесів виникають електромагнітні хвилі?
 4. Що називають модуляцією, детектуванням?
 5. Назвіть характерні властивості електромагнітних хвиль та вкажіть умови, за яких вони спостерігаються.
 6. Що називають стоячою хвилею. За яких умов вона виникає та які особливості її поширення в просторі.
 7. Які досліді рекомендовано програмою з фізики для вивчення властивостей електромагнітних хвиль?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<i>Заліковий рівень</i>									
<i>Низький</i>	X	X	X			X			X
<i>Середній</i>	X		X	X		X		X	X
<i>Високий</i>		X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 29-01. Передавання радіотелеграфних сигналів

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

На демонстраційному столі уздовж демонстраційного метра встановлюють блок передавача й блок приймача рупорами назустріч один одному. На модуляторі передавача встановлюють неперервний звуковий сигнал. На приймачі перемикач 5 переводять у положення увімкнення звукового сигналу. Після вмикання обох блоків у мережу приймач відтворює безпе-

рервний звуковий сигнал. Це означає, що модульований сигнал, випромінюваний передавачем, приймається приймачем. Якщо передавач вимкнути тумблером 1, то зникає й прийом сигналу. Замикаючи й розмикаючи тумблер 1 передавача, можна демонструвати прийом радіотелеграфних сигналів приймачем.

Передачу й прийом радіотелеграфних сигналів можна демонструвати й при ввімкненому гучномовці приймача. Вмикають передавач і приймач, регулятор гучності на приймачі встановлюють у таке положення, коли на "лінійці світлодіодів" 3 (мал. 275) світяться два-три діоди. Далі тумблером 1 передавача замикають і розмикають коло його живлення і спостерігають переривчасте свічення діодів на приймачі.



1. Який спосіб кодування інформації застосовується при радіотелеграфній передачі?
2. Який дидактичний принцип виконується при демонстрації радіопередачі з використанням звуку і світло діодів?

Дослід 29-02. Екрануюча дія предметів з різних речовин

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Експериментальна установка така ж, як і в першому досліді. При ввімкнутих передавачі й приймачі приймач відтворює неперервний звуковий сигнал. Закривають рупор передавача чи приймача дерев'яним бруском товщиною 20 мм і фіксують ослаблення звукового сигналу, Візуально це можна спостерігати за допомогою лінійки світлодіодів. Регулятором гучності рівень прийнятого сигналу фіксують двома світло діодами, які світяться Після закриття рупора дерев'яним бруском свічення світлодіодів зникає. Якщо повторити ці ж

досліди з дерев'яним бруском товщиною 40 мм, то виявляють сильніше поглинання короткохвильового електромагнітного випромінювання. Розміщуючи перед рупором долоню руки, виявляють практично повне поглинання НВЧ випромінювання. Широка пластинка з дюралюмінію, розміщена між рупорами експериментальної установки, цілком припиняє прийом. Це відбувається в тому випадку, коли ця пластина знаходиться поблизу рупора. Якщо ж вона знаходиться посередині між рупорами, встановленими на відстані 80...100 см, то прийом НВЧ випромінювання лише послаблюється.



1. З якою метою звукові сигнал приймача дублюється світлодіодами?
2. Як підсилити поглинаючу дію дерев'яного бруска?

Дослід 29-03. Відбивання електромагнітних хвиль

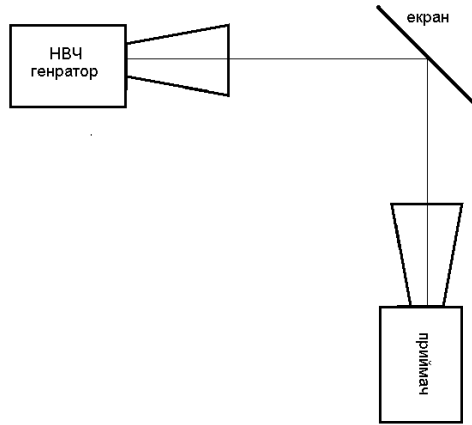
Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Блок генератора й блок приймача встановлюють поруч рупорами в одну сторону уздовж демонстраційного стола. Вмикають генератор і приймач й переконуються в тому, що електромагнітні хвилі, випромінювані НВЧ генератором, не приймаються приймачем. На відстані 0,8...1 м від рупорів блоків ставлять металевий екран (широку пластину з дюралюмінію на підставці) й плавно повертають її навколо вертикальної осі. У певному положенні пластини спостерігають виразний прийом відбитих хвиль. Забирають екран і звучання приймача припиняється. Використавши лінійку ц транспортер, можна встановити рівність кутів падіння й відбивання.

Збирають установку так, як показано на мал. 278. У цьому випадку індикатором прийнятих приймачем сигналів є

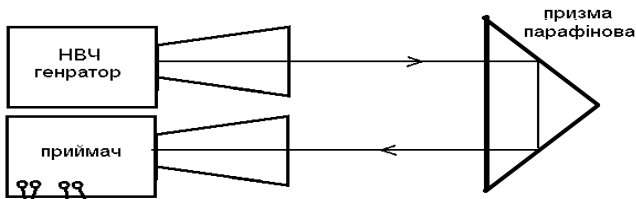
вольтметр, що вмикають у гніздо 7 приймача (див. мал. 275). Екран розміщують (повертають) так, щоб покази вольтметра були максимальні. Далі за допомогою транспортира й лінійки вимірюють і порівнюють кут падіння та кут відбивання електромагнітних хвиль.



Мал. 278

Однаковість законів відбивання світла й електромагнітних хвиль можна підтвердити за допомогою парафінової призми, збирають експериментальну установку так, як показано на мал. 279.

Дослід показує, що парафінова призма за рахунок повного внутрішнього відбивання повертає електромагнітне випромінювання під прямим кутом. Ця ж призма може змінити напрям поширення електромагнітних хвиль на зворотній. Для проведення цієї демонстрації прилади розміщують так, як показано на мал. 279.



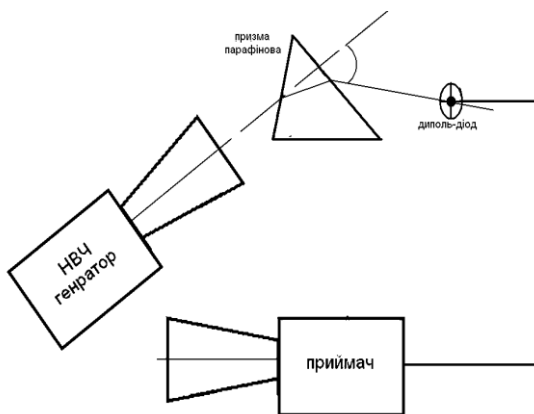
Мал. 279

Дослід 29-04. Заломлення електромагнітних хвиль

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають експериментальну установку (мал. 280).



Мал. 280

На блоці передавача уздовж його корпуса розміщують метрову лінійку. Уздовж осі цієї ж лінійки розміщують диполь-детектор, приєднаний до гнізда б приймача. Вмикають живлення передавача й відзначають наявність звукового сигналу. Між диполем і передавачем розміщують парафінову призму, після чого сигнал зникає. Це означає, що електромагнітні хвилі, проходячи через парафінову призму, змінюють напрямок свого поширення. Плавню переміщують диполь-детектор і виявляють зростання гучності звучання приймача. За найбільшої гучності фіксують положення диполя-детектора й відзначають кут заломлення. Відзначають, що на межі двох різнорідних середовищ напрямок поширення високочастотного електромагнітного випромінювання змінюється, тобто заломлюється. Необхідно відзначити, що заломлення відбувається тоді, коли кут падіння більше нуля.



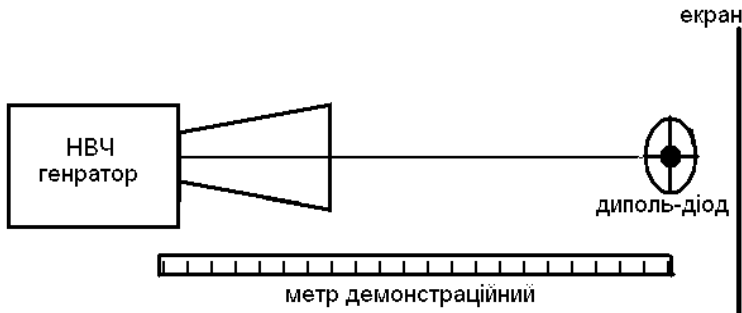
1. Чому для виявлення електромагнітної хвилі в досліді застосовується диполь-детектор?
2. Як підвищити точність визначення кута заломлення?

Дослід 29-05. Визначення довжини електромагнітної хвилі

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установлюють вертикально на відстані 60...80 см від рупора НВЧ генератора металевий екран (мал. 281).



Мал. 281

Уздовж осі випромінювання рупора генератора на стіл кладуть вимірювальну лінійку. Поблизу від екрана на цю лінійку ставлять диполь-детектор, з'єднаний з приймачем. Після вмикання живлення генератора в колі приймальної антени виникає змінна напруга. Ця напруга пропорційна вектору напруженості електромагнітної хвилі.

Переміщують диполь-детектор уздовж прямої, що з'єднує рупор антени з екраном. При повільному переміщенні фіксують зміну напруги в колі приймальної антени за гучністю

звучання динаміка. Максимальне звучання спостерігається тоді, коли антена знаходиться в пучностях електромагнітної хвилі, мінімальні – у її вузлах. Відстань між сусідніми вузлами (пучностями) стоячої хвилі, що виникає в просторі між рупором і екраном унаслідок інтерференції падаючої й відбитої електромагнітної хвилі, дорівнює половині довжини хвилі $\lambda / 2$. Повільно переміщуючи диполь-детектор уздовж лінійки, знаходять таке його положення, коли інтенсивність звуку стає мінімальною. На шкалі лінійки фіксують це положення й визначають відстань від екрана до центра стійки диполя-детектора. Знову переміщують диполь-детектор уздовж лінійки в ту ж сторону й фіксують посилення гучності звуку. Проходять чотири пучності стоячої електромагнітної хвилі й встановлюють диполь-детектор у п'ятому вузлі. Вимірюючи відстань по лінійці від першого до п'ятого вузла, обчислюють довжину електромагнітної хвилі.



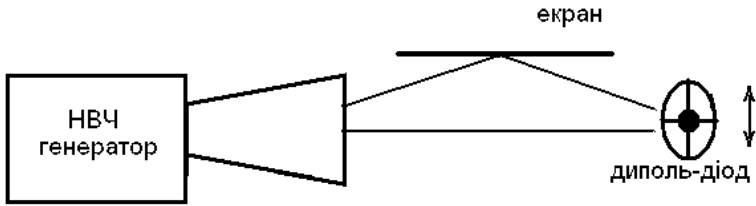
1. Яка роль металевого екрана в досліді?
2. Чому площина екрана мусить бути перпендикулярною променю електромагнітної хвилі?
3. Як підвищити точність визначення довжини хвилі?

Дослід 29-06. Інтерференція електромагнітних хвиль (метод Ллойда)

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для спостереження інтерференції електромагнітних хвиль використовують метод розщеплення одного пучка хвиль на два (методи Ллойда, Френеля, Юнга). На мал. 282 показано схему досліду з одержання інтерференційної картини за методом Ллойда.



Мал. 282

Переміщуючи диполь-діод, підключений до приймача, в напрямку, що його вказують стрілки, фіксують декілька послідовних посилень і послаблень прийому. Ефект буде спостерігатися й у випадку переміщення екрана вгору чи вниз.



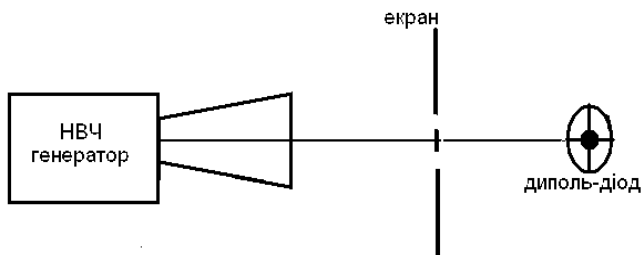
1. Чи можна замість металевого використати діелектричний екран?
2. Чому при русі диполя вгору й вниз відмічається декілька мінімумів і максимумів?
3. Чи зміниться ефект, якщо екран розмістити у вертикальній площині?

**Дослід 29-07. Інтерференція електромагнітних хвиль
(метод Френеля)**

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

З двох широких і одного вузького екранів, розміщених вертикально в одній площині, моделюють подвійну щілину, на яку падає НВЧ випромінювання від генератора (мал. 283).



Мал. 283

Повільно переміщують за екранами диполь-діод, з'єднаний із приймачем. За звучанням гучномовця фіксують декілька послідовних чітко виражених максимумів і мінімумів прийому. Відзначають, що й у цьому випадку спостерігається явище інтерференції.



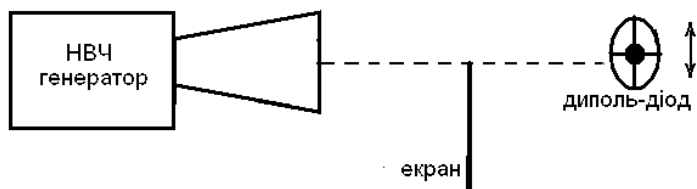
1. Як впливає ширина щілин на якість досліду?
2. Чому в досліді необхідно використовувати диполь-діод?

Дослід 29-08. Дифракція електромагнітних хвиль

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації дифракції електромагнітних хвиль збирають установку за схемою зображеною на мал. 284. Вмикають живлення передавача і приймача й відмічають звучання приймача. металевим екраном перекривають пів пучка електромагнітного випромінювання. Звучання приймача не зникає.



Мал. 284

Потім повільно переміщують диполь-діод за екраном і відзначають, що звучання довго не припиняється. Воно зникає, коли диполь-діод виявиться глибоко за екраном. Виявлення електромагнітних хвиль за екраном свідчить про їхню дифракцію.



1. Чи можна в досліді застосувати приймач з рупорною антеною?
2. Чому при плавному переміщенні диполя-діода звучання приймача змінюється не монотонно?

Дослід 29-08. Дифракція електромагнітних хвиль на щілині

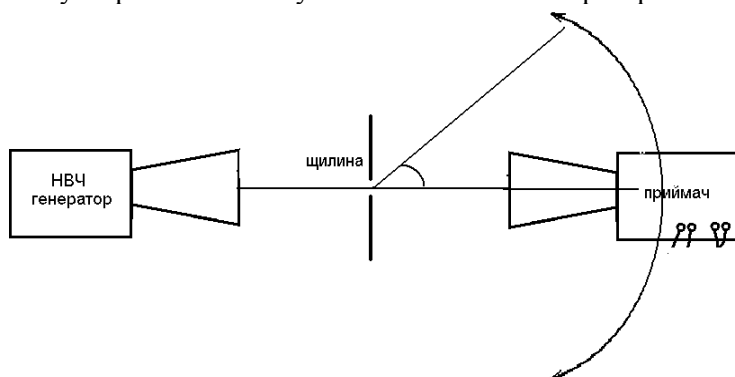
Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку за схемою, зображеною на мал. 285.

Перед рупором передавача вертикально встановлюють два екрани так, щоб між ними утворилася щілина шириною 3...4 см. За щілиною встановлюють приймач. Плавно переміщують за щілиною приймач так, щоб вісь рупорної антена була орієнтована на щілину, й за звучанням гучномовця приймача

виявляють, що сигнал сприймається навіть у випадку, коли вісь антени утворює значний кут із віссю антени генератора.



Мал. 285

Збільшивши розміри щілини до 10 см виявляють, що в цьому випадку прийом сигналу спостерігається лише тоді, коли осі антен співпадають. Це свідчить про те, що дифракція спостерігається тоді, коли розміри щілини порівняльні з довжиною електромагнітної хвилі.



1. Чому в досліді використовується приймач з рупорною антеною?
2. Чому приймач потрібно рухати по дузі кола сталого радіуса?

Дослід 29-09. Поляризація електромагнітних хвиль

Обладнання. Комплект для демонстрації властивостей електромагнітних хвиль.

Зміст і послідовність виконання завдання

Якщо при вимкнених приладах подивитися в рупори блоку передавача та блоку приймача, то можна побачити високочастотні діоди, розташовані у вертикальній площині. Ці

діоди і є відповідно диполем випромінюючим і диполем приймаючим. Це значить, що вектор напруженості електричного поля випромінюваної генератором електромагнітної хвилі має вертикальний напрямок. Таке поле може переміщувати заряди (викликати струм) уздовж прийомного диполя-діода, коли він розташований вертикально й не може цього зробити, коли він горизонтальний. Це говорить про те, що електромагнітні хвилі поперечні, у них коливання вектора напруженості електричного поля відбуваються в одній площині, а вектора магнітної індукції в площині, перпендикулярній першій.

Пристрій, що випромінює коливання, які відбуваються в одній площині, називають поляризатором. Пристрій, що визначає площину поляризованої хвилі, називають аналізатором. У нашому випадку диполь-діод передавача випромінює поляризовану електромагнітну хвилю, що приймає диполь-діод приймача (аналізатор), якщо вони розташовані в одній площині.

Зміна площини аналізатора, наприклад на 90° , приводить до припинення прийому. Ці міркування легко перевіряються на досліді. Приймач і передавач рупорами встановлюють назустріч один одному на відстані 0,8...1 м і сприймають прийнятий звуковий сигнал. Далі приймач беруть у руки і, не змінюючи орієнтації приладу, повільно повертають його навколо горизонтальної осі. При цьому зауважують, що гучність звуку поступово зменшується, і вона зовсім зникає, коли прилад буде повернуто на 90° .



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Як можна змінювати тональність модулюючих сигналів у генераторі?
 2. За допомогою малюнків поясніть явища інтерференції та дифракції на основі застосування принципу Гюйгенса-Френеля.
 3. Чи можна продемонструвати явище інтерференції від двох генераторів НВЧ?
 4. Запропонуйте варіант демонстрації інтерференції від дзеркал Френеля.
 5. Що можна використати як поляризатор та аналізатор при проведенні демонстрацій з поляризації електромагнітних хвиль? Запропонуйте інші варіанти досліду.
 6. Як експериментально можна визначити довжину електромагнітної хвилі? Пояснити сутність методу визначення довжини хвилі, оснований на одержанні стоячої хвилі.
 7. Пояснити, чому і при якій орієнтації стрижнів ґратка з паралельних металевих стрижнів пропускає електромагнітну хвилю, а при якій орієнтації – відбиває.
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 30. ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИКА

Мета роботи. Вивчити систему демонстраційних і фронтальних дослідів, проведення яких передбачається при вивченні геометричної оптики, оволодіти методикою і технікою їх проведення в умовах шкільного уроку фізики.

Особливості експерименту з теми

Початкове вивчення геометричної оптики розпочинається в основній школі. Тут розпочинається формування основних понять теми. Використання демонстраційного експерименту на цьому етапі є дуже важливим, оскільки дозволяє сформуванню в учнів основні поняття теми, експериментально встановити залежності між фізичними величинами, які вивчаються в геометричній оптиці. У старшій школі продовжується формування понять теми. На цьому етапі вивчення демонстраційний експеримент використовується з метою підтвердження теоретичних висновків та узагальнень, одержаних з використанням математичних знань учнів.

Система демонстраційних дослідів із теми вимагає складного обладнання, добре затемненого приміщення та великих затрат часу на підготовку та проведення дослідів на уроці й поряд із цим дозволяє значно підвищити ефективність вивчення матеріалу.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Геометрична оптика".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які демонстрації пропонує програма?
 2. Яка кількість годин пропонується програмою на вивчення теми?
 3. Що таке світловий промінь?
 4. Як поширюється промінь в однорідному середовищі?
 5. У чому полягають закони відбивання світла?
 6. У чому полягають закони заломлення світла?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>Заліковий рівень</i>											
<i>Низький</i>	X	X		X			X			X	
<i>Середній</i>	X		X	X	X	X	X				X
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю й звітності.

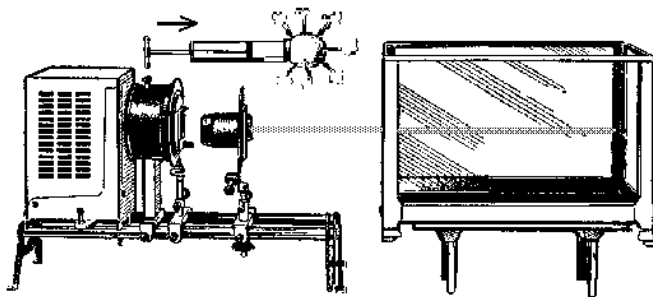
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 30-01. Прямолінійність поширення світла в однорідному середовищі

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою, дисковою діафрагмою та об'єктивом (або діапроектор); освітлювач для тіньової проєкції; акваріум прямокутної форми, наповнений підфарбованою флуоресцеїном водою; екран; куля Паскаля; зубний порошок, тальк, лікоподій (або димар).

Зміст і послідовність виконання завдання

На демонстраційному столі розташовують універсальний проєктор, на лаві якого закріплюють дискову діафрагму та об'єктив. На протилежному боці стола встановлюють білий екран (мал. 286). Дискову діафрагму встановлюють у фокальній площині об'єктива й одержують малорозбіжний пучок світла (при переміщенні екрана розміри світлової плями не змінюються).



Мал. 286

У кулю Паскаля засипають 1...3 грами зубного порошку, тальку або просіяної крейди.

Вмикають проектор, одержують світлу пляму на екрані. На шляху світлового пучка розпилюють за допомогою кулі Паскаля зубний порошок. Для цього швидкими рухами поршня утворюють порошоківий туман у повітрі. Дослід проводять у затемненому приміщенні на темному фоні.

На шляху пучка світла розташовують прямокутний акваріум з підфарбованою водою так, щоб його бічна грань була перпендикулярною до пучка. Утворений малорозбіжний пучок світла далі проходить крізь "флуоресцеїнову" воду, викликаючи її свічення. Натягуючи нитку й розташовуючи її над верхнім або нижнім краєм пучка, демонструють його прямолінійність. Використавши лазер, ці досліди можна продемонструвати в незатемненому або напівзатемненому приміщенні.

Якщо є лазерна вказівка з діафрагмами, на дошці крейдою проводять за допомогою лінійки пряму лінію й спрямовують уздовж неї світловий пучок, утворений за допомогою щільної діафрагми або циліндричної лінзи (можна виготовити з відрізка скляної палички або трубки).



1. З якою метою в дослідах використовують дим або дрібний порошок?
2. Яка роль флуоресцеїну в досліді з акваріумом?

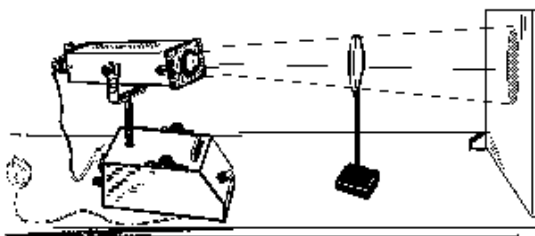
Дослід 30-02. Утворення тіні та напівтіні

Обладнання. Електричні лампи із прозорим та матовим балоном; освітлювач для тіньового проектування; білий екран; непрозорий предмет (диск чи куля).

Зміст і послідовність виконання завдання

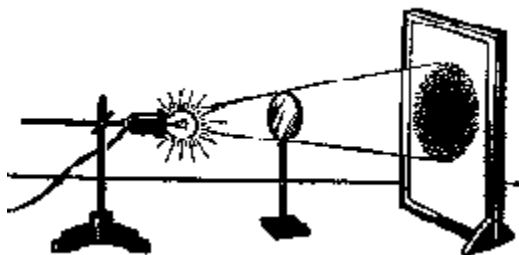
Закріплюють лампу, поруч розташовують освітлювач для тіньового проектування або діапроектор. Встановлюють білий екран.

Вмикають освітлювач, одержують на екрані світлу пляму з чіткими краями. На шляху світла розміщують непрозорий предмет (диск, кулю). Одержана на екрані тінь має чіткі краї й відтворює форму предмета (мал. 287).



Мал. 287

Вмикають лампу й спостерігають появу на екрані тіні і двох напівтіней (мал. 288).



Мал. 288

Почергово вмикають і вимикають лампу й освітлювач і показують, що тінь утворюється у тих місцях, куди не потрапляє світло від жодного з джерел, а напівтіні утворюються там, куди потрапляє світло від одного із джерел. Змінюючи взаємне розташування лампи й освітлювача, демонструють зміну розмірів і розташування тіні й напівтіней.

Використавши лампу, балон якої виготовлений з матового скла, можна продемонструвати тінь, оточену напівтінню.



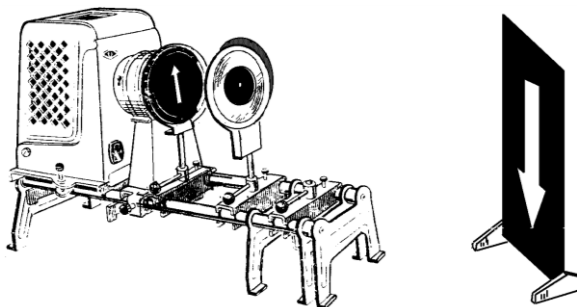
1. Чому матова лампа не дає чіткої тіні?

Дослід 30-03. Утворення зображення за допомогою малого отвору

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат; непрозорий екран з отвором у вигляді стрілки, заклеєним калькою, який можна кріпити на рейтері оптичної лави проєкційного апарата; ширма з чотирма отворами різного діаметру (дисківа діафрагма).

Зміст і послідовність виконання завдання

На лаві універсального проєкційного апарата впритул до конденсора встановлюють непрозорий екран з отвором у вигляді стрілки, який заклеєний калькою або матовою плівкою, а на відстані 10...15 см – дисківу діафрагму з найбільшим отвором (мал. 289). На відстані 1,0...2,0 м розташовують білий екран. Затемнюють приміщення й демонструють світлу пляму на екрані. Обертають диск діафрагми, зменшуючи діаметр отвору. У міру зменшення діаметра отвору на екрані поступово з'являється зображення стрілки.



Мал. 289

Знімають конденсор з проєкційного апарата й одержують на екрані чітке і яскраве зображення спіралі лампи. Звертають увагу на те, що зображення утворюється дійсне, обернене. На дошці за допомогою малюнка утворення зображення пояснюють прямолінійністю поширення світлових пучків.



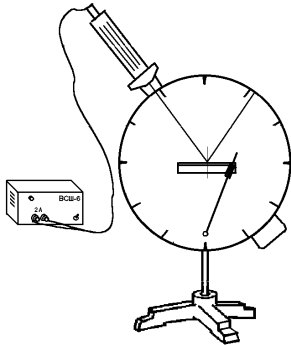
1. Чому отвір повинен бути у вигляді прозорої стрілки?
2. Чому отвір потрібно заклеїти матовою плівкою?

Дослід 30-04. Закони відбивання світла

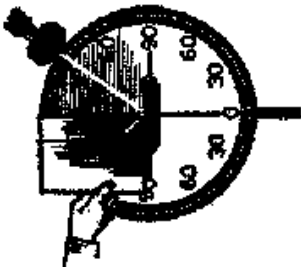
Обладнання. Прилад для демонстрації законів геометричної оптики з плоским дзеркалом; джерело струму (6...12 В); аркуш білого картону або білого щільного паперу.

Зміст і послідовність виконання завдання

У центрі диска приладу закріплюють плоске дзеркало так, щоб його поверхня була горизонтальною й співпадала з діаметром диску (мал. 290). Лампу освітлювача під'єднують до джерела. За допомогою дзеркал освітлювача залишають лише центральний пучок світла, який спрямовують на дзеркало так, щоб він падав на нього точно в центрі диску. При цьому кут падіння пучка



Мал. 290



Мал. 291

світла повинен дорівнювати куту його відбивання. Якщо кути падіння й відбивання різні, перевіряють і коректують положення дзеркала.

Демонстрацію проводять у напівзатемненому класі. Освітлювач встановлюють у правій верхній частині диску й, змінюючи кут падіння світлового пучка на дзеркало, звертають увагу учнів на те, що кути падіння й відбивання завжди однакові (значення кутів падіння й відбивання записують на класній дошці).

Після цього демонструють, що падаючий і відбитий пучки світла лежать в одній площині. Для цього аркушем щільного паперу закривають ту чверть диску, де проходить відбитий пучок. Якщо папір щільно притиснутий до диску, те на ньому видно весь відбитий пучок. Якщо ж аркуш трохи

нахилити до площини диску, то на папері буде видно тільки частину (початок) відбитого пучка (мал. 291). Доцільно продемонструвати властивість оборотності світлових пучків. Для цього, зафіксувавши якийсь випадок падіння й відбивання пучка світла, зміщують освітлювач на лівий бік і, спрямувавши падаючий пучок уздовж напрямку відбитого пучка, демонструють властивість оборотності світлових пучків.



1. Як відрегулювати освітлювач, щоб промінь був чітким?
2. Яка конфігурація променя забезпечує його видимість на диску?
3. Чому дзеркало потрібно розмістити в центрі диска?

Дослід 30-05. Дзеркальне й розсіяне відбивання світла

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою (лава, освітлювач з проєкційною лампою на 300 Вт, конденсор, щілина розсувна, об'єктив плоске дзеркало); куля Паскаля; лікоподій або димар; метр демонстраційний; аркуші чорного та білого паперу з матовою поверхнею; білий екран з матовою поверхнею; штатив.

Зміст і послідовність виконання завдання

На демонстраційному столі на відстані 1,5...2,0 м розташовують універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою та екран. На оптичній лаві встановлюють розсувну щілину (горизонтально) та об'єктив так, щоб щілина виявилася розміщеною у фокусі об'єктива та у фокальній площині конденсора. Домагаються, щоб пучок світла, що виходить з об'єктива, був паралельним і достатньо широким.

На відстані 25...30 см від об'єктива, перед екраном розташовують плоске дзеркало (наприклад, дзеркало з набору універсального проєкційного апарата), закріпивши його в спеціально виготовленому тримачі (можна скористатися оправою об'єктива від іншої оптичної лави, встановивши її в рейтері вертикально за допомогою стрижня від пристрою для одержання горизонтальної проєкції).

Демонстрацію проводять у такій послідовності. Вмикають проєктор і одержують паралельний пучок світла, що падає на дзеркало. За допомогою кулі Паскаля розпилюють лікоподій і в його "тумані" спостерігають падаючий та відбитий світлові пучки. Звертають увагу на те, що і після відбивання від плоского дзеркала світловий пучок залишається паралельним. Це можна перевірити, ввівши в світловий пучок демонстраційний метр.

Після цього демонструють відбивання розбіжного й збіжного світлових пучків. Щоб одержати такі пучки, об'єктив переміщують, відповідно, у напрямку до щілини або від неї.

Змінюючи кут нахилу дзеркала (кут падіння), демонструють зміну кута відбивання променів пучка від

дзеркала (зміну положення падаючого та відбитого пучків). Звертають увагу, що збіжність пучків після відбивання залишається незмінним. Майже однаковою залишається і яскравість падаючих та відбитих пучків.

Роблять висновок, що плоске дзеркало при відбиванні не змінює характеру світлового пучка, зокрема паралельність променів падаючого і відбитого пучків зберігається.

Демонстрацію дифузного відбивання проводять у такій послідовності. Закривають поверхню дзеркала аркушем чорного паперу й демонструють відсутність відбитого пучка: матова чорна поверхня поглинула енергію падаючого світла. Замість чорного паперу закріплюють на дзеркалі білий папір. Над дзеркалом тримають білий екран, нахиливши його під деяким кутом до площини дзеркала. Екран освітлюється розсіяним світлом, відбитим від аркуша.



1. Який інший освітлювальний прилад можна використати в дослідах?
2. Чому щілину потрібно розмішувати у фокусі об'єктива?

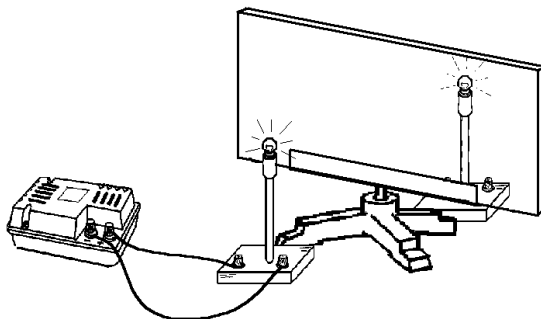
Дослід 30-06. Зображення в плоскому дзеркалі

Обладнання. Плоске дзеркало; прозора скляна пластина розміром 25×35 см; штатив з тримачем або універсальний штатив з "лапкою"; дві однакові лампочки на підставках (МН 6,3 В, 0,3 А) або дві стеаринові свічки однакового розміру; джерело живлення для лампочки (ЛИП-90 або подібне); вимикач; з'єднувальні провідники; метр демонстраційний; чорний екран..

Зміст і послідовність виконання завдання

Плоске дзеркало встановлюють вертикально й закріплюють його в штативі з лапкою або використовують тримач з набору для вивчення властивостей сантиметрових хвиль (мал. 292). Перед

дзеркалом ставлять лампочку на підставці, замикають коло її живлення й спостерігають її уявне зображення в дзеркалі. Переміщують лампочку й спостерігають зміни положення її зображення в плоскому дзеркалі. Звертають увагу, що зображення предмета можна побачити не з усіх місць у класі: одні учні бачать зображення лампочки, а інші – ні. Вводять поняття "область бачення" предмета в дзеркалі.



Мал. 291

Далі з'ясовують, як розташовується зображення відносно дзеркала. Для цього замість дзеркала встановлюють скляну пластину (площина пластини повинна бути вертикальною). Позаду цієї пластини на відстані 30..40 см розміщують чорний екран. Між пластиною та екраном ставлять другу лампочку. Пересуваючи цю лампочку, знаходять таке її положення, що учням здається, ніби вона теж світиться. Зміщують лампочку за склом – її уявне свічення зникає. Знову встановлюють другу лампочку так, щоб здавалося, ніби вона світиться. За допомогою демонстраційного метра вимірюють відстані від дзеркала до лампочок і показують, що зображення в дзеркалі симетричне предмету, пряме, уявне.



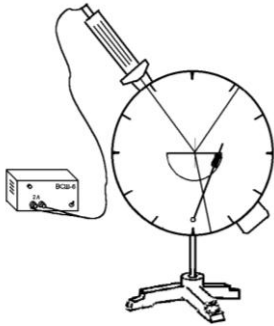
1. Які умови потрібно створити для ефективною демонстрації досліду?
2. Як відбивання в дзеркалі змінює зображення?

Дослід 30-07. Заломлення світла. Закон заломлення світла

Обладнання. Прилад з геометричної оптики (дисковий екран з освітлювачем); скляний півциліндр із набору з геометричної оптики; джерело струму 6...12 В.

Зміст і послідовність виконання завдання

Під'єднують до приладу з геометричної оптики джерело струму й регулюють освітлювач так, щоб залишився лише чіткий центральний пучок, який проходить уздовж вертикального діаметра диска. У центрі диска за допомогою пружинних тримачів закріплюють півциліндр, розташувавши його плоскою гранню вздовж горизонтального діаметра, а матовою поверхнею – до диска. Промінь, що падає на плоску поверхню півциліндра повинен проходити через півциліндр не заломлюючись (мал. 293). Повертаючи освітлювач, встановлюють кут падіння променя біля 30° і спостерігають падаючий, відбитий і заломлений промені.



Мал. 293

Змінюючи кут падіння променя, спостерігають зміщення падаючого й заломленого променів. Кут заломлення – менший кута падіння. Із зростанням кута падіння інтенсивність відбитого променя зростає. Визначаючи за допомогою таблиці чи мікрокалькулятора синуси кута падіння й заломлення показують, що їх відношення залишається сталим, незалежно від кута падіння.

Повернувши півциліндр на 180° , спрямовують промінь так, щоб він падав на циліндричну поверхню вздовж його радіуса. У цьому випадку кут заломлення буде більшим за кут падіння.



1. Чому об'єктом дослідження обрано напівциліндр?
2. З якою метою проводиться дослід, коли кут падіння дорівнює нулю й промінь не заломлюється?

Дослід 30-08. Проходження світла крізь плоско-паралельну пластинку й призму

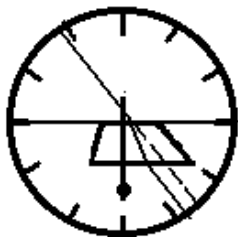
Обладнання. Прилад з геометричної оптики (дисковий екран з освітлювачем); скляна трапецієвидна призма та тригранна призма від набору з геометричної оптики; джерело струму на 6...12 В.

Зміст і послідовність виконання завдання

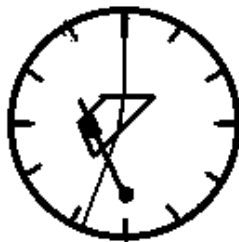
У центрі диску закріплюють трапецієвидну призму, менша з паралельних грань якої має бути напрямлена вздовж горизонтального діаметра диску. Освітлювач готують так само як і у попередньому досліді.

Світловий пучок спрямовують під деяким кутом на меншу з паралельних граней (мал. 294) і спостерігають його заломлення на верхній і нижній гранях. Звертають увагу на зміщення падаючого променя й променя, що пройшов через плоско-паралельну пластинку. У міру зростання кута падіння зміщення зростає. Але промінь падаючий і той, що виходить з пластинки, залишаються паралельними.

Центральний пучок направляють уздовж вертикального діаметра диску. Повертають трапецієвидну призму так, щоб вузький пучок падав на одну з граней, що утворює гострий кут, і після заломлення виходив через іншу. Звертають увагу учнів на те, що після заломлення спочатку на межі "повітря-скло", а потім на другій межі "скло – повітря" пучок відхиляється в бік, протилежний до гострого кута (мал. 295).



Мал. 294



Мал. 295

Цей кут називають заломлюючим кутом. Повернувши трапецієвидну призму так, щоб пучок падав на грань іншого гострого кута демонструють, більше або менше заломлення променя в залежності від значення гострого кута. Вводять поняття кута зміщення й звертають увагу на те, що кут зміщення залежить не лише від розміру заломлюючого кута, а й від кута падіння променя на грань. Аналогічно проводять дослід з тригранною призмою, використовуючи як заломлюючий кут один із кутів у 45° .



1. Чому при дослідженні ходу пучка через плоско паралельну пластинку меншу грань призми розміщують уздовж горизонтального діаметра?
2. Як підтвердити, що заломлений у плоско паралельній пластинці промінь паралельний променю падаючому?
3. Які переваги використання чотиригранної призми перед тригранною?

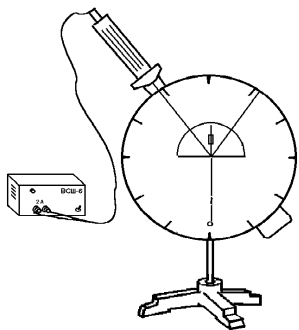
Дослід 30-09. Явище повного внутрішнього відбивання світла та його використання

Обладнання. Прилад з геометричної оптики (дисковий екран з освітлювачем); скляний півциліндр з набору з геометричної оптики; джерело струму на 6...12 В.

Зміст і послідовність виконання завдання

На дисковому екрані приладу встановлюють півциліндр циліндричною поверхнею вгору так, щоб його діаметральна площина була розташована вздовж горизонтального діаметра екрана в центрі диска. Матова поверхня півциліндра має бути притиснута до диску приладу. Закріплюють півциліндр пружинним тримачем (що одночасно може служити відміткою напрямку перпендикуляра до межі поділу двох середовищ у центрі диска), як це зображено на мал. 296. При такому

положенні півциліндра центральний пучок проходить крізь нього радіально.



Мал. 296

Спрямовують центральний пучок світла від освітлювача так, щоб він падав на циліндричну поверхню і йшов уздовж радіуса півциліндра, падаючи на плоску поверхню під кутом $10^\circ \dots 15^\circ$. Звертають увагу учнів на падаючий, заломлений та відбитий промені (останній ледь помітний). Поступово збільшують кут падіння, і спостерігають збільшення інтенсивності відбитого променя. Кут заломлення променя, що виходить у повітря зі скла в міру

зростання кута падіння швидше збільшується до 90° , а інтенсивність його зменшується.

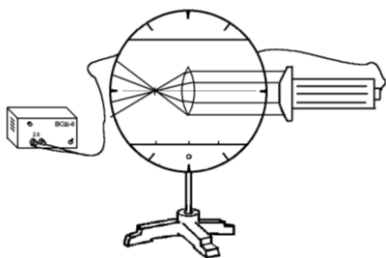
За деякого кута падіння, коли кут заломлення стає рівним 90° , заломлений пучок зникає й спостерігається повне відбивання падаючого в склі пучка світла на межі "скло – повітря". Пояснюють, що мінімальний кут падіння, за якого зникає заломлений пучок і спостерігається повне відбивання падаючого пучка, називають граничним кутом повного внутрішнього відбивання.



1. Як пояснити дію закону збереження енергії у випадку повного внутрішнього відбивання?
2. Чому півциліндр розміщують так, що його центр співпадає з центром диска?

Дослід 30-10. Лінзи. Заломлення світла в лінзах

Обладнання. Прилад для демонстрації законів геометричної оптики; джерело струму на $6 \dots 12$ В; моделі збірної (опуклої) та розсівної (угнутої) лінзи.

Зміст і послідовність виконання завдання**Мал. 297**

На оптичний диск одягають плоский екран без градусних поділок. На ньому закріплюють модель опуклої збірної лінзи (мал. 297). У освітлювач приладу вставляють триколірний світлофільтр і за допомогою дзеркал одержують три паралельні (білий – центральний, голубий і червоний – бічні) пучки. Освітлювач орієнтують

так, щоб центральний білий пучок проходив уздовж головної оптичної осі моделі лінзи. За цих умов червоний і голубий промені (пучки) перетинаються з ним у одній точці – фокусі.

Змінюючи положення освітлювача показують, що промінь, який проходить через оптичний центр лінзи – не заломлюється, а промені, які падають на лінзу паралельно побічній оптичній осі, перетинаються з нею у фокальній площині. Аналогічно проводять досліди з моделлю розсівної (угнутої) лінзи.



1. Для чого в досліді застосовують кольорові фільтри?
2. З якою метою на диск одягають додатковий екран?

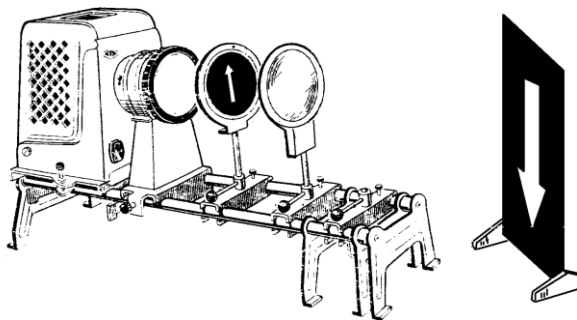
Дослід 30-11. Одержання зображення за допомогою лінз

Обладнання. Збірна й розсівна лінза з набору лінз і дзеркал з тримачами; універсальний проєкційний апарат; екран; чорна маска із вирізом у вигляді стрілки, заклеєним калькою.

Зміст і послідовність виконання завдання

На оптичній лаві проєктора впритул до конденсора за допомогою рейтера кріплять маску. Далі, на одній осі зі стрілкою на відстані, більшій за фокусну встановлюють опуклу лінзу. На відстані біля 1 м (залежить від фокусної відстані лінзи) розміщують екран (мал. 298). Вмикають проєктор. Змінюючи

положення лінзи, домагаються чіткого збільшеного, оберненого зображення на екрані. З'ясовують, що збільшене, обернене, дійсне зображення утворюється тоді, коли предмет (стрілка) знаходиться від лінзи на відстані, більшій за фокусну й меншій за подвійну фокусну відстань лінзи.



Мал. 298

Зміщують лінзу так, щоб відстань від неї до стрілки стала більшою за подвійну фокусну відстань. Змінюючи положення екрану домагаються різкого зображення стрілки на ньому. У цьому випадку на екрані утворюється дійсне, обернене, зменшене зображення стрілки.

Перемістивши лінзу так, щоб предмет був від неї на відстані, меншій за фокусну, – можна продемонструвати збільшене, пряме, уявне зображення. Спочатку звертають увагу на те, що у випадку розміщення стрілки на відстані, меншій за фокусну, одержати її зображення неможливо. Потім проєкційний апарат із закріпленою на його оптичній лаві збірною лінзою повертають на демонстраційному столі так, щоб учні могли дивитися на стрілку безпосередньо через лінзу. Учні бачать пряме, уявне, збільшене зображення.

Замінивши збірну лінзу на розсівну, демонструють уявне, пряме й зменшене зображення, розташоване по той же бік від лінзи, що й стрілка. І в цьому випадку зображення розташоване з того ж боку, що й предмет.



1. Чому щілина в масці виготовлена у вигляді стрілки?
2. З якою метою щілина заклеєна калькою чи іншою матовою плівкою?
3. Як забезпечити добру видимість стрілки для учнів?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Сформулювати закони відбивання світла.
 2. Які правила побудови зображення в плоскому дзеркалі?
 3. Сформулювати закони заломлення світла.
 4. Які правила побудови ходу променя при його проходженні через призму?
 5. Які "зручні" промені вибирають при побудові зображень у лінзах?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 31. ХВИЛЬОВІ ВЛАСТИВОСТІ СВІТЛА

Мета роботи. Вивчити систему демонстраційних і фронтальних дослідів, проведення яких передбачається при вивченні хвильових властивостей світла, оволодіти методикою і технікою їх проведення в умовах шкільного уроку фізики.

Особливості експерименту з теми

Хвильові властивості світла вивчаються як правило наприкінці програми випускного класу. При цьому формуються основні поняття теми. Використання демонстраційного експерименту на цьому етапі є дуже важливим, оскільки дозволяє сформувати в учнів основні поняття теми, експериментально встановити залежності між фізичними величинами хвильової оптики. Демонстраційний експеримент використовується також із метою підтвердження теоретичних висновків та узагальнень, одержаних з використанням математичних знань учнів.

Система демонстраційних дослідів із теми вимагає складного обладнання, добре затемненого приміщення, достатніх навичок вчителя та великих затрат часу на підготовку та проведення дослідів на уроці і поряд із тим дозволяє значно підвищити ефективність вивчення матеріалу.

Підготовка до роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом і основними поняттями теми "Хвильові властивості світла".
2. Знайти відповіді на запитання:
 1. Які демонстрації пропонує програма?
 2. Яка кількість годин пропонується програмою на вивчення теми?
 3. Які хвилі називають світловими?
 4. Які явища вказують на те, що світло є хвилею?
 5. Що таке когерентні хвилі?
 6. Як розташовані вектори \vec{E} , \vec{B} та \vec{c} у світловій хвилі?

3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>Заліковий рівень</i>										
<i>Низький</i>	X	X	X				X	X		
<i>Середній</i>		X		X	X		X	X	X	
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю і звітності.

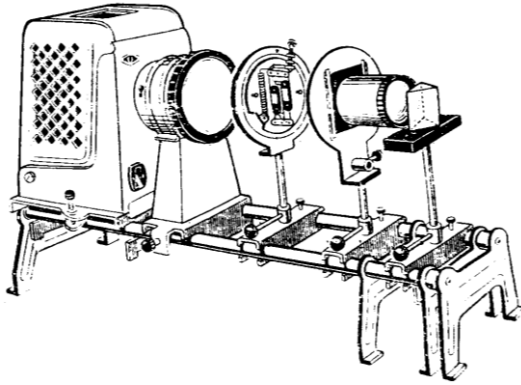
ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Дослід 31-01. Дисперсія світла

Обладнання. Універсальний проекційний апарат з оптичною лавою; екран; дисперсійна призма; призма прямого зору; розсувна щілина; об'єктив; столик; прилад із дзеркальцями для змішування кольорів спектра.

Зміст і послідовність виконання завдання

Перед конденсором проекційного апарата в рейтері оптичної лави закріплюють ширму з розсувною щілиною. Обертаючи кільце, на якому закріплено щілину, встановлюють її вертикально, розсувають на 1,5...2 мм. Відсувають рейтер від конденсора на таку відстань, щоб збіжний пучок світла симетрично освітлював усю щілину. У другому рейтері закріплюють об'єктив, а перед об'єктивом на столику, закріпленому в рейтері, встановлюють тригранну призму так, щоб пучок світла падав на її грань під кутом близько 40° (мал. 299).



Мал. 299

Забирають призму зі столика та, пересуваючи об'єктив уздовж оптичної лави, утворюють чітке зображення щілини на екрані, розміщеному на відстані 1,5...2 м від об'єктива. Після цього розміщують призму на столику та встановлюють її в положення, коли кут відхилення був найменшим (це оптимальні умови спостереження спектра за допомогою цієї призми). Для цього її обертають (не зсуваючи з місця) навколо вертикальної осі доти, поки кут між заломленими променями й оптичною віссю ліхтаря не стане найменшим. (Екран при цьому необхідно змістити в бік основи призми). При збільшенні ширини щілини або кута відхилення спектр розтягується, але чіткість його зменшується. Щоб збільшити ширину спектра, екран розташовують не перпендикулярно до оптичної осі конденсора, а під деяким кутом. Замінюють тригранну призму призмою прямого зору та розміщують екран на осі об'єктива. Дістають значно яскравіший та ширший спектр.



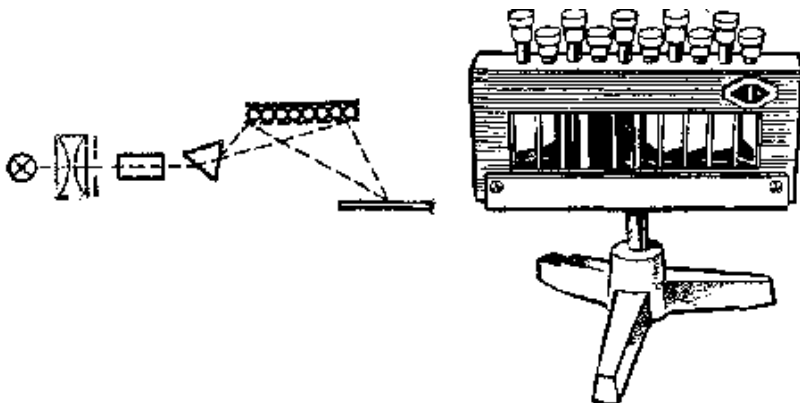
1. Яка роль щілини в установці?
2. Чому кут заломлення повинен бути найменшим?
3. Як забезпечити високу насиченість кольорів високочастотної частини спектра?

Дослід 31-02. Змішування кольорів спектра білого світла

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; екран; призма прямого зору; розсувна щілина; об'єктив; столик; прилад із дзеркальцями для змішування кольорів спектра.

Зміст і послідовність виконання завдання

Використовуючи установку, описану в попередньому досліді, можна переконатися, що при змішуванні натуральних кольорів спектра білого світла утворюється біле світло. Для цього суцільний спектр проєктують не на екран, а на прилад для змішування кольорів спектра (мал. 300). 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 у одну вузьку смугу, яка в результаті їх накладання стає білою.



Мал. 300



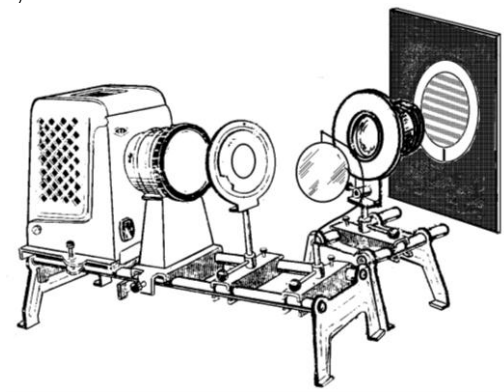
1. Яка роль білого екрана в нижній частині прилада для змішування кольорів?
2. Як залежить колір результуючої смуги від ширини щілини в приладі?

Дослід 31-03. Одержання інтерференційних смуг

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; екран; мильний розчин; дротяна рамка прямокутної або овальної форми; світлофільтри; діафрагма.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають демонстраційну установку, розміщуючи на одній частині оптичної лави проєкційний апарат та діафрагму, а на іншій (яку встановлюють під кутом 90° до першої) – дротяне кільце та об'єктив. Перед об'єктивом встановлюють білий екран (мал. 301). Дротяне кільце встановлюють таким чином, щоб воно розміщувалося в пучку світла, що йде від конденсора, а його площина утворювала з головною оптичною віссю конденсора кут 45° .



Мал. 301

Знімають дротяне кільце з оптичної лави, занурюють його в мильний розчин (щоб утворилася мильна плівка) та закріплюють його на попередньому місці так, щоб світло, відбившись від плівки, проходило через об'єктив. Переміщуючи об'єктив, домагаються чіткого зображення інтерференційних смуг на екрані. Повторюють дослід у монохроматичному світлі, встановлюючи між діафрагмою та дротяним кільцем світлофільтри різного кольору.



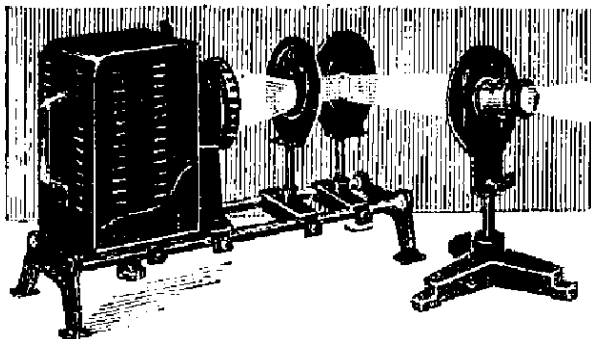
1. Чому на мильній плівці утворюються кольорові смуги?
2. Як забезпечити достатній час дії мильної плівки?
3. Для чого в переліку обладнання називаються кольорові світлофільтри?

Дослід 31-04. Демонстрація кілець Ньютона

Обладнання. Універсальний проекційний апарат з оптичною лавою; прилад для демонстрації кілець Ньютона; світлофільтри; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Підготовлюють прилад для демонстрації кілець Ньютона до роботи. Для цього за допомогою регулювальних гвинтів домагаються правильної форми зображення кілець. Збирають установку, аналогічну до попередньої, але замість дротяного кільця встановлюють диск-ширму з приладом для демонстрації кілець Ньютона (мал. 302).



Мал. 302

Вмикають світло та досягають, щоб воно, відбившись від приладу для демонстрації кілець Ньютона, проходило через об'єктив. Переміщуючи об'єктив, домагаються чіткого зображення інтерференційних смуг на екрані. Повторюють

дослід у монохроматичному світлі, встановлюючи між діафрагмою та дротяним кільцем світлофільтри різного кольору.



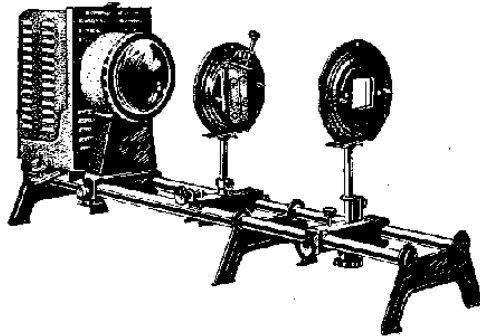
1. З якою метою дослід проводиться в монохроматичному світлі?
2. Як зміниться інтерференційна картина на екрані, якщо світло буде проходити через прилад для демонстрації кілець Ньютона.

Дослід 31-05. Інтерференція світла на біпризмі Френеля

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; вузька щілина; біпризма Френеля; світлофільтри; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку, встановлюючи за конденсором проєкційного апарата вузьку щілину, а на відстані 5...6 см від неї – біпризму Френеля так, щоб щілина і ребро біпризми були паралельними, а їх середини лежали на головній оптичній осі конденсора (мал. 303). На відстані 1,5...2 м від біпризми розташовують екран.



Мал. 303

Змінюючи взаємне розташування щілини та біпризми, а також ширину щілини, досягають чіткої інтерференційної картини на екрані. Фіксують взаємне розташування приладів, при якому спостерігається найкращий ефект демонстрації. Розміщують за біпризмою світлофільтри та спостерігають, як при цьому змінюється інтерференційна картина.



1. Як забезпечити добру видимість інтерференційної картини для школярів?
2. Яка роль конденсора в досліді?

Дослід 31-06. Дифракція світла від тонкої нитки

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; лазер навчальний; щілина з тонкою дротиною; розсувна щілина без дротини; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

У прорізі щілини за допомогою пластиліну закріплюють тонку дротину або волосину так, щоб вона була паралельною краям щілини. Збирають установку, розміщуючи за конденсором проєкційного апарата щілину без дротини, а за нею, на відстані 5...7 см, щілину з тонкою дротиною. На відстані 1...1,5 м від щілини розташовують екран (мал. 304).



Мал. 304

Досягають, щоб нитка була паралельна щілині та знаходилася з нею в одній вертикальній площині, що проходить уздовж оптичної осі конденсора. Змінюючи ширину щілини, одержують на екрані картину дифракції. Повторюють дослід, використовуючи як джерело світла лазер. При цьому щілина без нитки не використовується.



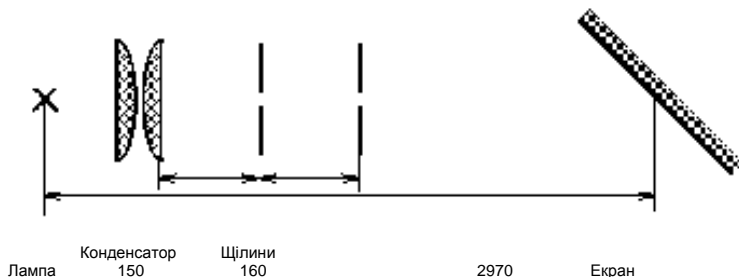
1. Яка роль щілини в досліді?
2. Чому в досліді з лазером як джерелом світла не потрібна щілина без нитки?

Дослід 31-07. Дифракція світла від вузької щілини

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; лазер навчальний; дві щілини; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку, розмішуючи за конденсором проєкційного апарата одну щілину, а за нею, на відстані 5...7 см – іншу. На відстані 1...1,5 м від щілини розташовують екран (мал. 305). Щілина повинна проєктуватися на зображення спіралі нитки розжарення на екрані.



Мал. 305

Домагаються, щоб щілини були паралельними та знаходилися в одній вертикальній площині, що проходить уздовж оптичної осі конденсора. Регулюючи ширину щілин, одержують на екрані картину дифракції.

Повторюють дослід, використовуючи як джерело світла лазер. При цьому користуються однією щілиною.



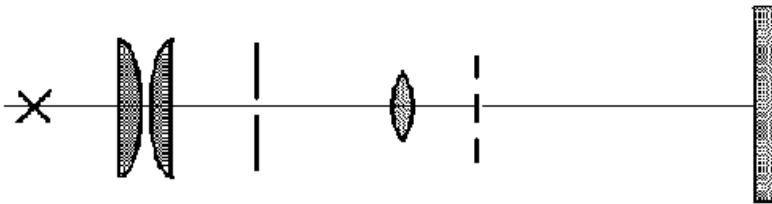
1. Чому в досліді екран розміщується під кутом 45° до оптичної осі установки?
2. Чому щілина повинна проектуватися на зображення спіралі лампи на екрані?

Дослід 31-08. Дифракція світла від дифракційної ґратки

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; щілина; об'єктив; дифракційна ґратка; екран. лазер.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку, розміщуючи за конденсором проєкційного апарата щілину, а за нею – об'єктив. За об'єктивом установлюють дифракційну ґратку так, щоб її штрихи були паралельними щілині. На відстані $1 \dots 1,5$ м від щілини розташовують екран (мал. 306).



Мал. 306

Забирають дифракційну ґратку та, переміщуючи об'єктив, утворюють на екрані чітке зображення щілини. Установлюють дифракційну ґратку та спостерігають на екрані дифракційну картину. Замінюють дифракційну ґратку іншою (з іншим значенням сталої дифракційної ґратки) та спостерігають відповідний спектр. Закривають по черзі частину пучка світлофільтрами та спостерігають, як при цьому змінюється дифракційна картина на екрані.



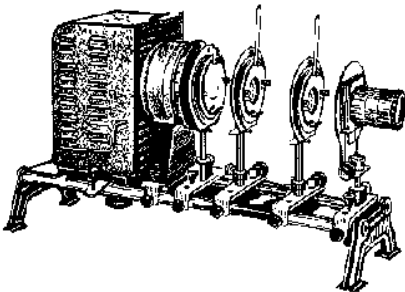
1. Як залежить дифракційна картина від значення сталої дифракційної ґратки?
2. Яка роль щілини в досліді?
3. Який вигляд матиме дифракційна картина при застосуванні лазера як джерела світла?

Дослід 31-09. Поляризація світла поляроїдами

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; два поляроїди з набору для поляризації світла; теплофільтр; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установлюють ширми з поляроїдами та об'єктив на оптичній лаві проєктора. Між конденсором та поляроїдом встановлюють теплофільтр (мал. 307).



Мал. 307

Забирають один поляроїд з оптичної лави та домагаються чіткого зображення світної плями на екрані. Демонструють, що при повертанні поляроїда навколо поздовжньої осі, яскравість

плями на екрані не змінюється. Замінюють поляроїд іншим та знову повторюють дослід. Установлюють обидва поляроїди на лаву та показують, що при повільному обертанні одного з них освітленість плями змінюється від мінімуму до максимуму.



1. Для чого в досліді застосовується теплофільтр?
2. Як відмітити напрям площини поляризації поляроїда?

Дослід 31-10. Поляризація світла при відбиванні

Обладнання. Універсальний проекційний апарат з оптичною лавою; поляроїд з набору для поляризації світла; теплофільтр; скляна пластинка; діафрагма; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Збирають установку, розміщуючи на оптичній лаві освітлювач, конденсор, діафрагму, теплофільтр, об'єктив. Скляну пластинку розміщують у тримачі під певним кутом до головної оптичної осі конденсора. Вмикають живлення лампи освітлювача й спрямовують відбитий від пластинки пучок світла на екран. Вносячи поляроїд у відбитий від пластинки пучок показують, що світло поляризоване.



1. Під яким кутом до оптичної осі установки потрібно розмістити пластинку?
2. Чи спостерігатиметься ефект поляризації, якщо замість скляної пластинки застосувати звичайне дзеркало?

Дослід 31-11. Інтерференція поляризованого світла

Обладнання. Універсальний проєкційний апарат з оптичною лавою; два поляроїди з набору для поляризації світла; теплофільтр; скляна пластинка; гвинтовий прес з плексигласовою моделлю рейки; пластинка з оргскла для демонстрації згину; екран.

Зміст і послідовність виконання завдання

Установлюють дві ширми з поляроїдами та об'єktiv на оптичній лаві проєкційного апарата. Між конденсором та поляроїдом установлюють теплофільтр. Між поляроїдами установлюють модель рейки, затиснутої в гвинтовий прес. На відстані 1 м від проєкційного апарата розміщують екран.

Домагаються чіткого зображення моделі рейки на екрані. Повертають поляроїди так, щоб їх осі поляризації були взаємно перпендикулярними (при цьому освітлення зображення на екрані буде мінімальним). Закручуючи гвинт, стискають модель у пресі та спостерігають виникнення картини напруг у моделі (мал. 308). Замінюють модель рейки пластинкою для демонстрації згину та демонструють виникнення в ній напруг. Якщо між поляроїдами помістити стрічку поліетиленової або целофанової плівки й розтягнути її, можна спостерігати як змінюється її колір у міру зміни деформації.



а

б

Мал. 308



1. У яких місцях деформованої моделі виникають інтерференційні смуги?
2. Чому моделі виготовляють з органічного скла?



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. У чому полягає явище дисперсії світла?
 2. Яка умова інтерференційного максимуму? мінімуму?
 3. Чому при дифракції білого світла утворюється спектр?
 4. Чи є поляризованим сонячне світло?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.

Робота № 32. КВАНТОВІ ВЛАСТИВОСТІ СВІТЛА

Мета роботи. Оволодіти методикою та технікою проведення дослідів, які демонструють квантові властивості світла. Вивчити основні прилади, які застосовуються в демонстраційному експерименті з квантової оптики.

Особливості експерименту з теми

Квантові властивості світла вивчаються в програмі випускних класів ЗНЗ. Перед вчителем ставиться завдання сформулювати в учнів уявлення про коло явищ, які вивчаються в квантовій оптиці, та фізичні поняття й величини, які використовуються для їх опису. Більшість демонстрацій носить ілюстративний характер, коли учні лише спостерігають те чи інше явище. Передбачаються також демонстрації із встановленням залежностей між різними фізичними величинами.

Проведення дослідів із електростатики вимагає високої майстерності вчителя, а в деяких випадках – наявність сухого добре провітреного класу. У багатьох дослідах можуть використовуватися джерела високої напруги: високовольтні перетворювачі, електрофорні машини. Це вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки. Слід мати на увазі, що озон, який утворюється при електричному розряді, також небезпечний для здоров'я.

Підготовка до виконання роботи

1. Ознайомитися за програмою й підручником зі змістом та основними поняттями теми "Квантові властивості світла".
2. Дати відповідь на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Які основні поняття використовуються для опису квантових властивостей світла?
 2. Що таке фотоелектричний ефект?
 3. У чому полягає різниця між зовнішнім та внутрішнім фотоелектом?

4. Як пояснити явище фотоелектру?
 5. Які явища вказують на квантову природу світла?
 6. Чому дорівнює енергія кванта світла?
3. Обрати заліковий рівень завдання, згідно графіка відібрати демонстрації й ознайомитися з їх описом. Скласти конспект їх проведення.

<i>№ досліду</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
<i>Заліковий рівень</i>											
<i>Низький</i>	X					X	X			X	X
<i>Середній</i>	X	X		X	X	X	X				
<i>Високий</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		

4. Відмітити особливості техніки виконання дослідів, згідно з питаннями для самоконтролю та звітності.

ВИКОНАННЯ РОБОТИ

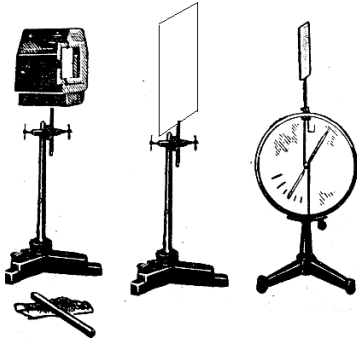
Дослід 32-01. Зовнішній фотоелектр

Обладнання. Цинкова пластинка; джерело ультрафіолетового випромінювання; електрометр; палички для електризації (або високовольтний перетворювач напруги); картонний екран; штатив.

Зміст і послідовність виконання завдання

Цинкову пластинку очищають з одного боку дрібним наждачним папером до блиску, а потім закріплюють її на стержні електрометра (мал. 309). На відстані 35...50 см від пластинки розташовують джерело ультрафіолетового випромінювання, яке мусить освітлювати очищений бік пластинки. Між ліхтарем та електрометром ставлять легкий паперовий екран, який закриває доступ світла до пластинки.

Надають пластинці негативного заряду. Як тільки стрілка електрометра заспокоїться, швидко відставляють вбік екран і відразу ж спостерігають поступову втрату цинковою пластинкою негативного заряду. Установлюють екран на попереднє місце. При цьому помічають, що розрядження пластинки припиняється.



Мал. 309

Повторюють дослід, надавши цинковій пластинці позитивного заряду. Помічають, що стрілка електрометра залишається нерухомою навіть при тривалому опроміненні. Це означає, що світло не може вибити із цинку позитивні заряди, а електрони не можуть вибитися із пластинки, оскільки

вони утримуються електричним полем позитивного заряду.

Освітлюють пластинку та поступово наближають до неї позитивно заряджену скляну паличку. Стрілка електрометра при цьому все більше віддаляється від нульової поділки шкали і не повертається до неї після забирання палички. Таким чином, цинк під дією ультрафіолетового випромінювання втрачав електрони, оскільки електричне поле позитивно зарядженої палички допомагало видаляти з пластинки негативні заряди. Це призвело до накопичення на пластинці позитивного заряду.

Ці досліди переконують учнів у тому, що причиною вилітання заряджених частинок із цинкової пластинки є світло, причому вилітають лише негативно заряджені – електрони. Безінерційність фотоefекту неможливо пояснити з точки зору хвильових уявлень про світло, оскільки згідно цих уявлень між початком опромінення та початком вильоту електронів повинен був би пройти деякий час, необхідний для поступового накопичення електроном енергії за рахунок поглинання падаючих світлових хвиль. Отже, світло має квантову природу: електрон, одержавши енергію окремого кванта, зразу ж залишає поверхню пластинки.



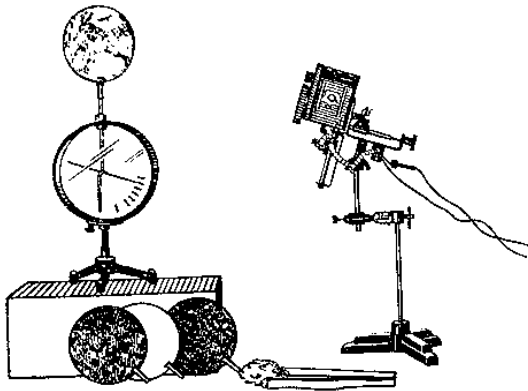
1. Для чого поверхню цинкової пластини потрібно зачистити до блиску?
2. Як довести, що причиною розрядження пластини є ультрафіолетове випромінювання?

Дослід 32-02. Залежність фотоефекту від речовини та стану поверхні тіла

Обладнання. Набір пластинок із різних речовин; джерело ультрафіолетового випромінювання; електрометр; ебонітова паличка для електризації (або високовольтний перетворювач напруги); штатив з муфтою; секундомір.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для проведення досліду виготовляють декілька однакових пластинок із різних речовин (цинку, міді, заліза, дерева, пластмаси) у формі квадрата чи круга. До пластинок прикріплюють трубочки для кріплення їх на стержні електрометра. Один бік кожної пластинки зачищають до дзеркального блиску. Збирають демонстраційну установку згідно мал. 310.



Мал. 310

Спочатку демонструють залежність фотоефекту від речовини, з якої виготовлена пластинка. Для цього на стержні електрометра закріплюють по чергово пластинки, виготовлені з різних речовин, надають їм максимально можливого негативного заряду та освітлюють зачищений бік пластинки. За допомогою секундоміра визначають час повного розряду електрометра. Порівнюючи ці часи, роблять висновок про залежність фотоефекту від речовини.

Для демонстрації залежності фотоефекту від стану поверхні речовини проводять аналогічні досліди, визначаючи час розрядження пластинки при освітленні її зачищеного та незачищеного боків.

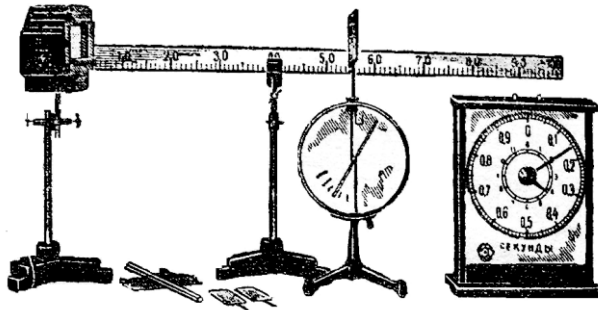
Дослід 32-03. Залежність фотоефекту від світлового потоку

Обладнання. Цинкова пластинка; джерело ультрафіолетового випромінювання; електрометр; ебонітова паличка для електризації (або високовольтний перетворювач напруги); штатив з муфтою та лапкою; демонстраційний метр; секундомір.

Зміст і послідовність виконання завдання

На стержні електрометра закріплюють цинкову пластинку. На відстані 50 см від пластинки встановлюють джерело ультрафіолетового випромінювання. Поряд розташовують демонстраційний метр, закріплений на штативі (мал. 311). Заряджають пластику негативно та, освітлюючи її зачищений бік, визначають час повного розрядження.

Наближають джерело випромінювання до пластинки на відстань 25 см та повторюють дослід. Порівнюють час розрядження пластики в обох випадках, та роблять висновок про залежність фотоефекту від світлового потоку.



Мал. 311

Примітка. Як і в попередніх дослідах, в обох випадках пластинці надають максимально можливого заряду.

Дослід 32-04. Залежність фотоефекту від частоти падаючого світла

Обладнання. Цинкова пластинка; джерело ультрафіолетового випромінювання; електрометр; ебонітова паличка для електризації (або високовольтний перетворювач напруги); лист товстого віконного скла; ультрафіолетовий та інфрачервоний фільтри; проєкційний апарат із потужною звичайною лампою.

Зміст і послідовність виконання завдання

На стрижні електрометра встановлюють цинкову пластинку, заряджають її негативно та освітлюють світлом звичайної електричної лампи невеликої потужності. При цьому переконуються у відсутності фотоефекту. Потім у ліхтар встановлюють потужнішу лампу, закривають його світло інфрачервоним світлофільтром. Фотоефект не спостерігається.

Освітлюють цинкову пластинку за допомогою джерела ультрафіолетового випромінювання, перекривши його світло

спочатку листом скла, а потім інфрачервоним фільтром. В обох випадках переконаються у відсутності фотоефекту. Замінюють інфрачервоний фільтр ультрафіолетовим і помічають розрядження пластинки.

Із досліду роблять висновок про залежність фотоефекту від частоти падаючого світла та вводять поняття червоної межі фотоефекту.



1. Як означити інфрачервоний фільтр?
2. Як означити ультрафіолетовий фільтр?

Дослід 32-05. Дослід О. Г. Столетова

Обладнання. Цинкова пластинка; мідна сітка; джерело ультрафіолетового випромінювання; гальванометр з підсилювачем; джерело постійного струму напругою 200...250 В; лист товстого віконного скла; непрозорий екран; резистор опором 100...150 кОм; електричний ключ.

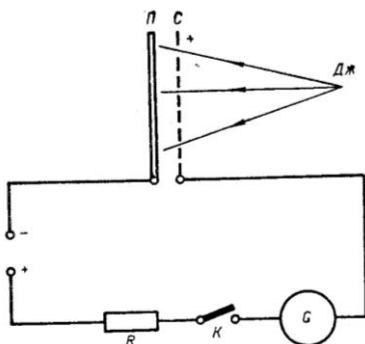
Зміст і послідовність виконання завдання

Для проведення досліду використовують цинкову пластинку та мідну сітку, які входять до набору для демонстрації явища фотоефекту, або ж виготовляють їх самостійно. Цинкова пластинка має квадратну форму з довжиною сторони 10 см, одну її поверхню старанно зачищають та полірують. Таких же розмірів сітку вирізують із мідної або латунної сітки з вічком 4...6 мм.

Пластинку й сітку розміщують вертикально на відстані 6...10 мм одна від одної, слідкуючи за тим, щоб вони не дотикалися між собою.

Для виконання досліду складають установку за схемою, зображеною на мал. 312. У коло гальванометра G вмикають електроди Π (пластинка) та C (сітка). Обмежувальний резистор

Р потрібний на випадок короткого замикання між електродами П та С. До клем підмикають джерело постійної напруги, подаючи на сітку "+" джерела струму, а на цинкову пластинку – "-".



Мал. 312

Замикають ключ К та демонструють відсутність струму в колі. Пояснюють причину цього тим, що коло має розрив на ділянці "пластинка – сітка". Закривають джерело світла непрозорим екраном, вмикають його, а потім забирають екран. Як тільки забрали екран, гальванометр відразу ж показує наявність струму в колі. Цей струм існує завдяки фотоефекту та електричному полю між сіткою та цинковою пластинкою. Між джерелом ультрафіолетового випромінювання та цинковою пластинкою розміщують лист віконного скла. Фотострум при цьому різко зменшується або ж зовсім припиняється. Цей факт пояснюють поглинанням ультрафіолетової частини спектра віконним склом.

Повторюють дослід, змінивши полярність електродів на протилежну. Переконаються, що в цьому випадку фотоструму немає.



1. Чому як анод використовують мідну сітку?
2. Як довести, що струм у колі не є наслідком йонізації повітря?

Дослід 32-06. Закони зовнішнього фото ефекту

Обладнання. Вакуумний фотоелемент СЦВ на підставці; гальванометр демонстраційний з підсилювачем постійного струму; вольтметр демонстраційний; випрямляч ВУП; джерело струму з напругою на полюсах 6 В; реостат на 600 Ом; лінійка демонстраційна; штатив універсальний; скляні світлофільтри; з'єднувальні провідники.

Зміст і послідовність виконання завдання

Для демонстрації дії законів Столетова збирають демонстраційну установку за мал. 313, а. У проєкційний апарат встановлюють автомобільну лампочку (точкове джерело світла), а конденсор знімають. Поруч із проєкційним апаратом горизонтально розмішують демонстраційну лінійку так, щоб її початок був на одному рівні з лампочкою. У рейтері закріплюють вакуумний фотоелемент та вмикають його в електричне коло, зображене на схемі (мал. 313, б).

Регульовану постійну напругу подають від універсального випрямляча ВУП та контролюють демонстраційним вольтметром. Гальванометр вмикають у коло разом із підсилювачем постійного струму.

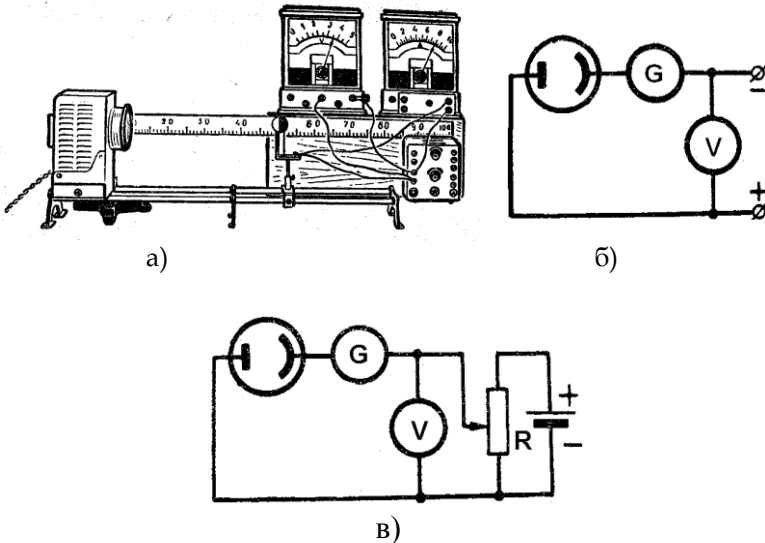
Демонстрації проводять у затемненому приміщенні. Спочатку фотоелемент закривають чорним папером, подають на його електроди напругу 10...15 В та встановлюють стрілку гальванометра на нульову поділку шкали. Знімають папір та освітлюють катод фотоелемента, відмічаючи появу струму в колі. Вимикають лампу – струм припиняється. Проходження струму у вакуумному фотоелементі пояснюють рухом від катода до анода електронів, вибитих світлом із катода.

Потім фотоелемент розмішують на відстані 40 см від лампи й при незмінному світловому потоці поступово збільшують напругу на його електродах. Струм спочатку зростає пропорційно прикладеній напрузі, а потім досягає деякого постійного значення (струму насичення) й не зростає, незважаючи на збільшення напруги на електродах. Учням

пояснюють, що струм насичення виникає в той момент, коли всі електрони, що вилітають із катода, досягають анода. Подальше зростання струму можливе лише при збільшенні світлового потоку, в чому переконують учнів, наближаючи фотоелемент до джерела світла.

Повертають фотоелемент у початкове положення та при незмінній напрузі на електродах відмічають за гальванометром значення струму насичення. Збільшують відстань між фотоелементом та джерелом світла в два рази, зменшуючи тим самим світловий потік, що падає на фотоелемент, у чотири рази. Помічають по гальванометру, що сила струму при цьому зменшується в чотири рази. Отже, сила струму, яка залежить від кількості вибитих із катода електронів, прямо пропорційна падаючому світловому потоку. У цьому і полягає перший закон Столетова.

Для ілюстрації висновків, які випливають із рівняння Ейнштейна, фотоелемент вмикають в електричне коло, зображене на мал. 313, в, вставляють у проєкційний апарат конденсор і діапозитивну рамку з оранжевим світлофільтром.



Мал. 313

На фотоелемент подають із потенціометра напругу зворотної полярності. Цю напругу контролюють демонстраційним вольтметром, попередньо підбравши додатковий резистор таким чином, щоб стрілка відхилялася на всю шкалу при напрузі 1,5 В. Гальванометр, як і в попередніх дослідах, вмикають разом із підсилювачем. Повзунок потенціометра переміщують в таке положення, при якому напруга, що знімається з нього, дорівнює нулю. Фотоелемент затемняють та встановлюють стрілку гальванометра на нуль.

Потім фотоелемент освітлюють оранжевим світлом. Гальванометр при цьому виявляє струм у колі. За допомогою потенціометра збільшують поступово запірну напругу. Струм при цьому зменшується до нуля. Це означає, що електрони вилітають із катода з різними швидкостями і в момент припинення струму вони не мають достатньої енергії, щоб подолати електричне поле, створене запірною напругою. У

цьому випадку $\frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_0$. Звертають увагу учнів на те, що із

записаного рівняння можна знайти максимальну швидкість вильоту електронів, яка відповідає даній частоті світла.

Потім пучок світла від лампи перекривають почергово зеленим і синім світлофільтрами. Помічають, що для припинення струму доводиться весь час збільшувати запірну напругу.

Для з'ясування того, що запірна напруга не залежить від значення світлового потоку, при сталій частоті світла змінюють світловий потік, що падає на фотоелемент, та помічають, що струм у колі припиняється при одній і тій же запірній напрузі.

Із проведених дослідів роблять висновки: 1) максимальна швидкість електронів, а отже, і їх кінетична енергія, збільшується при зростанні частоти падаючого світла; 2) швидкість електронів не залежить від світлового потоку.



1. Чому в освітлювачі встановлюють точкове джерело струму?
2. Які клеми ВУПа потрібно використати для дослідів з запірною напругою?

Дослід 32-07. Демонстрування фотоелемента із запірним шаром

Обладнання. Фотоелемент; демонстраційний гальванометр; проекційний ліхтар.

Зміст і послідовність виконання завдання

Світлосприймаючу поверхню фотоелемента (мал. 314) закривають непрозорою кришкою, а фотоелемент під'єднують до клем гальванометра. Знявши кришку, помічають виникнення струму, який змінюється зі зміною світлового потоку, що падає на фотоелемент. Для демонстрування цього фотоелемент наближають і віддаляють від джерела світла. Звертають увагу учнів на те, що фотоелементи цього типу при освітленні стають джерелами струму.



Мал. 314

Порівнюють властивості фотоелементів із зовнішнім фотоелементом і запірним шаром.



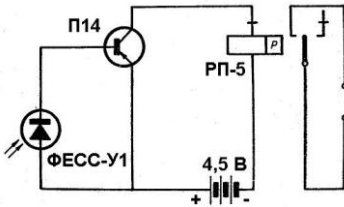
1. Які принципові відмінності між вакуумним фотоелементом і фотоелементом з запірним шаром?
2. Яким чином можна змінювати світловий потік, що падає на фотоелемент?

Дослід 32-08. Фотореле на напівпровідниковому фотоелементі

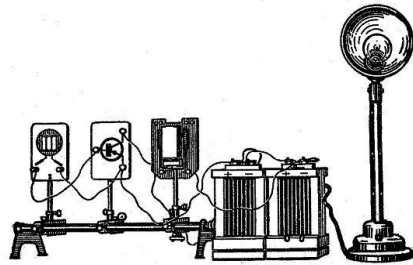
Обладнання. Фотоелемент; транзистор середньої потужності типу *p-n-p*; поляризоване реле; джерело живлення на напругу 4...5 В; електролампа на 25...75 Вт, 220 В в патроні.

Зміст і послідовність виконання завдання

Схему реле на фотоелементі типу ФЕСС-У1 з підсилювачем на напівпровідниковому тріоді (мал. 315) складають із деталей набору приладів для вивчення напівпровідників. У виконуюче коло реле вмикають лампу, що живиться від мережі змінного струму напругою 220 В. Загальний вигляд такої установки зображено на мал. 316. Така схема може бути використана, наприклад, для автоматичного вмикання та вимикання вуличного освітлення. Якщо фотоелемент освітлений, транзистор закритий і струму в обмотці реле нема. Виконуюче коло в такому випадку буде розімкнене, лампочка не світлитиметься. При закриванні фотоелемента непрозорим екраном через обмотку реле протікає струм, контакти виконуючого кола реле замикаються, і лампочка світлиться.



Мал. 315



Мал. 316



1. Чому в досліді застосовують підсилювач на транзисторі?
2. До яких клем реле приєднується лампа?

Дослід 32-09. Відтворення звуку з кіноплівки

Обладнання. Комплект приладів для відтворення звуку з кіноплівки; підсилювач низької частоти; гучномовець; кінокільцівка із записом звуку; джерело постійного струму на напругу 4...5 В; вимикач; з'єднувальні провідники; штатив універсальний.

Зміст і послідовність виконання завдання

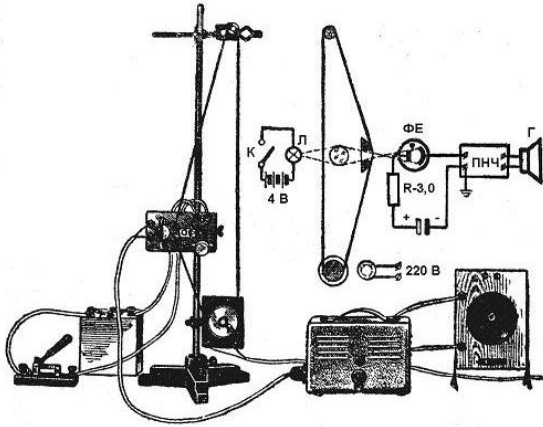
Перед проведенням досліду учнів ознайомлюють із принципом оптичного запису звуку. Відтворення звуку з кінострічки проводять із використанням комплексу, до складу якого входять стрічкопротяжний механізм, фотоелектричний перетворювач та натяжний ролик.

Стрічкопротяжний механізм – це текстолітовий барабан, насаджений на вісь синхронного електродвигуна, який розрахований на напругу 220 В і робить 60 обертів за хвилину.

Фотоелектричний перетворювач складається із газонаповненого фотоелемента типу ЦГ-3, освітлювача (лампочка від кишенькового ліхтарика) та циліндричної лінзи. Нитка розжарення лампочки розташовується паралельно осі циліндричної лінзи. Зображення нитки проектується на фонограму кінострічки, яка ковзає по направляючому напівциліндру, який має отвір для проходження світлового пучка. Напруга на фотоелемент подається від зарядженого до 200...300 В електролітичного конденсатора ємністю 20 мкФ. Він вставляється в спеціальну обойму, розташовану на панелі. Одного заряду конденсатора вистачає для відтворення звуку протягом 5...7 хв.

Натяжний ролик може вільно обертатися в металевій скобі, до якої прикріплена пружна пластинка-тримач. Пластинка забезпечує рівномірний натяг стрічки при її русі.

Для демонстрації досліду збирають установку, зображену на мал. 317. У нижній частині стержня універсального штатива закріплюють стрічкопротяжний механізм, приблизно посередині стержня – фотоелектричний перетворювач, а на верхньому кінці – натяжний ролик. На барабан стрічкопротяжного механізму, натяжний ролик та направляючий напівциліндр фотоелектричного перетворювача надівають кінокільцівку. Вихідні клеми кола фотоелемента з'єднують екранованим провідником із мікрофонним входом підсилювача низької частоти, до виходу якого під'єднують гучномовець. Освітлювальну лампочку під'єднують до джерела постійного струму. Конденсатор, що живить коло фотоелемента, заряджають від джерела постійної напруги близько 200 В та вставляють в обойму на панелі.



Мал. 317

Спочатку вмикають електродвигун і, обережно змінюючи положення натяжного ролика, досягають рівномірного руху кінострічки. Потім вмикають підсилювач та замикають коло освітлювальної лампочки. Протягом кількох хвилин слухають відтворення записаного звуку.

Процес відтворення звуку пояснюють учням, користуючись схемою, зображеною на мал. 317. Цю схему доцільно намалювати на дошці.



1. Яка роль циліндричної лінзи в пристрої для відтворення звуку?
2. Чому для живлення фотоелемента застосовують конденсатор великої ємності?

Дослід 32-10. Люмінесценція рідин

Обладнання. Проекційний апарат із лампою на 300 Вт та оптичною лавою; кювета прямокутна; спиртовий розчин каніфолі; світлофільтри; флуоресцеїн; джерело ультрафіолетового випромінювання; гас; розчин хініну; розчин хвойного екстракту; спиртова настоянка листків кропиви.

Зміст і послідовність виконання завдання

Наливають в кювету дистильовану воду. Увімкнувши проєкційний апарат, звертають увагу учнів на те, що пучок світла у воді залишається майже непомітним, оскільки в ній немає частинок, які розсіюють світло. Потім у воду додають декілька краплин спиртового розчину каніфолі, після чого світловий пучок у воді стає видимим, оскільки частинки каніфолі розсіюють світло.

Перекривають світловий пучок, що падає на кювету, різними світлофільтрами. При цьому колір розсіяного світла співпадає із кольором світлофільтра. Це означає, що частинки каніфолі розсіюють те світло, яке на них попадає.

Виливають рідину із кювети, наливають у неї дистильовану воду та додають кілька краплин флуоресцеїну. Після перемішування спостерігається яскраве зеленувате свічення розчину. Перекривають світловий потік від проєкційного апарата світлофільтрами фіолетового, синього та зеленого кольору. Колір свічення флуоресцеїну при цьому не змінюється, отже, зеленувате світіння є випромінюванням молекул флуоресцеїну.

У пучок ультрафіолетового випромінювання вносять трубки, наповнені гасом, розчином хініну, хвойного екстракту, спиртового настою листків кропиви та спостерігають флуоресценцію цих рідин.

Дослід 32-11 Люмінесценція твердих тіл

Обладнання. Проєкційний ліхтар із потужною лампою або ультрафіолетовий ліхтар; набір із фосфоресценції; люмінесціюючий екран; набір фосфоресціюючих екранів.

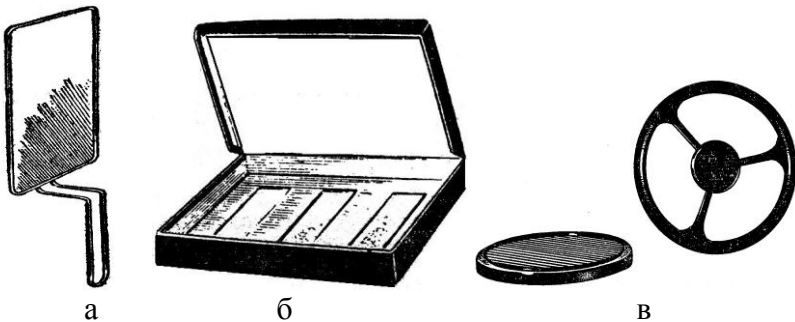
Зміст і послідовність виконання завдання

У пучок світла від проєкційного ліхтаря чи ультрафіолетового ліхтаря вносять люмінесціюючий екран (мал. 318, а).

Після кількох секунд опромінення екран виносять із пучка та спостерігають в темноті поступове згасання зеленуватого свічення.

Повторюють дослід із набором фосфоресціюючих екранів (мал. 318, б) та набором із фосфоресценції (мал. 318, в).

Подібні досліди можна провести з багатьма твердими та рідкими речовинами. В ультрафіолетовому промінні світиться багато речовин, переважно органічних. Можна спостерігати люмінесценцію шкіри, нігтів, зубної емалі, молока, шкаралупи пташиних яєць, різних барвників, деяких сортів паперу та бавовняних тканин.



Мал. 318



Самоконтроль і звітність

1. Описати демонстрацію, визначену викладачем.
2. Дати відповіді на наступні запитання згідно з обраним рівнем складності.
 1. Які демонстрації до даної теми вказані в програмі?
 2. Яким законам підлягає явище зовнішнього фотоефекту?
 3. Які досліди дозволяють виявити зовнішній фотоефект?
 4. Як визначити швидкість електронів у зовнішньому фотоефекті?
 5. Які джерела світла доцільно застосовувати в демонстраціях фотоефекта?
 6. Як пояснити явище люмінесценції?
3. Виконати творче завдання, запропоноване викладачем.



**Використана і рекомендована література
з МТШФЕ**

1. Анциферов Л.И., Пищиков Н.М. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента: учеб. пособие для студентов пединститутов по физ.-мат. спец. – М.: Просвещение, 1984. – 255 с.
2. Демонстрационные опыты по физике в VI-VII классах средней школы. Под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещение, 1970. – 279 с.
3. Демонстрационный эксперимент по физике. Ч.2 Колебания и волны. Оптика. Физика атома. Пособие для учителей / Под ред. А.А. Покровского. Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1979. – 288 с.
4. Демонстрационный эксперимент по физике. Ч.1 Механика, молекулярная физика, основы электродинамики. Под ред. А.А. Покровского. Изд. 3-е, перераб. – М.: Просвещение, 1978. – 351 с.
5. Коршак С.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Практикум. Навч. посібник для пед. інститутів – К.: Вища школа. Головне видавництво, 1981. – 280 с.

-
6. Макарченко Д.А., Черняшевський В.Т. Виготовлення і використання наочності при вивченні коливань і хвиль. Посібник для вчителя. – К.: Рад. школа, 1991. – 109 с.
 7. Макарченко Д.А., Черняшевський В.Т. Наочність з основ електродинаміки. Посібник для вчителя. – К.: Рад. школа, 1981. – 128 с.
 8. Макарченко Д.А., Черняшевський В.Т. Наочність у викладанні молекулярної фізики в школі. Посібник для вчителя. – К.: Рад. школа, 1975. – 126 с.
 9. Марголис А.А., Парфентьева Н.Е., Иванова Л.А. Практикум по школьному физическому эксперименту. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1977. – 304 с.
 10. Миргородський Б.Ю, Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики: Механіка. Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1980. – 144 с.
 11. Миргородський Б.Ю, Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики: Молекулярна фізика. Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1982. – 139 с.
 12. Миргородський Б.Ю, Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики: Електродинаміка. Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1983. – 176 с.
 13. Миргородський Б.Ю., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики: Коливання і хвилі. Посібник для вчителів. – К.: Рад. школа, 1985. – 168 с.
 14. Миргородський Б.Ю. Шкільний фізичний експеримент. – К.: Рад. школа, 1972. – 198 с.
 15. Старощук В. Цікаві демонстрації з фізики. Ч.1. – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2002. – 104 с.

-
16. Хорошавин С.А. Физический эксперимент в средней школе: 6-7 кл. – М.: Просвещение, 1988. – 174 с.
 17. Шахмаев Н.М. и др. Физический эксперимент в средней школе. Колебания и волны. Квантовая физика / Н.М. Шахмаев, Н.И. Попов, В.И. Тишук. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
 18. Шахмаев Н.М. Каменецкий С.Е. Демонстрационные опыты по электродинамике. Изд. 2-е, перераб. – М.: Просвещение, 1973. – 349 с.
 19. Шахмаев Н.М., Шилов В.Ф. Физический эксперимент в средней школе. Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – М.: Просвещение, 1989 – 255 с.
 20. Шульга М.С. Методика і техніка демонстраційних дослідів з фізики у 6-7 класах. Посібник для вчителів. Видання третє, перероблене і доповнене. – К.: Рад. школа, 1977. – 192 с.
 21. Шульга М.С. Молекулярна фізика, термодинаміка в демонстраційних дослідях. – К.: Рад. школа, 1974. – 175 с.
 22. Журнали "Фізика та астрономія в школі", "Фізика в школе".
 23. Методичні збірники, брошури-інструкції до приладів.

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ
ВИДАННЯ**

**Віталій Федорович САВЧЕНКО,
Микола Павлович БОЙКО,
Микола Миколайович ДІДОВИЧ,
Віктор Миколайович ЗАКАЛЮЖНИЙ,
Микола Петрович РУДЕНКО**

**НАВЧАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ
ЕКСПЕРИМЕНТ**

(Методичний практикум)

Навчальний посібник
для студентів

Технічний редактор

О. Клімова

Комп'ютерна верстка
та макетування

О. Клімова

*Свідоцтво про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
серія КВ № 15676-4148 ПР від 17.07.2009 р.*

Підписано до друку 24.06.10. Формат 70 x 108 1/16.
Друк на різнографі. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 32,4. Обл.-вид. 18,67. Наклад 350 прим. Зам. № 409.
Редакційно-видавничий відділ ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка
14013, м. Чернігів, вул. Гетьмана Полуботка, 53.
Тел. 65-17-99