

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Кафедра фізики та математики

**Ірина МАНЬКУСЬ,
Людмила НЕДБАЄВСЬКА,
Роман ДІНЖОС**

Лабораторний практикум з методики навчання фізики

Фізичний експеримент

Частина 2

Навчальний посібник



Миколаїв – 2025

УДК 371.388:53
М 23

*Рекомендовано до друку вченою радою факультету
комп'ютерних наук Чорноморського національного університе-
ту імені Петра Могили (протокол № 10 від
15 травня 2024 р.).*

Рецензенти:

Т. М. Каушан — кандидат педагогічних наук, викладач-методист закладу вищої освіти «Миколаївська політехніка».

О. А. Малиновська — викладач вищої категорії, викладач-методист Миколаївського будівельного фахового коледжу Київського національного університету будівництва і архітектури.

Манькусь І.

М 23 Лабораторний практикум з методики навчання фізики. Фізичний експеримент. Частина 2 : навч. посіб. / І. Манькусь, Л. Недбаєвська, Р. Дінжос. — Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2025. — 132 с.

ISBN 978-966-336-429-2 (заг.)

ISBN 978-966-336-430-8 (Ч. 2)

Навчальний посібник розкриває основні методи та прийоми підготовки і проведення демонстраційних дослідів з курсу фізики загальноосвітніх закладів, а також пояснює їх зміст.

Призначений для студентів класичних університетів, адаптований до умов змішаного навчання, а також може використовуватися вчителями та викладачами фізики загальноосвітніх навчальних закладів.

УДК 371.388:53

ISBN 978-966-336-429-2 (заг.)

ISBN 978-966-336-430-8 (Ч. 2)

© Манькусь І., Недбаєвська Л.,
Дінжос Р., 2025.

© ЧНУ ім. Петра Могили, 2025.

ЗМІСТ

Вступ	4
Розділ I. Зміст та завдання до лабораторних робіт	6
Лабораторна робота № 1. Основні поняття кінематики.	6
Лабораторна робота № 2. Закони руху Ньютона. Сили у природі.	7
Лабораторна робота № 3. Елементи статички	9
Лабораторна робота № 4. Робота та енергія. Закон збереження енергії.....	10
Лабораторна робота № 5. Механічні коливання. Механічні хвилі. Звук.	11
Лабораторна робота № 6. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії. Основи термодинаміки. Властивості рідин та твердих тіл.	13
Лабораторна робота № 7. Електричне поле	14
Лабораторна робота № 8. Постійний струм в металах, вакуумі і напівпровідниках	15
Лабораторна робота № 9. Постійний струм в електролітах і газах	16
Лабораторна робота №10. Магнітне поле	16
Розділ II. Методичні матеріали для виконання лабораторних робіт	18
Фізичний експеримент з теми «Основні поняття кінематики».	18
Фізичний експеримент з теми «Закони руху Ньютона. Сили в природі».....	30
Фізичний експеримент з теми «Статика».....	49
Фізичний експеримент з теми «Робота та енергія. Закон збереження енергії».....	60
Фізичний експеримент з теми «Механічні коливання і хвилі. Звук».	68
Фізичний експеримент з теми «Основні положення молекулярно-кінетичної теорії»	81
Фізичний експеримент з теми «Електричне поле»	91
Фізичний експеримент з теми «Постійний струм в металах, вакуумі і напівпровідниках»	102
Фізичний експеримент з теми «Постійний струм в електролітах і газах»	115
Фізичний експеримент з теми «Магнітне поле електричного струму»	122
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ	131

ВСТУП

Важливого значення під час вивчення фізики набувають експериментальні методи наукового пізнання, завдяки яким можна найефективніше реалізувати діяльнісний підхід до навчання і сформувати в учнів основні компетентності у природничих науках і технологіях, зокрема, засвоїти методи проведення фізичних дослідів та спостережень, навчитися користуватись фізичними приладами, знати їхню будову та принцип дії, вміти спланувати експеримент та провести його пояснення згідно з принципом циклічності:

експериментальні факти→висунення гіпотези щодо розв'язання поставленої проблеми→отримання теоретичних наслідків→перевірка їх на практиці та формулювання висновків у вигляді наукового знання, аналіз його світоглядного значення для людства.

Тому фізичний експеримент є однією зі складових частин методичної системи навчання фізики. Він реалізується у формі демонстраційного і фронтального експерименту, лабораторних робіт і робіт фізичного практикуму, а також навчальних проєктів та домашніх дослідів і спостережень.

Зазвичай перелік необхідних обов'язкових демонстраційних досліджень, лабораторних робіт та фізичних практикумів подається у навчальній програмі з фізики для кожного класу згідно з вимогами Державного стандарту базової та повної загальної середньої освіти Нової української школи.

У посібнику представлено зміст лабораторних робіт з курсу «Методика навчання фізики» та методичні рекомендації щодо їх виконання відповідно до курсу фізики профільної школи (II-й концентр навчання). Головну увагу в рекомендаціях приділено демонстраційному фізичному експерименту, метою якого є організація цілеспрямованого спостереження учнів під керівництвом вчителя за відтворюваними явищами для свідомого їх засвоєння.

Зміст описаних дослідів та порядок їх виконання відповідають програмі та підручникам з фізики (профільна школа). В описах детально розкривається методика і техніка підготовки та проведення демонстраційного експерименту.

Структура опису кожного дослідів наступна:

- назва дослідів;
- мета дослідів;
- перелік необхідного обладнання;

- короткі теоретичні відомості, що супроводжують пояснення явища;
- схема чи малюнок досліду;
- порядок виконання досліду;
- формулювання висновків.

Навчально-методичні рекомендації допоможуть студентам – майбутнім вчителям, викладачам фізики і природничих наук оволодіти методами лабораторного експериментування, навичками роботи з фізичними приладами і устаткуванням, умінням творчо застосовувати теоретичні знання на практиці та розвивати власні конструкторські здібності, вміннями виконувати, організовувати й управляти виконанням всіх видів фізичного експерименту, створювати проблемні ситуації на основі експерименту, використовувати у професійній діяльності основні закони природничо-наукових дисциплін.

Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу «Методика навчання фізики» складені відповідно до навчальної програми спеціальності 014.08 Середня освіта. Фізика (та астрономія).

Розділ І. Зміст та завдання до лабораторних робіт

Лабораторна робота № 1. Основні поняття кінематики.

Тема роботи: Основні поняття кінематики.

Мета роботи: навчитися готувати та проводити демонстраційні експерименти із заданої теми і використовувати їх під час пояснення матеріалу.

Контрольні запитання:

1. Які поняття кінематики ви знаєте?
2. Дайте означення шляху, траєкторії, переміщення, швидкості, прискорення.
3. Які з цих понять вводяться в основній школі?
4. Яка залежність проєкції переміщення, швидкості, прискорення від часу при рівноприскореному прямолінійному русі?
5. Поясніть фізичну суть поняття «миттєва швидкість».
6. Як розв'язується головна задача кінематики для:
 - рівномірного прямолінійного руху
 - рівноприскореного прямолінійного руху;
 - руху тіла по колу з постійною швидкістю?

Примітка: Першими дослідями з кінематики у 10 класі є демонстрації відносності спокою та руху, прямолінійного рівномірного руху. Ці досліді демонструються також в 7 класі та вивчаються в темі «Рух та сили». В 10 класі їх необхідно повторити без особливих змін.

Хід роботи.

Завдання 1. Продемонструвати прямолінійний рівномірний рух

Завдання 2. Продемонструвати відносність спокою та руху.

- 1) з тягарцями.
- 2) без спеціального обладнання.
- 3) з платформою і візком.

Завдання 3. Продемонструвати складання переміщень:

- 1) за допомогою дошки на роliках та візка.
- 2) за допомогою тягарця чи кульки на нитці
- 3) за допомогою диска.
- 4) за допомогою трубки з бульбашкою повітря.

Завдання 4. Продемонструвати запис рівноприскореного руху і введення поняття миттєвої швидкості.

Завдання 5. Продемонструвати падіння тіл у повітрі та в розрідженому просторі.

Завдання 6. Продемонструвати падіння крапель при стробоскопічному освітленні.

Лабораторна робота № 2. Закони руху Ньютона. Сили у природі.

Тема роботи: Закони руху Ньютона. Сили у природі.

Мета роботи: навчитися готувати і проводити демонстрації з механіки в 10 класі.

Контрольні запитання:

1. За яких умов тіло рухається рівномірно?
2. За яких умов виникає криволінійний рух?
3. За яких умов тіло рухається рівномірно по колу?
4. Які сили діють на тіло, яке рівномірно рухається по колу?
5. Що таке доцентрове прискорення?
6. Які сили приводять до виникнення доцентрового прискорення?
7. Як пояснити дію відцентрових механізмів?
8. Який рух називається обертовим ?
9. Як вводять поняття маси у 10 класі? Дайте означення маси.
10. Які види сил вивчаються у 10 і 7 класах?
11. Що називається вагою тіла?
12. За яких умов змінюється вага тіла?
13. Що таке невагомість?
14. За яких умов виникає збільшення ваги тіла?
15. Сформулюйте і поясніть закони динаміки.
16. Яка природа сил пружності?
17. Яка природа сил тертя?

Примітка: Всі демонстрації, що рекомендуються до виконання, не потребують високого рівня технологічного оснащення, але вони дуже складні для пояснення, тому необхідно звернути на це особливу увагу.

Хід роботи.

Завдання 1. Продемонструвати рух тіла, кинутого під кутом до горизонту:

- 1) за допомогою водяного струменя;
- 2) за допомогою водяного пістолету.

Завдання 2. Продемонструвати рівномірний рух бульбашки у трубці з рідиною.

Завдання 3. Познайтись з набором «Обертальний диск».

Розглянути призначення кожної деталі. Підготувати диск до роботи.

Завдання 4. Продемонструвати виникнення сили, під дією якої виникає доцентрове прискорення.

Завдання 5. Виміряти кутову швидкість тахометром.

Література: Б. Ю. Миргородський. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Завдання 1, 2. ст. 108.

Завдання 6. Продемонструвати залежність сили, під дією якої виникає доцентрове прискорення, від маси тіла, швидкості обертання.

Література: Б. Ю. Миргородський. Завдання 2, ст. 108-109.

Завдання 7. Продемонструвати дію відцентрового механізму.

Завдання 8. Познайтись, не виконуючи, з технікою та методикою демонстраційного експерименту з теми «Динаміка обертального руху твердого тіла», що вивчається в класах з поглибленим вивченням фізики.

Дослід 1. Залежність кутового прискорення від моменту сили і моменту інерції.

Дослід 2. Явище Коріоліса.

Дослід 3. Маятник Фуко.

Дослід 4. Прецесія гіроскопа.

Завдання 9. Продемонструвати явище інерції

Завдання 10. Продемонструвати обривання верхньої та нижньої ниток від підвішеного важкого тягача (інертність тіла).

Завдання 11. Продемонструвати рівність відношення прискорень двох взаємодіючих візків до оберненого відношення їх мас.

Завдання 12. Продемонструвати зміну ваги тіла при прискореному падінні та підніманні.

Лабораторна робота № 3. Елементи статики

Тема роботи: Елементи статики

Мета роботи: оволодіти демонстраційним експериментом з теми, вивчити демонстраційний комплект Б. С. Зворикіна та інші.

Контрольні запитання:

1. Коли тіло перебуває в стані рівноваги?
2. Що таке момент сили?
3. Як формулюється правило моментів?
4. Поясніть, при яких умовах важіль перебуватиме в стані рівноваги?
5. Що таке центр ваги тіла?
6. Які види рівноваги ви знаєте?
7. Де в курсі фізики 7 класу вивчають елементи статики?
8. В якому обсязі вони вивчаються?

Примітка: Донедавна порівняно прості демонстрації зі статики виконувалися на простих установках, але їх постановка значно покращилася після випуску спеціального демонстраційного набору зі статики з магнітними утримувачами конструкції Б.С. Зворикіна. Комплекти пристрою спрощує демонстрацію більшості дослідів зі статики.

Хід роботи.

Завдання 1. Ознайомитися з набором зі статики Б. С. Зворикіна. Розгляньте будову щита, динамометрів, утримувачів, блоків, трикутника, магнітної «мітки». Підготуйте прилад до роботи.

Завдання 2. Продемонструвати складання сил, спрямованих під кутом.

- 1) використати набір з магнітними утримувачами.
- 2) використати динамометри з круглими циферблатами.

Завдання 3. Продемонструвати залежність величини і напрямку рівнодійної сили від кута між складовими сили.

Завдання 4. Продемонструвати розкладання сили тяжіння на похилій площині за допомогою двох динамометрів з круглими циферблатами (сплануйте дослід самостійно). Порівняйте покази динамометрів з результатами, одержаними графічно.

Завдання 5. Продемонструвати правило моментів.

Завдання 6. Продемонструвати складання паралельних сил.

Завдання 7. Продемонструвати види рівноваги тіл.

Завдання 8. Продемонструвати залежність стійкості тіл від площі опори і положення центра ваги.

Завдання 9. Виконати фронтальну лабораторну роботу «Виявлення умов рівноваги важеля».

Завдання 10. Виконати фронтальну лабораторну роботу «Визначення центру ваги плоских фігур».

Лабораторна робота № 4. Робота і енергія. Закон збереження енергії.

Тема роботи: Робота і енергія. Закон збереження енергії.

Мета роботи: оволодіти демонстраційним експериментом з теми і навчитися використовувати його при поясненні матеріалу.

Контрольні запитання:

1. Що таке енергія?
2. Які види енергії ви знаєте?
3. Який вид енергії називається кінетичною?
4. Який вид енергії називається потенціальною?
5. Що таке механічна робота?
6. Який фізичний зміст мають поняття енергії і роботи?
7. Що таке ККД механізму?
8. Який тиск діє всередині потоку?
9. В результаті чого виникає підймальна сила, що діє на крила літака?

Хід роботи.

Завдання 1. Визначити роботу під час підйому вантажу і переміщенні його по горизонтальній площині на однакову відстань.

Завдання 2. Продемонструвати рівність робіт на важелі.

Завдання 3. Продемонструвати потенційну енергію деформованої пружини.

Завдання 4. Продемонструвати перехід потенційної енергії в кінетичну і навпаки.

Завдання 5. Показати, що величина зміни енергії тіла дорівнює виконаній роботі.

Завдання 6. Продемонструвати розподіл тиску рухомої рідини в трубі постійного перерізу.

Завдання 7. Продемонструвати тиск рідини, яка протікає по трубі змінного перерізу.

Завдання 8. Продемонструвати підймальну силу крила літака.

Завдання 9. Виконати фронтальну лабораторну роботу «Вивчення закону збереження механічної енергії».

Лабораторна робота № 5. Механічні коливання. Механічні хвилі. Звук.

Тема роботи: Механічні коливання. Механічні хвилі. Звук.

Мета роботи: Навчитися готувати і проводити демонстраційні експерименти з даної теми.

Контрольні запитання:

1. Який рух називається коливальним?
2. Які коливання називаються гармонічними?
3. Що таке зміщення, амплітуда, частота, період і фаза?
4. Що таке математичний маятник?
5. Що таке фізичний маятник?
6. Порівняйте закони коливань математичного та фізичного маятників.
7. Що таке механічний резонанс?
8. Які коливання називаються звуковими?
9. Дайте визначення поперечним та поздовжнім хвилям.
10. В чому полягає зміст принципу Гюйгенса?
11. Сформулюйте та поясніть закон відбивання хвиль.
12. Як утворюється стояча хвиля?
13. Від чого залежить швидкість розповсюдження хвиль?
14. Що представляють собою вузли і пучності стоячої хвилі?
15. В чому полягає явище інтерференції хвиль?
16. Що таке ультразвук?

Примітка: Під час проведення деяких демонстрацій використовуються саморобні прилади. Перш ніж приступити до роботи, необхідно познайомитися з їх використанням.

Серед простіших універсальних приладів, призначених для демонстрації хвильових процесів, найбільше поширення отримали хвильова машина і хвильова ванна.

Перед тим як приступити до роботи, необхідно познайомитися з інструкціями до цих приладів.

Хід роботи.

Завдання 1. Підготувати і провести демонстрацію вільних коливань:

- а) за допомогою математичного маятника;
- б) за допомогою вантажу на пружині.

Для забезпечення наочності та виразності дослідів, кульку моделі математичного маятника необхідно прикріпити на не скрученій нитці, щоб запобігти її обертання навколо власної осі. Краще використовувати біфілярну підвіску, яка забезпечує стабільність площини коливань. Площина коливань повинна бути нормальною по відношенню до напрямку спостереження.

Завдання 2. Підготувати і провести демонстрацію запису коливального руху.

Завдання 3. Провести демонстрацію залежності періоду коливань пружини від жорсткості пружини і маси вантажу.

Завдання 4. Підготувати і провести явище механічного резонансу:

- а) на маятниках;
- б) на камертонах.

Примітка: При демонстрації резонансу камертонів використати лише 2 однакових камертони

Завдання 5. Провести демонстрацію зв'язку гармонічних коливань з рівномірним рухом по колу.

Завдання 6. Продемонструвати утворення і поширення поперечних і поздовжніх хвиль

Завдання 7. Вивчити (за інструкцією) прилади: ГЗШ, осцилограф, мікрофон.

Завдання 8. Підготувати і провести демонстрацію вивчення основних характеристик звуку: висота звуку, гучність.

Завдання 9. Виконати фронтальну лабораторну роботу: «Визначення прискорення вільного падіння за допомогою маятника».

Лабораторна робота № 6 . Основні положення молекулярно-кінетичної теорії. Основи термодинаміки. Властивості рідин та твердих тіл.

Тема роботи: Основні положення молекулярно-кінетичної теорії. Основи термодинаміки. Властивості рідин та твердих тіл.

Мета роботи: Підготувати і провести демонстраційний експеримент з даної теми.

Контрольні запитання:

1. На основі якої рівності утворюється рівняння стану ідеального газу?
2. Поясніть фізичну сутність рівняння Менделєєва-Клапейрона.
3. Написати і пояснити рівняння ізопроеесів в газах, накреслити графіки.
4. Що таке кількість речовини? В яких одиницях вона вимірюється?
5. За допомогою яких експериментальних методів були визначені розміри молекул?
6. Що таке атомна одиниця маси і чому вона дорівнює?
7. Які експериментальні факти слугують обґрунтуванням молекулярно-кінетичної теорії?
8. Як пояснює молекулярно-кінетична теорія властивості речовини у твердому, рідкому і газоподібному станах?

Хід роботи.

Завдання 1. Продемонструвати модель тиску газу.

Завдання 2. Продемонструвати залежність між об'ємом, тиском і температурою газу.

Завдання 3. Продемонструвати закон Бойля-Маріотта.

Завдання 4. Продемонструвати закон Гей-Люссака.

Завдання 5. Продемонструвати повітряне огниво.

Завдання 6. Підготувати і провести демонстрацію моделі досліду Штерна.

Завдання 7. Продемонструвати критичний стан речовини.

Завдання 8. Продемонструвати різні види пружних деформацій.

Завдання 9. Підготувати і провести демонстрацію сили поверхневого натягу мильної плівки, отриманої на рамці.

Завдання 10. Продемонструвати пружну і залишкову деформацію.

Завдання 11. Продемонструвати процес розриву стержня з допомогою гідравлічного пресу.

Лабораторна робота № 7. Електричне поле

Тема роботи: Електричне поле

Мета роботи: Підготувати і провести демонстраційний експеримент з теми.

Контрольні запитання:

1. Як пояснюється електризація тіл під час дотику?
2. Які досліди доводять існування двох видів електричного заряду?
3. Який принцип дії електрометра?
4. Як формулюється закон збереження електричного заряду?
5. Чим відрізняється закон Кулона від закону всесвітнього тяжіння?
6. У чому полягає принцип суперпозиції?
7. Що називається лінією напруженості електричного поля?
8. Чому дорівнює робота електричного поля точкового заряду під час переміщення пробного заряду із однієї точки поля в іншу?
9. Що таке екіпотенціальна поверхня?
10. Що називається електроємністю конденсатора?

Хід роботи.

Завдання 1. Підготувати і провести демонстрацію електризації діелектриків і провідників.

Завдання 2. Продемонструвати одночасне виникнення різнойменних і рівних по величині зарядів при електризації.

Завдання 3. Підготувати і провести демонстрацію моделі закону Кулона.

Завдання 4, 5. Підготувати і провести демонстрацію електричного поля двох однойменно заряджених кульок та поля двох різнойменно заряджених кульок.

Завдання 6, 7. Продемонструвати залежність ємності плоского конденсатора від площі пластин, відстані між ними, діелектрика, а також принцип дії конденсаторів сталої та змінної ємностей.

Завдання 8. Підготувати і провести демонстрацію досліду «Енергія електричного поля зарядженого конденсатора».

Завдання 9. Підготувати і пояснити демонстрацію залежності енергії конденсатора від його ємності та різниці потенціалів.

Лабораторна робота № 8. Постійний струм в металах, вакуумі і напівпровідниках

Тема роботи: Постійний струм в металах, вакуумі і напівпровідниках.

Мета роботи: Навчитись готувати і проводити демонстраційний експеримент з теми.

Контрольні запитання:

1. У чому полягали досліди Р. Толмена і Т. Стюарта?
2. Як рухаються електрони провідності у металевому провіднику?
3. Яка причина залежності опору провідника від температури?
4. Що таке явище надпровідності?
5. Чи можна створити струм у вакуумі?
6. Яка будова електронно-променевої трубки?
7. Який тип зв'язку існує між атомами у напівпровідниках?
8. Що таке донорні та акцепторні домішки?
9. Як змінюється питомий електричний опір напівпровідників під час нагрівання та освітлення?
10. Що таке р-п перехід?

Хід роботи.

Завдання 1. Підготувати і провести демонстрацію явища термоелектронної емісії.

Завдання 2. Підготувати і провести демонстрацію закону Ома для повного кола.

Завдання 3. Підготувати і провести демонстрацію залежності опору металу від температури.

Завдання 4. Підготувати і провести демонстрацію залежності електропровідності напівпровідників від температури.

Завдання 5. Підготувати і провести демонстрацію дії фотореле, зробленого на фотоопорі.

Завдання 6. Підготувати і продемонструвати електронно-діркові переходи транзистора.

Завдання 7. Підготувати і провести демонстрацію дії підсилювача постійного струму на транзисторі.

Лабораторна робота № 9. Постійний струм в електролітах і газах

Тема роботи: Постійний струм в електролітах і газах.

Мета роботи: Навчитися готувати і проводити демонстраційний експеримент з тем.

Контрольні запитання:

1. Що таке електроліт?
2. Сформулюйте закон Фарадея.
3. Що таке гальваностегія, гальванопластика?
4. Чим відрізняється самостійний електричний розряд у газі від несамо-стійного розряду?
5. Який механізм розвитку самостійного електричного розряду?
6. Які характерні ознаки дугового електричного розряду?
7. За яких умов виникає коронний розряд?

Хід роботи.

Завдання 1. Підготувати і провести дослід порівняння електропровідності води, розчину солі та кислоти.

Завдання 2. Підготувати і провести демонстрацію електролізу розчину мідного купоросу.

Завдання 3. Підготувати і продемонструвати іонізацію газів.

Завдання 4. Підготувати і провести демонстрацію іскрового розряду та іскрової обробки металів.

Завдання 5. Прогоніструвати дуговий розряд і принцип електрозварювання.

Завдання 6. Підготувати і провести демонстрацію самостійного розряду в повітрі при зниженому тиску з допомогою розрядної трубки.

Лабораторна робота №10. Магнітне поле

Тема роботи: Магнітне поле

Мета роботи: Навчитися готувати і проводити демонстраційний експеримент з теми.

Контрольні запитання:

1. Як взаємодіють між собою паралельні провідники із струмом?
2. У чому полягала гіпотеза Ампера?
3. Як визначають напрям вектора магнітної індукції?

4. За яким правилом визначають напрям дії сили Ампера?
5. В яких одиницях вимірюється величина магнітного потоку?
6. Чому дорівнює модуль сили, що діє з боку магнітного поля на рухо- му заряджену частинку?
7. По якій траєкторії рухається заряджена частинка в однорідному ма- гнітному полі?
8. Який принцип дії циклотрона?
9. Для чого використовується магнітне поле в установках для отри- мання високотемпературної плазми?
10. Які речовини називаються феромагнетиками? Парамагнетиками? Діамагнетиками?
11. Яка будова електровимірювального приладу магнітоелектричної системи? Електродинамічної системи? Електростатичної системи?

Хід роботи.

- Завдання 1.** Підготувати і провести демонстрацію дії магнітного поля на провідник із струмом.
- Завдання 2.** Підготувати і провести демонстрацію взаємодії паралель- них струмів.
- Завдання 3.** Підготувати і провести демонстрацію орієнтуючої дії магнітного поля на контур із струмом.
- Завдання 4.** Підготувати і провести демонстрацію спектрів магнітних полів.
- Завдання 5.** Підготувати і провести демонстрацію дії магнітного поля на рухомий заряд.
- Завдання 6.** Підготувати і провести демонстрацію магнітних власти- востей речовини.
- Завдання 7.** Підготувати і провести демонстрацію розмагнічування під час нагрівання.
- Завдання 8.** Підготувати і провести демонстрацію ефекту Баркгаузе- на.
- Завдання 9.** Підготувати і провести демонстрацію магнітного захисту.

Розділ II. Методичні матеріали для виконання лабораторних робіт

Фізичний експеримент з теми «Основні поняття кінематики».

Дослід 1: Рівномірний прямолінійний рух.

Обладнання: Прилад з кінематики та динаміки із записуючим пристроєм, циркуль-вимірювач демонстраційний.

Дослід ілюструє рівномірний рух, при якому тіло за будь-які рівні проміжки часу здійснює однакові переміщення.

Приладом для проведення дослідів є рейковий шлях з візком, на якому встановлена крапельниця зі сумішшю води та чорнила. Поряд із рейками розміщена лінійка зі смужкою паперу, на кінцях якої встановлені ванночки для вловлювання крапель на початку та наприкінці руху візка.

Перед дослідом лівий кінець рейкового шляху підіймають за допомогою спеціального гвинта так, щоб після декількох спроб складова сили тяжіння, що діє на візок у напрямку руху, урівноважувала силу тертя. За такої умови візок, встановлений на початку шляху, після невеликого поштовху рухатиметься рівномірно.

У цьому досліді для розгону візка замість підштовхування рукою краще використати невеликий нахил.

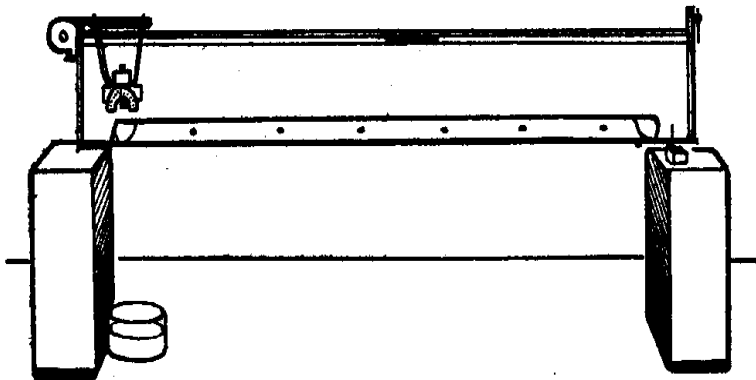


Рис.1. Установка для запису рівномірного прямолінійного руху.

Коли прилад підготовлений, візок з крапельницею встановлюють у вихідне положення і трохи відчиняють кран крапельниці, домагаючись падіння крапель з інтервалом у $\frac{1}{2}$ с. З'їхавши з лотка, візок рухається рівномірно, залишаючи на смужці паперу краплі чорнила. Після запису руху за допомогою циркуля-вимірювача на смужці показують спочатку рівність переміщень візка за кожні $\frac{1}{2}$ с, а потім за кожну секунду, дві і т.ін.

Дослід 2: Відносність спокою і руху.

Обладнання: універсальний штатив, блок на стержні, набір вантажів з двома гачками, шнур, тонка дротина, візок, платформа на роликах.

а) з вантажами.

На стержні універсального штатива, згвинченого з двох половин, закріплюють за допомогою муфти блок, крізь який перекидають шнур. До кінців шнура прикріплюють по два стограмові вантажі. З одного боку до гачка нижнього вантажу підвішують вантаж вагою 10-20 г. Унаслідок цього вся система починає рухатись. Пояснюють, що:

- 1) усі вантажі рухаються відносно штатива та оточуючих тіл;
- 2) вантажі, підвішені праворуч, рухаються відносно вантажів, підвішених ліворуч;
- 3) два вантажі і додаток, які рухаються вниз, перебувають у стані спокою відносно один одного;
- 4) два вантажі, які рухаються вгору, теж перебувають у стані спокою відносно один одного.

Вводять поняття про тіло відліку і визначають положення досліджуваних тіл, якщо за тіло відліку взяти одне з них. Наприклад, якщо за тіло відліку взяти штатив, то всі вантажі і додаток рухаються, а демонстраційний стіл та інші тіла, що стоять на ньому, будуть перебувати в стані спокою. Якщо за тіло відліку взяти один з вантажів, що рухаються вниз, то інший вантаж, який теж опускається, і додаток перебувають у стані спокою, а два інші вантажі, які піднімаються вгору, і штатив рухаються.

б) без спеціального обладнання.

Обладнання: дві книги, шматочок крейди, олівець.

Цей дослід дає можливість продемонструвати відносність руху без спеціального обладнання.

Кладуть книги одна на одну, а на них крейду та олівець. Беруть книги в руку так, щоб їхні площини були горизонтальними, і йдуть з ними по кабінету.

Пояснюють учням, що:

1) якщо за тіло відліку взяти демонстраційний стіл, то дослідник, книги, олівець і крейда рухаються;

2) якщо за тіло відліку взяти дослідника, то рухається стіл, а все інше перебуває в стані спокою;

3) якщо за тіло відліку взяти одну з книг, то інша книга, олівець, крейда і дослідник перебувають у стані спокою, а рухається демонстраційний стіл.

Можна навести такі приклади, коли за тіло відліку беруть олівець, крейду та інші тіла в кабінеті.

в) з платформою і візком.

Обладнання: платформа на колесах, візок, штатив, блок на стержні, нитки.

На краю демонстраційного стола ставлять штатив, а біля нього – пересувну платформу з візком на ній. У муфті штатива закріплюють стержень блока так, щоб блок був за краєм демонстраційного столу. Використовуючи цей прилад, показують три досліди:

1. Переміщують платформу, причому візок повинен залишатись нерухомим відносно неї. Розглядають три тіла: штатив, платформу, візок, і визначають положення двох із них, взявши третє за тіло відліку (рис. 2.а).

2. Прив'язують ниткою візок до штатива, причому візок повинен стояти на краю платформи найбільш віддаленому від штатива. Переміщують платформу, віддаляючи її від штатива, причому візок залишається нерухомим відносно штатива, але зміщується відносно платформи. Беруть по черзі штатив, платформу і візок за тіло відліку й визначають відносно нього положення двох інших тіл (рис. 2.б).

3. До візка, розташованого на найбільш віддаленому від штатива кінці платформи, прив'язують міцну нитку, яку перекидають через блок. До нитки прикріплюють вантаж. Вагу вантажу підбирають так, щоб візок рухався з деяким прискоренням. Одночасно з рухом візка рухають рукою платформу і визначають положення двох тіл, вибравши третє тіло за нерухоме тіло відліку (рис.2.в).

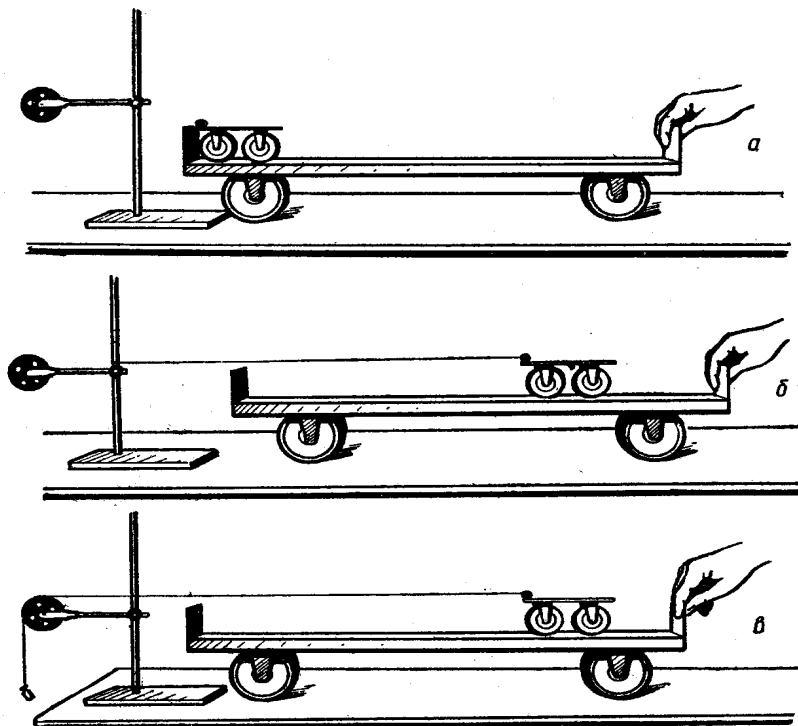


Рис. 2. Рух платформи з рухомим відносно неї візком відносно стола і штатива.

Дослід 3: Додавання переміщень.

Обладнання: дошка на чотирьох роликах, візок, вказівники, універсальний штатив, вантаж з ниткою, диск для дослідів з обертального руху.

а) за допомогою дошки на роликах і візка.

На дошці, що розміщена вздовж демонстраційного столу, встановлюють візок. На столі, дошці та візку встановлюють вказівники так, щоб вони були один проти одного (рис.3.а). Перемістивши одночасно дошку по столу і візок по дошці в один бік, показують, користуючись вказівниками, переміщення візка відносно дошки і дошки відносно столу (рис. 3.б). Переміщення візка відносно столу дорівнює за величиною відстані між вказівниками, розташованими на столі та візку.

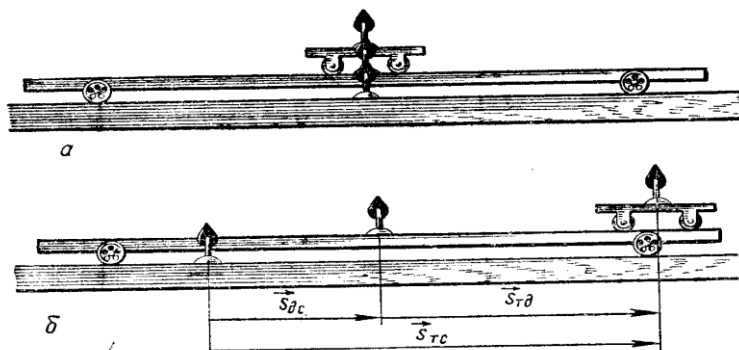


Рис.3. Додавання переміщень, направлених в одному напрямку.

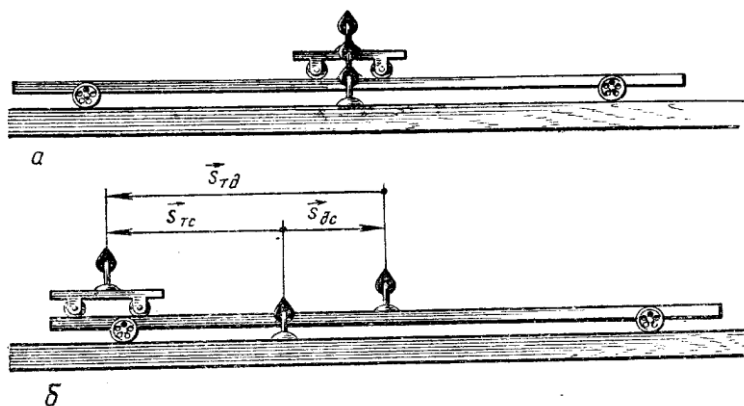


Рис.4. Додавання переміщень, направлених в протилежних напрямках.

Для демонстрації додавання переміщень, направлених у протилежні боки, використовують той самий прилад, але дошку і візок рухають у протилежні боки із різною швидкістю. Потім вимірюють переміщення візка відносно дошки та дошки відносно столу (рис.4.). Показують, що переміщення візка відносно столу направлено у бік більшого переміщення та дорівнює різниці чисельних значень переміщень складових рухів.

б) за допомогою вантажу.

Прилад для демонстрації двох переміщень, направлених під кутом, зображений на рисунку 5.

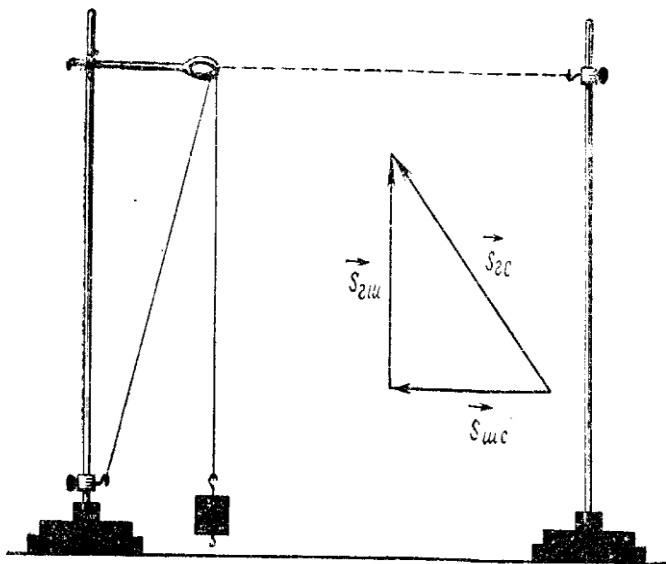


Рис.5. Додавання переміщень, направлених під кутом один до одного.

Спочатку показують рух штатива з вантажем паралельно площині столу ($s_{шт}$). Для цього закріплюють нитку за гачок біля основи штатива і рухають штатив із вантажем ліворуч уздовж столу. Потім повертають штатив у вихідне положення і, підтягуючи нитку, показують рух вантажу відносно штативу ($s_{шт}$).

Для демонстрації сумарного переміщення нитку закріплюють за гачок другого штатива і знов рухають штатив із вантажем ліворуч уздовж столу. Переміщуючись разом з штативом і одночасно рухаючись угору, вантаж здійснює переміщення по прямій з нахилом ($s_{гс}$). Після цього переміщення, що спостерігаються, зображують на дошці у вигляді векторного трикутника.

в) за допомогою диска.

Звертають увагу учнів на те, що не тільки переміщення і швидкість відносні. Відносна й траєкторія руху. Щоб показати це, у руку беруть вісь диска, встановлюють його паралельно площині класної дошки так, щоб було зручно котити його по лотку дошки. Потім притискають рукою до краю диска шматок крейди та котять диск по лотку (рис.6). Учні впевнюються, що траєкторія руху крейди відносно диску – коло, а відносно дошки – циклоїда.

Другий варіант досліду: диск закріплюють у вертикальній площині на штативі. До осі диску приєднують рійку і, розкрутивши диск, проводять по його поверхні вздовж рійки шматочком крейди. На диску вимальовується спіраль (рис.7.). У цьому досліді траєкторія руху крейди відносно рійки – вертикальний відрізок прямої, а відносно диска – спіраль.

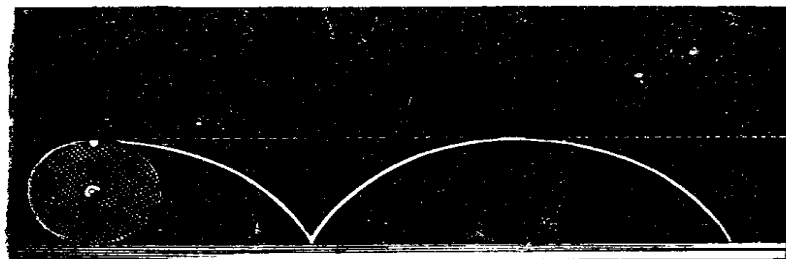


Рис.6. Відносність траєкторії.

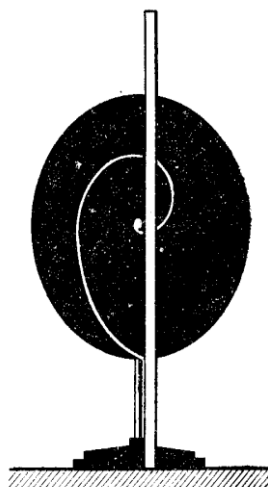


Рис.7. Відносність траєкторії.

г) за допомогою трубки з бульбашкою повітря.

Візьміть скляну трубку довжиною 1 м., запаяну з одного боку. Заповніть її фарбованою водою і закрийте так, щоб у трубці залишилася

бульбашка повітря. Якщо тепер перевернути трубку, то бульбашка повітря в ній буде рівномірно підніматися вгору.

На класній дошці проведіть вертикальну лінію, рівну довжині трубки.

Переверніть трубку і виміряйте час руху бульбашки повітря. Потім за такий самий проміжок часу переміщуйте рівномірно трубку зліва направо в площині дошки так, щоб трубка залишалась паралельною заздалегідь проведеній лінії. Проведіть лінію вздовж трубки в кінці її руху і докресліть малюнок до паралелограма. Проведіть в одержаному паралелограмі діагональ з нижнього лівого у верхній правий кут.

Покажіть, що, якщо рух бульбашки повітря і трубки відбувається одночасно, то результуюче переміщення бульбашки відносно дошки буде відбуватись по діагоналі паралелограма, побудованого на переміщеннях, які додаються.

Дослід 4. Запис рівноприскореного руху і введення поняття миттєвої швидкості.

Обладнання: прилад з кінематики і динаміки з крапельним запи-суючим пристроєм.

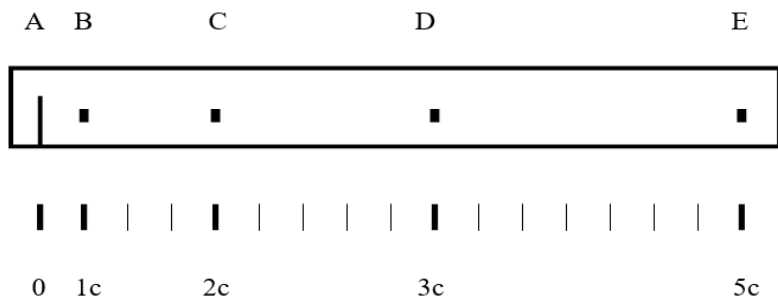


Рис.8. Зразок запису рівноприскореного руху.

Для визначення миттєвої швидкості в різні моменти часу треба користуватись записом рівноприскореного руху, виконаного тим чи іншим методом, наприклад, за допомогою крапельниці.

Установка для проведення цього дослідів відрізняється від установки, що описана в досліді 1, лише значно більшим кутом нахилу рейкового шляху. Цей нахил треба підібрати так, щоб візок з крапельницею, притиснений до гумових упорів біля лівого кінця рейкового шляху, при відпусканні починав рухатись рівноприскорено і весь шлях проходив, наприклад, за 5 секунд.

Крапельницю ставлять на візок над задньою віссю і роблять на смужці паперу олівцем початкову відмітку. На відмічене місце ставлять стакан, і у крапельниці відкривають кран, домагаючись падіння крапель з проміжком часу приблизно в 1 секунду. Зсунувши стакан трохи вліво, щоб краплі падали в стакан біля самого краю, злегка при-
давлюють візок до гумового упору і відпускають його в момент падіння краплі (гумовий упор задає початковий поштовх, який допомагає подолати тертя спокою візка).

На рисунку 8 зображений приблизний зразок запису, що отримується. Смугу із записом прикріплюють до верхнього краю класної дошки, а на дошці під слідами крапель підписують числа, що відповідають моментам часу падіння крапель. Потім ділять проміжки між краплями на відрізки, приблизно рівні першому проміжку, і звертають увагу учнів, що переміщення, отримані за рівні проміжки часу, пропорційні ряду непарних чисел 1: 3: 5: 7: 9. Довжину одного відрізка далі можна буде прийняти за одиницю.

Зроблений запис дозволяє визначити миттєву швидкість візка в будь-якій з відмічених точок. Наприклад, швидкість в точці С. Для цього спочатку визначають середню швидкість на ділянках СГ, СЕ, СД, поступово наближаючи кінець ділянки до точки С.

$$v_{cg}=21/3=7(\text{од/с}); v_{ce}=12/2=6(\text{од/с}); v_{cd}=5/1=5(\text{од/с})$$

Графік залежності середньої швидкості від величини проміжку часу, побудований за отриманими даними, зображеним на рисунку 9. Графік показує, що середня швидкість пропорційна взятому проміжку часу. Продовжуючи графік до перетину його з віссю ординат, знаходять миттєву швидкість в точці С як границю, до якої прямує середня швидкість на ділянці СД при наближенні кінця ділянки до точки С: $v_c=4(\text{ед/с})$.

Подібним способом можна знайти миттєву швидкість в інших точках,

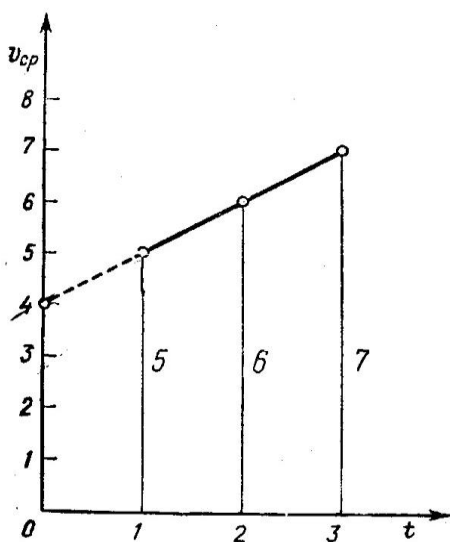


Рис.9. Графік залежності швидкості

однак для цього краще використати відому формулу:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_t + v_b}{2}$$

Наприклад:

$$v_{cd} = \frac{v_d + v_c}{2}; v_d = 2v_{cd} - v_c; v_d = 2 \cdot 5 - 4 = 6 \text{ (од/с)}$$

Таким чином можна знайти:

$$v_a = 0; v_b = 2 \text{ (од/с)}; v_c = 4 \text{ (од/с)}; v_d = 6 \text{ (од/с)}; v_e = 8 \text{ (од/с)}.$$

Далі завершують обробку запису визначенням прискорення руху.

Дослід 5. Падіння тіл в повітрі і розрідженому просторі.

Обладнання: диски металевий та паперовий, дві кульки однакового розміру, але різної маси, трубка Ньютона, вакуумний насос, вакуумметр.

а) беруть в одну руку металевий диск, а в іншу – паперовий, і одночасно їх відпускають. Після того, як металевий диск торкнеться столу, паперовий ще продовжує падати і торкається столу з великим запізненням.

Потім на руку горизонтально кладуть металевий диск і накладають на нього паперовий, та відпускають їх. Вони, зберігаючи горизонтальне положення, падають на стіл одночасно. Цей дослід показує, що причиною неодноразовості падіння тіл є опір повітря. Достатньо його усунути, і легкий паперовий диск падає так само, як і металевий, для котрого опір повітря малий у порівнянні з силою тяжіння.

Металевий диск – діаметр 6-10 см., можна вирізати з будь-якого металу. Діаметр паперового диска на 1-2 мм. менше.

б) у трубці Ньютона відчиняють кран і, тримаючи її у вертикальному положенні краном вгору, звертають увагу учнів на пташине пір'я, корок, шматочок свинцю, що лежать на дні приладу.

При швидкому перевертанні трубки краном вниз (це треба зробити 2-3 рази) чуємо удар свинцевого шматочка, потім видно, як падає корок і повільно опускається пір'я.

Далі з'єднують товстостінним гумовим шлангом вакуумний насос і вакуумметр, а вакуумметр з трубкою Ньютона і відкачують повітря. Коли стрілка вакуумметра не буде більше переміщуватись, кран трубки Ньютона зачиняють.

Знявши гумовий шланг, знов перевертають трубку 2-3 рази. Учні чують стук свинця і спостерігають одночасне падіння пір'я і корка.

в) дві кульки однакового розміру, але різної маси беруть в одну руку і одночасно відпускають. Кульки падають і удари їх об підлогу чутні одночасно.

Аналогічний дослід проводив Галілей, кидаючи кулі з похилої вежі. Цей дослід показує, що ,якщо опір повітря невеликий у порівнянні з силою тяжіння, то всі тіла, незалежно від їх маси, падають з однаковим прискоренням.

Дослід 6. Падіння крапель, яке спостерігається при стробоскопічному освітленні.

Обладнання: стробоскоп електричний, склянка з тубусом знизу, кран з кінцевником, кристалізатор, штатив універсальний, підйомний столик.

На штативі (як можна вище) закріплюють склянку з водою, що має тубус і кран знизу. Діаметр отвору крана не повинен бути більше 1-2 мм; інакше до крана треба приєднати кінцевик від глазної піпетки. Відстань від кінцевника до стоячого під ним кристалізатора – біля 50 см.

Для освітлення крапель електронний стробоскоп встановлюють на підйомному столику позаду, налаштувавши його на частоту 10 спалахів на секунду. При такій частоті установка дає найкращий ефект, так як дозволяє спостерігати тільки три краплі, які здаються нерухомо висячими в повітрі. Відстань між краплями (починаючи від крана) приблизно 5, 15, 25 см.

Щоб світло стробоскопу не заважало спостеріганню, до штатива притуляють прямокутний шматок картону на відстані 3-4 см від падаючих крапель.

Встановивши вказану вище частоту спалахів, відкривають кран, домагаючись «нерухомості» крапель, а ще краще повільного руху їх вгору або вниз. Коли краплі повільно рухаються вгору, і настає момент, коли верхня крапля ніби дістає до крана, особливо ясно видно, що відстань між краплями пропорційна числам 1: 3: 5.

Перед дослідом кран повинен бути змазаний і мати абсолютно повільний хід, інакше отримати очікуваний ефект важко. Регулювати рух крапель можна зміною частоти спалахів стробоскопу. Однак при цьому буде змінюватись не тільки напрям руху крапель, але і відстань між краплями.

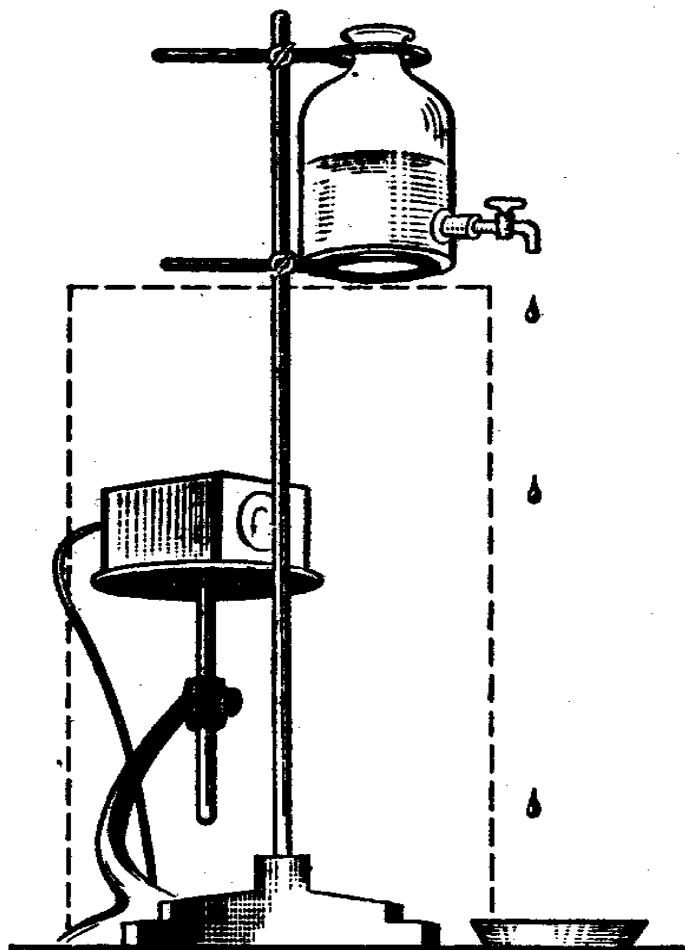


Рис.10. Установка для спостереження падіння крапель при стробоскопічному освітленні.

Фізичний експеримент з теми «Закони руху Ньютона. Сили в природі».

Дослід 1. Рух тіла кинутого під кутом до горизонту.

а) з допомогою водяного струменя.

Обладнання: метр демонстраційний, циркуль-вимірювач демонстраційний, бачок водонапірний із гумовою трубкою і наконечником, столик підйомний, штатив універсальний, кювета для дослідів з водою.

Прилад для проведення дослідів зображений на рисунку 1: на початку демонстрації струмінь спрямовують горизонтально, далі поступово збільшують кут нахилу до горизонту від 0° до 90° .

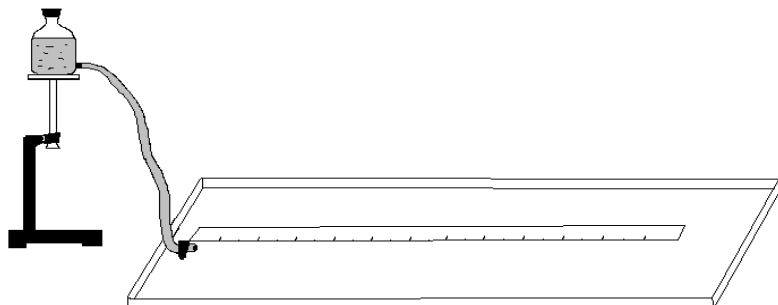


Рис. 1. Демонстрація залежності дальності польоту та висоти піднімання тіла від кута кидання.

Звертають увагу на те, що при збільшенні кута дальність польоту струменю спочатку збільшується, а потім починає зменшуватись, і при куті 90° дорівнює 0.

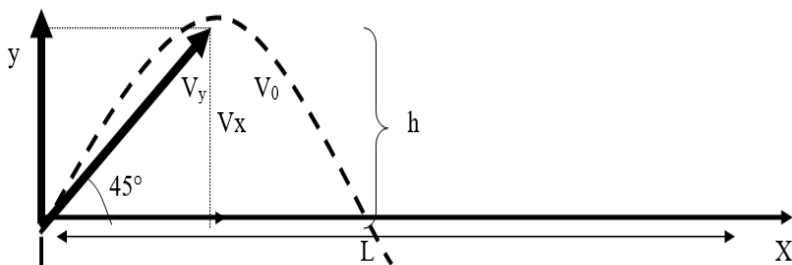


Рис.2. Траєкторія руху тіла, кинутого під кутом 45° до горизонту.

б) за допомогою водяного пістолета.

Обладнання: балістичний пістолет, штатив універсальний.

Встановлюємо пістолет, як зображено на рисунку 3, під деяким кутом до горизонту. Спостерігаючи політ «снаряду», по чергову викидаємого тією ж самою пружиною під різними кутами до горизонту, встановлюємо залежність дальності польоту від кута вильоту, та визначаємо кут, при якому дальність польоту максимальна.

Розрахунок дальності польоту в цьому разі ведемо наступним чином.

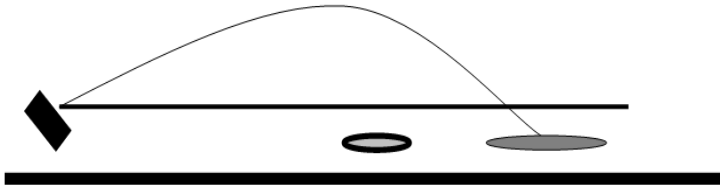


Рис.3. Залежність дальності польоту від кута вильоту кульки.

Горизонтальна складова швидкості: $V_{\text{гор}} = V_0 \cos \alpha$, де V_0 – швидкість «снаряду» при вильоті.

Вертикальна складова швидкості: $V_{\text{верт}} = V_0 \sin \alpha - gt$ (швидкість змінна)

Дальність польоту: $b = V_0 \cos \alpha \cdot at$.

Таким чином, задача зводиться до попереднього знаходження $V_0 at$ – часу польоту. V_0 знаходимо: $V_0 = \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$.

Час t визначаємо із формули: $H = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$, де H – різниця висот місця падіння «снаряду» та місця його вильоту. В окремому випадку при $H = 0$, тобто при розташуванні місця вильоту і місця падіння на одній висоті, будемо мати: $V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0$.

$$\text{Звідси, } V_0 \sin \alpha = \frac{gt^2}{2}; t = \frac{2 * V_0 \sin \alpha}{g}.$$

$$\frac{V_0 \sin 2\alpha}{g} = \frac{F \max \lambda}{mg} * \sin 2\alpha .$$

Співставляємо розраховану дальність польоту з результатами дослідів.

Дослід 2. Рівномірний рух кульки в трубці з рідиною.

Обладнання: скляна трубка довжиною 1 м, сталеві кульки, метроном, вода або гліцерин.

Рух тіла в рідині з постійною швидкістю можна спостерігати на простому досліді. Скляну трубку довжиною 1 м закупорюють знизу пробкою і заповнюють водою або гліцерином. Далі в рідину опускають сталеву кульку (рис.4.)

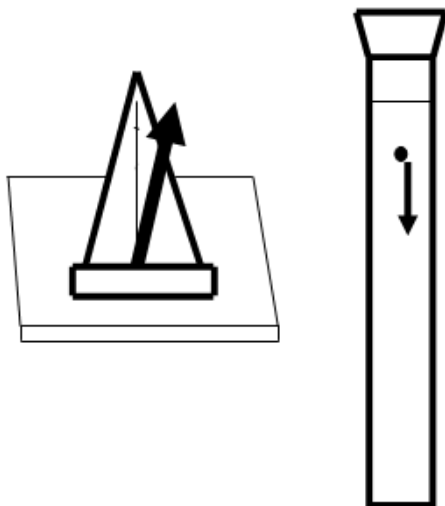


Рис.4. Рух тіла в рідині.

Легко переконатись, що кулька падає в рідині рівномірно. Це можна побачити, якщо на поверхню трубки нанести поділки фарбою і помітити відстані, які долає кулька за рівні проміжки часу, відраховані ударами метронома.

Дослід 3: Познайомитись з диском, який обертається.

Обладнання: набір «Обертальний диск з приладдям».

Набір «Обертальний диск з приладдям» складається зі сталюого диска діаметром 430 мм, який у центрі має шарикопідшипник. Диск з підшипником надівають на короткий стержень і затискують в масивній тринозі від універсального штатива.

Диск приводиться в обертання за допомогою універсального електродвигуна або доцентрової машини. Для цього диск знизу має двоступеневий шків. До диска додаються маятниковий тахометр (4), жолоб (11) з поділками і ролик (7) на одному кінці, два сталевих катки (5, 6) масами 250 і 500 г, дві стійки (16) і дуга (9) з маятником, трубка з жолобом і шариком та інші деталі. (рис.5) .

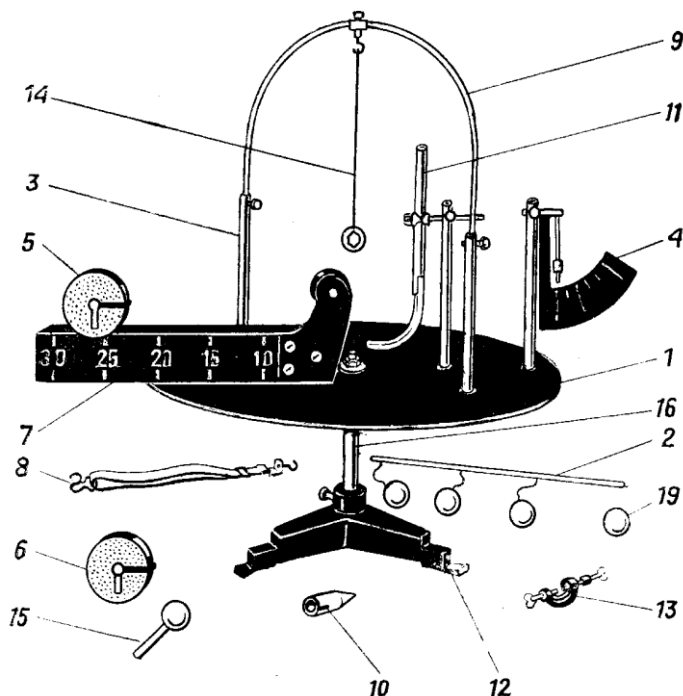


Рис.5. Диск з приладдям.

Перед початком дослідів домагаються строгої горизонтальності диска, підкладаючи під тринозу дерев'яні клинці та перевіряючи положення рівнем.

Дослід 4. Виникнення доцентрової сили.

Обладнання: обертальний диск, рівень.

Диск встановлюють строго горизонтально. Закріплюють на диску жолоб, і з двох катків, які прикладаються до диску, вибирають більш масивний. Прикріплюють каток тасьмою до ролика і ставлять на жолоб. Довжину тасьми підбирають так, щоб радіус оберту катка не перевищував 30 см.

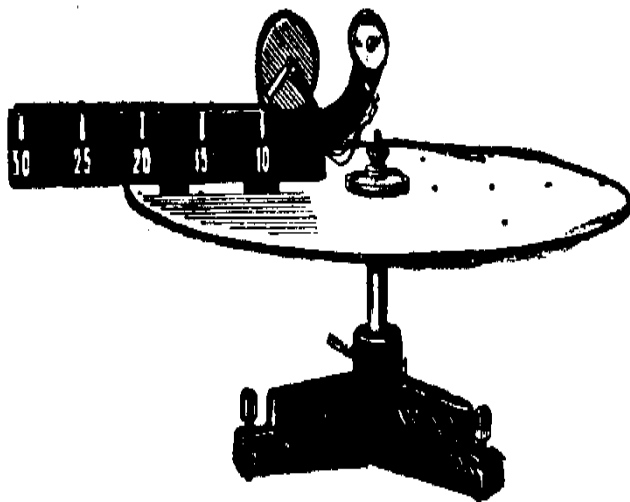


Рис.6. Установка для демонстрації виникнення доцентрової сили.

Для демонстрації доцентрового прискорення каток ставлять на відстані 10-15 см від осі диску і обертають його. Сила пружності викривлює траєкторію руху катка, примушуючи його рухатись по колу.

Дослід повторюють, звільнивши каток від тасьми. Каток рухається, як у попередньому досліді, але роль доцентрової сили виконує реакція опори, яка закріплена на зовнішньому кінці жолобу

Дослід 5. Виміряти кутову швидкість тахометром.

Обладнання: обертальний диск, маятниковий тахометр, метроном.

Диск встановлюють строго горизонтально з допомогою рівня (рис.7.)

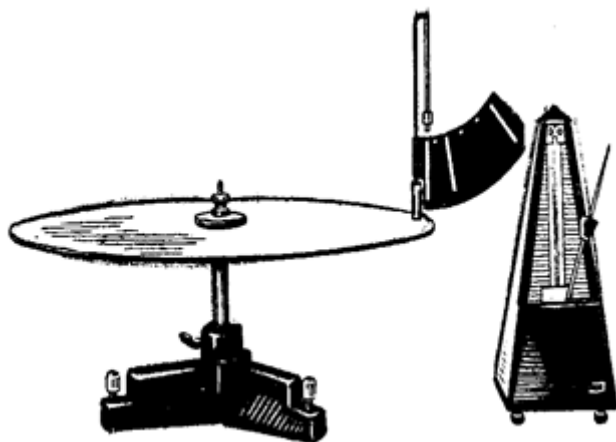


Рис.7. Визначення кутової швидкості тахометром.

Охопивши знизу вісь диску долонею руки, великим пальцем цієї руки натискають на шків, розкручуючи диск. Звертають увагу на те, як поступово збільшується нахил маятника із збільшенням кутової швидкості. Домагаються такої швидкості диска, щоб маятник тахометру стояв на середній великій поділці. Одночасно запускають метроном, встановивши його на 120 ударів на хвилину. Голосно рахують удари метронома (один, два, три, чотири... один, два, три, чотири...) наголошуючи на «один». У ці моменти кожен раз диск займає те саме положення, тобто робить один оберт за 0.5 с. (кутова швидкість становиться 2 об/с). Збільшуючи швидкість обертів, показують, що інша велика поділка відповідає більшій кутовій швидкості.

Дослід 6. Залежність сили, під дією якої виникає доцентрове прискорення, від маси тіла і швидкості обертання.

Обладнання: обертальний диск з приладдям, динамометр демонстраційний, два штативи.

Збирають прилад за рисунком. Особливо звертають увагу на те, щоб жолоб і тахометр не торкалися рами при обертанні, а гачок динамометра був точно над віссю диска. Один із катків кладуть на жолоб, з'єднуючи його з гачком динамометра, і, підтягуючи пряжку на тасьмі, розмішують каток на необхідній відстані від осі обертання. Приводять диск в обертання і, досягнувши необхідної швидкості, відмічають покази динамометра (рис.8.)

Результати досліду записують у таблицю:

Дослід	m, кг	n, об/с	R, м	F, Н
1	0,25	1	0,3	
2	0,5	1	0,3	
3	0,5	0,5	0,3	
4	6,5	11	0,15	

Доповнивши таблицю значеннями сили, які знайшли експериментально, зробити висновки.

Порівняти обчислені значення сили з її значеннями, отриманими експериментально.

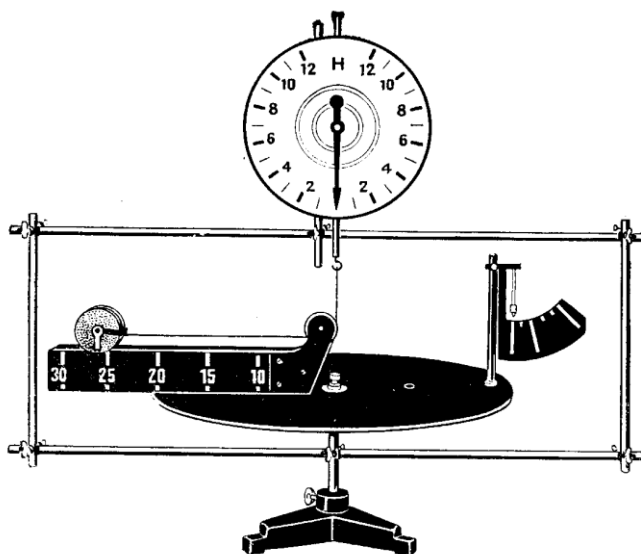


Рис.8. Установка для встановлення залежності доцентрової сили від маси тіла, швидкості обертання.

Дослід 7. Дія відцентрових механізмів.

Обладнання: модель відцентрової сушарки, шматочок тканини.

Модель відцентрової сушарки (рис.9.) встановлюють на доцентровій машині. У сушарку кладуть шматочок тканини, змочений водою. Обертають сушарку 1-2 хвилини, а потім зупинивши її, виймають тканину і бачать, що вона майже суха.

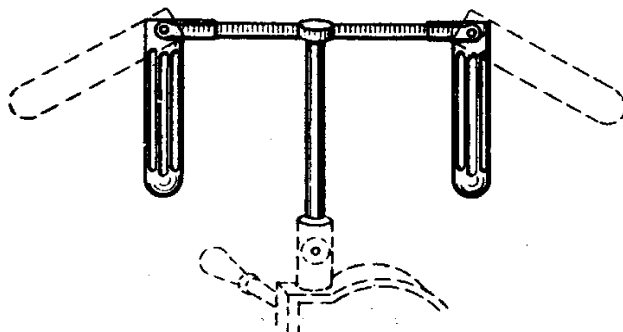


Рис.9. Модель центрифуги.

Дослід 8. Демонстраційний експеримент у класах з поглибленим вивченням фізики з теми: «Динаміка обертального руху твердого тіла».

Обладнання: обертальний диск, вантажі масами 1 і 2 кг, блоки на стержні, штатив універсальний.

а) залежність кутового прискорення від моменту сили і моменту інерції.

На обертальному диску, який встановлений горизонтально, закріплюють тахометр і на протилежних кінцях диска встановлюють два однакові вантажі по 2 кг кожний. Міцну нитку з вузликом заводять у щілину великого диска. Ниткою огинають два блоки, які затиснені в муфтах штативу, і підвішують на її кінці вантаж масою 330 г так, щоб, натягуючи нитку, він торкався столу (рис.10.).

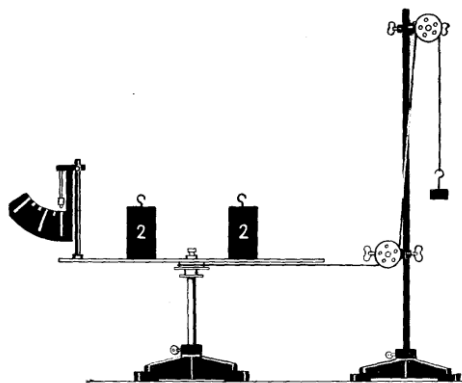


Рис.10. Залежність кутового прискорення від моменту сили і моменту інерції.

Обертаючи диск, намотують нитку на шків, поки підвішений на ній вантаж не підійметься до верхнього блока. Потім відпускають диск і спостерігають за його обертанням. За тахометром помічають, що його кутова швидкість поступово збільшується і досягає найбільшого значення в момент, коли вантаж торкається столу. Під час цього диск продовжує обертання за інерцією та намотує нитку на шків. Не даючи йому зупинитись, знов підіймають вантаж до верхнього блока та декілька раз повторюють дослід, щоб зафіксувати максимальні показники тахометру.

Потім переводять нитку на нижній шків, зменшивши таким чином плече сили, і повторюють дослід. Тепер кутове прискорення диска стало значно меншим, оскільки навіть наприкінці руху показники тахометра не досягають попереднього значення.

Дослід знов повторюють, залишивши нитку на меншому шківі і збільшивши вантаж на нитці вдвічі. Показники тахометра знов досягають попереднього значення.

Зменшивши плече сили та збільшивши її величину в однакову кількість разів, ми не змінили моменту сили, унаслідок чого і кутове прискорення диска залишилось незмінним.

Проведені досліді показують, що зі збільшенням моменту сили збільшується кутове прискорення. Для виявлення залежності кутового прискорення від маси тіла, що обертається, та від її розміщення, досліді повторюють так, як описано вище, але величину обертального моменту зберігають незмінною, а вантажі на диску замінюють іншими (по 1 кг), або зміщують їх до осі диска. Спираючись на ці досліді, вводять поняття про момент інерції як величину, що залежить від маси тіла та її розміщення відносно осі обертання.

б) явище Коріоліса.

Обладнання: обертальний диск, тахометр, рівень, сірники, пластилін, кульки.

Диск на тринозі вирівнюючими гвинтами встановлюють за допомогою рівня горизонтально. В одному з отворів диска закріплюють трубку з жолобом для пуску кульки так, щоб кінець жолоба співпав з віссю обертання диска (див. рис.21). Потім ліплять з пластиліну вузьку смугу і вкладають її попід краєм диска, навпроти жолоба. Уздовж смуги розміщують ряд сірників так, щоб відстань між ними була трохи меншою за діаметр кульки. На цьому етапі підготовка установки завершена.

Під час нерухомості диска опускають кульку в трубку. Жолоб, прикріплений до нижнього краю трубки, направить рух кульки горизонтально вздовж радіуса диска. Пролітаючи понад краєм диска, кулька

зіб'є або поверне один або два сірники, у такий спосіб відмітивши напрямок свого руху. (рис.11.).

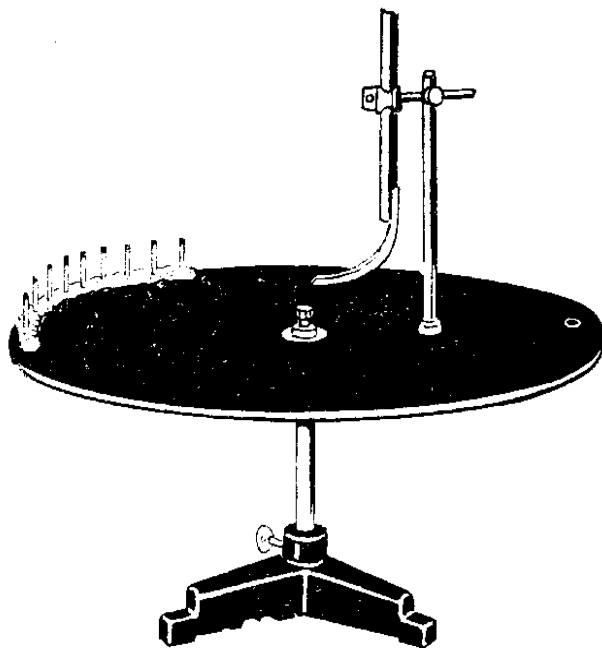


Рис. 11. Відхилення рухомого тіла в обертальній системі.

Потім приводять диск у обертальний рух з невеликою швидкістю і повторюють дослідження. Тепер кулька збиває сірник в іншому місці. Траєкторія руху кульки відносно диска скривлюється в бік, протилежний руху диска.

Отже, кулька, вилітаючи з точки, співпадаючої з віссю обертання диска, за інерцією зберігає набуту швидкість. За час, протягом якого кулька досягне краю диска, сам диск встигає обернутися на деякий кут, і кулька вже не потрапляє на попереднє місце.

З подібним відхиленням кульки учні зустрінуться у дослідах з маятником Фуко у досліді Штерна.

в) маятник Фуко.

Площина коливання вільного підвішеного маятника не зберігає сталого положення відносно поверхні земної кулі, а повільно обертається назустріч обертання земної кулі (рис.12.).

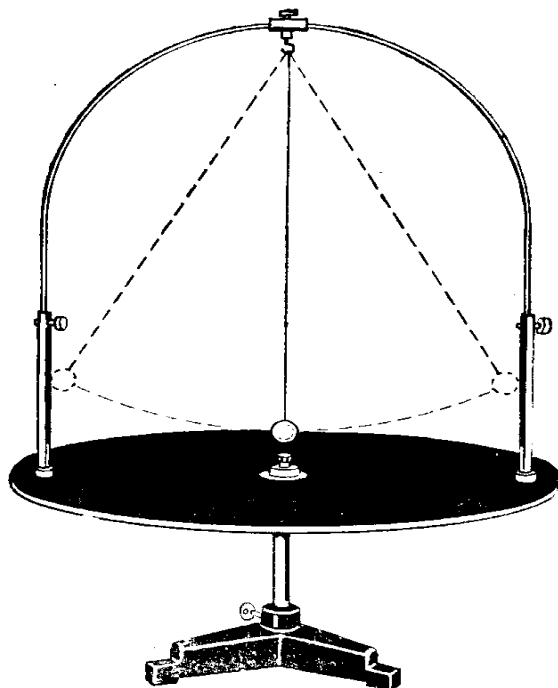


Рис. 12. Установка для дослід з маятником Фуко.

Такий видимий результат досліджень Фуко. Насправді площина коливань зберігає своє положення відносно Сонця, а її уявне обертання є наслідком обертання земної кулі.

Зважаючи на те, що це явище проходить дуже повільно і в шкільних умовах погано піддається демонстрації, для пояснення суті слід скористатися моделлю маятника Фуко.

На тринозі встановлюють обертовий диск за допомогою рівня горизонтально. На диску закріплюють дротяну дугу і до кріючка муфти відшукують таке положення, щоб кулька виявилася над центром диска.

Відхиляючи маятник до стійки диска, опускають його (без бокового поштовху) та показують, що площина коливань весь час зберігає своє положення. Потім приводить диск в стан повільного обертання.

Площина коливань маятника, зберігаючи, як і раніше, своє положення відносно класу (приміщення), повертається відносно обертового диска.

Відхилення маятника є частковим випадком відхилення будь-якого тіла, що рухається по площині земної кулі.

г) прецесія гіроскопа.

Диск приводять у стан обертання з максимально можливою швидкістю та кінцем рукоятки ставлять на стіл.

Зберігаючи своє положення, диск здається зовсім нерухомим, і тільки через деякий час можна помітити, що його вісь починає описувати конічну площину.

Якщо натискати лінійкою на рукоятку диска вправо або вліво, диск нахилиється в напрямку, перпендикулярному до напрямку діючої сили. Щоб показати це явище (прецесію) наочно, збирають установку, зображену на рисунку 13.

Рукоятку диска збільшують стержнем від штатива за допомогою паралельної муфти і на стержень навішують тягарець близько 200 г. У триногу штатива вставляють короткий стержень з нагвинченою на нього загостреною насадкою і на вістря насаджують диск зі стержнем.

Пересуваючи тягарець, урівноважують стержень у горизонтальному положенні. Дослід полягає в наступному. Приводять диск у стан обертання, насаджують пристрій на вістря і показують, що його подовжувальний стержень зберігає горизонтальне положення і залишається нерухомим. Але при будь-якій спробі повернути рукоятку, диск повертається в напрямку, перпендикулярному вісі обертання диска, до вектора оберальної сили.

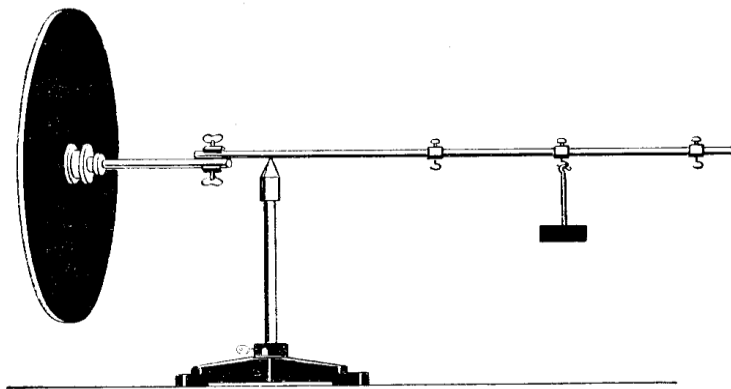


Рис. 13. Установка для демонстрації прецесії.

Пересуваючи вантаж в той чи інший боки, знову приводять диск в швидке обертання і встановлюють на вістря, надаючи рукоятці горизонтального положення. Рукоятка з диском починає повільно обертатися навколо вертикальної вісі. Учні пропонують самостійно пояснити це явище.

Дослід 9. Явище інерції.

Обладнання: візок, дерев'яний брусок, невеликий мішечок з піском.

На візку вертикально розташовують брусок (рис.14.). Різким поштовхом приводять візок у рух, водночас брусок падає. Повернувши візок у вихідне положення, знову встановлюють на ньому брусок і повільно розганяють вздовж столу. Зіткнувшись з перешкодою, візок зупиняється, а брусок падає вперед.

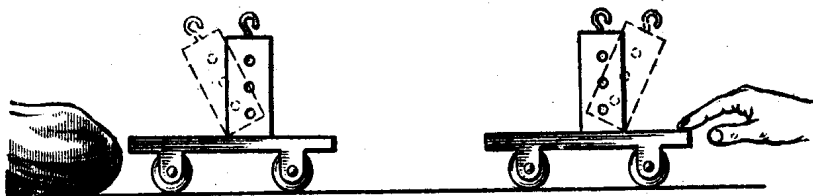


Рис.14. Демонстрація інерції.

Дослід 10. Обривання верхньої або нижньої нитки від підвішеного важкого вантажу

Обладнання: гиля 2 кг, штатив універсальний, нитка, міцний шнурок.

Перед дослідом заготовлюють декілька однакових відрізків сурової нитки із зав'язаними на кінцях петлями. На стійці, зібраній з деталей універсального штативу, підвішують вантаж масою 2 кг за допомогою одного із заготовлених відрізків (рис.15.). Другий такий відрізок прив'язують до нижньої петлі вантажу. Щоб вантаж при обриванні нитки не падав, його прив'язують до жердини стійки вільно звисаючим міцним шнурком.

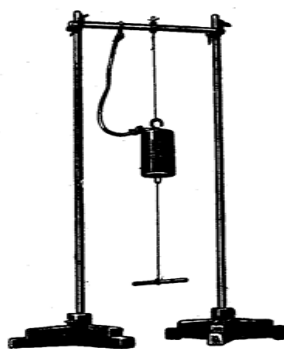


Рис.15. Установка для демонстрації інертності тіла.

у петлю нижньої нитки, різко смикають рукоятку вниз.

Водночас обривається нижня нитка, а вантаж залишається висіти на верхній нитці.

Під час руху руки сила натягу нижньої нитки набуває великого значення за такий короткий час, протягом якого вантаж не може помітно опуститись і передати зусилля верхній нитці так, щоб вона порвалася.

Після цього замінюють порвану нитку новою і повільно натягують її, поступово збільшуючи зусилля. Тепер обривається верхня нитка, і вантаж висне на запобіжному шнурку.

У цьому випадку сила натягу верхньої нитки раніше набуває граничної величини, оскільки вона в будь-який момент дорівнює вазі вантажу плюс сила натягу нижньої нитки.

Дослід 11. Залежність між масами і прискореннями набутими тілами при взаємодії.

Обладнання: два циліндри, зв'язані ниткою на стержні; доцентрова машина.

Відношення абсолютних значень прискорень взаємодіючих тіл дорівнює оберненому відношенню їх мас. Для того, щоб впевнитись у справедливості зробленого припущення, проведемо дослід (рис.16.).

Візьмемо два тіла, позначені як 1 і 2, визначимо їх маси, користуючись одним і тим же еталоном. Потім помістимо ці тіла на доцентрову машину, виміряємо їх прискорення і покажемо, що, незалежно від того, які саме тіла обрані, відношення завжди дорівнює:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

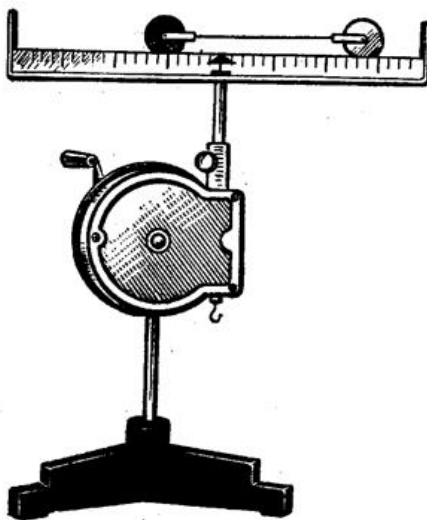


Рис.16. Порівняння мас двох тіл за їх взаємодію.

Дослід 12. Зміна ваги тіла при рівнозмітному русі по вертикалі.

Обладнання: вантажі, динамометр.

Підвісимо до пружинного динамометра будь-який вантаж і дамо йому можливість рухатись з яким-небудь прискоренням.

Для цього можна взяти динамометр з вантажем у руку і різко опустити його вниз, передавши йому прискорення, спрямоване донизу.

Ми побачимо, що, в час опускання динамометру, його стрілка переміщується вгору. Це означає, що вага вантажу під час опускання стала меншою, ніж у випадку спокою.

Якщо, навпаки, різко підняти динамометр, стрілка опуститься, що свідчить про збільшення ваги вантажу.

Ці спостереження можна пояснити за допомогою другого закону Ньютона.

Дослід 13. Невагомість при падінні тіла.

Обладнання: вантаж набірний 2 кг, штатив універсальний, шнур, смужка паперу, мішок з піском.

На міцному шнурку, який пропущений крізь кільце штативу, підвішують вантаж 2 кг, що складається з окремих циліндричних вантажів. На іншому кінці шнура роблять петлю, яку закріплюють за гачок муфти на стержні штативу.

Взявшись за петлю шнура, повільно опускають вантаж. Останній натягає і розриває паперову смужку. З цього можна зробити висновок, що паперова смужка була достатньо сильно притиснута вантажем.

Замінюють порвану смужку на цілу, відчіпляють шнурок і відпускають. Вантаж вільно падає, а паперова смужка, звільнившись, повисає на лапці штативу.

Дослід показує, що при вільному падінні тиск вантажу малий, тобто вантаж при падінні знаходиться в стані невагомості.

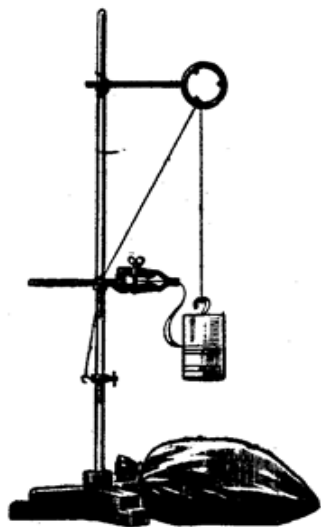


Рис.17. Установка для демонстрації невагомості.

Дослід 14. Рівність сил взаємодії двох тіл.

Обладнання: два демонстраційних динамометри, універсальний штатив.

Стержень штатива збільшують, зібравши його з двох половин. На стержні за допомогою двох муфт закріплюють два демонстраційних динамометра з круглими циферблатами. Гачки динамометрів з'єднують.

Для демонстрації послаблюють гвинт муфти, на якій закріплений верхній динамометр, і вільно підіймають його вгору, звертаючи увагу учнів на однаковість показників обох динамометрів. З того, що стрілки динамометрів відхиляються в різні боки, роблять висновок про протилежність напрямку сил взаємодії динамометрів (рис.18. а).

Аналогічно можна продемонструвати рівність сил взаємодії під час натискування верхнім динамометром на нижній. Для цього стержні динамометрів повертають один до одного, закріплюють столики, далі встановлюють стрілки обох динамометрів на нульові поділи. Послаблюють гвинт муфти верхнього динамометра і натискають ним на нижній, демонструючи однаковість сил їх взаємодії (рис.18. б).

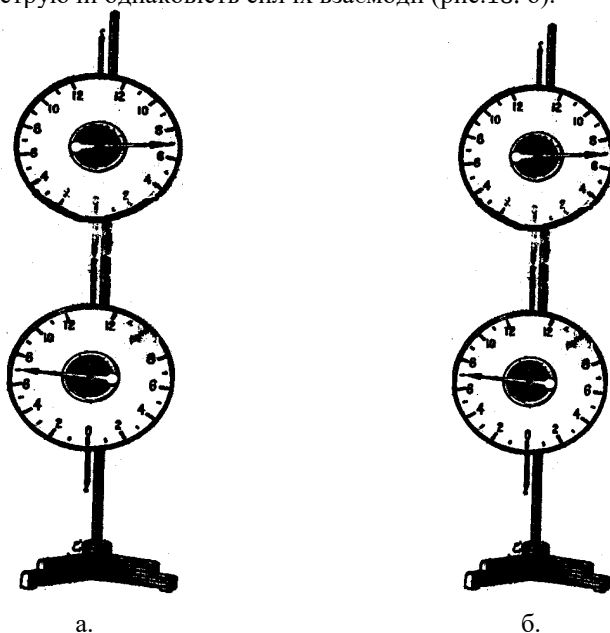


Рис.18. Рівність сил взаємодії двох динамометрів при розтягуванні (а.), при стискуванні (б.).

Дослід 15. Вимірювання сил за допомогою пружини.

Обладнання: пружина, вантажі.

Для вимірювання сил найбільш зручно використовувати пружину, оскільки вона, будучи розтягнута (або стиснена) на визначену довжину, діє на всі тіла з однаковою силою. Крім того, за допомогою тієї самої пружини можна отримати різні сили, розтягуючи її на різну довжину.

Щоб користуватися пружиною для вимірювання сил, необхідно раніше визначити значення сил пружності при різних її розтягненнях.

До вертикально розташованої пружини підвішують тіла з різною масою і кожного разу вимірюють видовження пружини.

На тіло масою m діє сила тяжіння, що дорівнює mg .

Коли тіло підвішене до пружини і знаходиться в спокої, ця сила тяжіння врівноважена силою пружності пружини. Отже, й сила пружності пружини по абсолютному значенню також дорівнює mg .

Тому, змінивши видовження пружини при різних значеннях маси підвішених до неї тіл, ми визначимо значення сили пружності для кожного видовження пружини. Щоб виміряти видовження пружини, використовують пружинний динамометр.

Досвід показує, що, при порівняно невеликих видовженнях, між силою пружності пружини та її видовженням існує лінійна залежність.

Сила пружності пропорційна видовженню пружини або її деформації.

Дослід 16. Закон збереження імпульса.

Обладнання: прилад з кінематики і динаміки.

Збереження імпульса тіла при взаємодії двох тіл зручно демонструвати за допомогою двох візків на приладі з кінематики і динаміки. Візки без додаткових вантажів повинні мати однакову масу. Оскільки маси візків однакові, про імпульс кожного з них можна судити за їх швидкостями, які немає необхідності вимірювати, а достатньо оцінювати візуально (рис.19.).

1. Візки встановлюють на столі так, щоб вони були повернені один до одного вільними торцями. До торця одного з них причіпляють шматочок з пластиліну (діаметр 2-3 см) і розводять візки до упорів. Двома руками одночасно і приблизно з однаковою силою штовхають їх назустріч один одному.

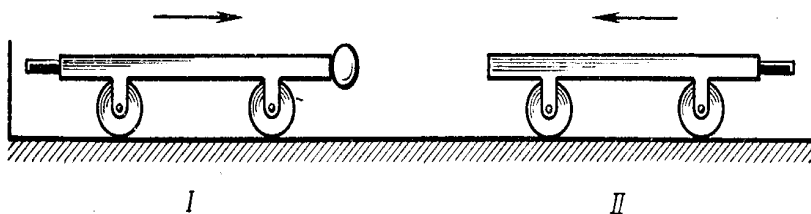


Рис.19. Демонстрація закону збереження імпульсу.

Зіштовхуючись, візки зупиняються. Перед взаємодією вектори кількості руху рівні і направлені протилежно, отже, їх векторна сума дорівнює 0. Після взаємодії загальна кількість руху візків, як свідчить досвід, також дорівнює 0. Якщо поштовхи, отримані візками, неоднакові, то після зіткнення зчеплені візки повільно рухаються в той бік, куди рухався візок, пущений з більшою швидкістю. У цьому випадку загальні кількості руху візків до взаємодії та після взаємодії також рівні.

Швидкість зчеплених візків дорівнює половині різниці швидкостей візків до зіткнення і направлена в бік більшої швидкості.

2. Один з візків відводять до упору, а інший ставлять від першого на відстані, що дорівнює $2/3$ довжини рейки. Отримавши поштовх, перший візок котиться і наштовхується на нерухомий візок.

Зчепившись, обидва візка котяться зі швидкістю, яка приблизно у два рази менша за швидкість першого візка. І в цьому випадку загальна кількість руху візків до зіткнення і після нього рівні між собою.

3. Пластилінову кульку знімають, візок з пружиною перевертають пружиною назустріч і штовхають візки назустріч один одному з однаковими швидкостями.

Після зіткнення візки рухаються у протилежні боки з однаковими швидкостями. У цьому випадку загальна кількість руху візків до і після зіткнення дорівнює 0. Якщо візки отримали неоднакові поштовхи, то їх загальна кількість руху дорівнює різниці швидкостей руху візків. Після зіткнення візки обмінюються швидкостями.

4. Один візок відводять до упору, а інший ставлять на середину. Штовхають перший візок. Наштовхнувшись на нерухомий, він зупиняється, повністю передавши свою кількість руху другому візку.

5. Один з візків навантажують додатковими вантажами, щоб його маса збільшилась вдвічі, і повторюють будь-який з приведених вище дослідів. Перед демонстрацією учням пропонують на основі встановленого раніше закону наперед вказати поведінку візків після їх взаємодії.

Дослід 17. Перевірка формули доцентрової сили.

Обладнання: стрічка вимірювальна, терези, годинник, штатив з муфтами.

Величина доцентрової сили може бути дуже легко визначена дослідом з канонічним маятником.

Перед дослідом підвішують на нитці до кільця штатива кульку, зважену на терезах. Для цього на нижньому кінці нитки зав'язують вузлик, який утримує кульку, а верхній кінець продівають в отвір, просвердлений в кільці штативу, і заклинюють загостреним сірником. Отриманий таким чином маятник обертають в горизонтальній площині, взявшись двома пальцями за нитку в точці підвісу. Радіус обертання повинен бути трохи менше за відстань від осі обертання до основи штативу.

Щоб визначити період обертання маятника, користуються годинником. Під час роботи один з учнів спостерігає за часом, другий обертає маятник і в такт його обертам повторює: «нуль, нуль...». Уловивши по стрільці годинника зручний момент для початку відліку, перший теж каже: «нуль», і після нього другий повторює відлік обертів. Через одну або дві хвилини за сигналом першого з учнів відлік обертів закінчується. Знаючи час і число обертів, визначають період. За допомогою отриманих даних визначають величину доцентрової сили. Радіус обертання знаходять вимірювальною стрічкою.

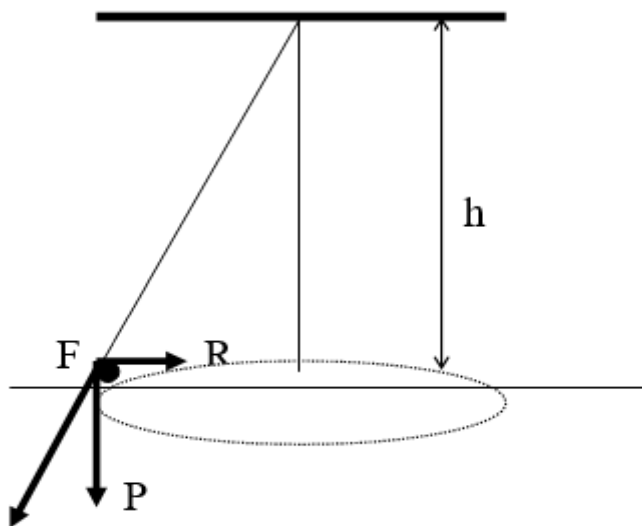


Рис.20. Установка для визначення доцентрової сили.

Під час обертання конічного маятника доцентровою силою є горизонтальна складова сили ваги кульки Р. Отже, доцентрову силу можна визначити і іншим способом, використовуючи пропорцію:

$$F/P=R/h, \text{ або } F=P*R/h$$

Тут Р і R вже відомі з першої частини роботи. Для вимірювання h відтягують кульку на відстань, що дорівнює радіусу обертання, і вимірюють стрічкою відстань по вертикалі від центра кульки до рівня точки підвісу. Підставивши отримані дані у формулу, обчислюють значення сили. Співставляють результати, отримані двома способами, і впевнюються, що вони майже однакові. У цьому і полягає мета роботи – перевірити формулу доцентрової сили.

У цьому досліді дуже ретельно треба вимірювати час. Також необхідно відраховувати більше число обертів маятника, зменшуючи відносну похибку при визначенні періоду. Водночас визначати вагу кульки з великою точністю не потрібно, необхідна точність – 0,5 або 1 г.

Фізичний експеримент з теми «Статика».

Завдання 1. Знайомство з набором по статичі.

Обладнання: набір зі статичі з магнітними утримувачами.

Набір містить щит, пристосований для підвішування, і комплект деталей, покладених у спеціальний футляр.

У комплект входить (рис.1.):

1. Динамометр на 300 Н з коригувальною муфтою, змонтований на площадці, скріпленій з рухливим магнітопроводом постійного магніту. Ціна поділки динамометра – 50 Н-1

2. Постійний магніт з магнітопроводом, призначений для кріплення блока, штифта для зачеплення пружини, нитки – 2.

3. Блок зі знімною підвіскою – 3.

4. Набір з п'яти вантажів по 50 г кожен – 4.

5. Пластина неправильної форми для виводу правила моментів – 5.

6. Стержень довжиною 400 мм із петлями на кінцях, розділений чотирма рисками з однієї сторони на три, а з іншої сторони на чотири рівних відрізки – 6.

7. Косинець з поділками для виміру плечей – 7.

8. Пружина з загнутими кінцями – 8.

9. Гачок дротовий – 9.

10. Набір товстих білих ниток довжиною 140, 240 і 720 мм із петлями на кінцях – 3.

Дві перші деталі комплекту тримаються на сталевому щиті за допомогою постійних магнітів. Це дає можливість швидко встановлювати деталь в будь-якому місці щита. На щиті можна робити крейдою мітки, будувати різні побудови, відзначати величини тощо.

Кожен із трьох трубчастих динамометрів набору має спеціальний поворотний пристрій, що дозволяє автоматично його встановлювати вздовж прямої, по якій спрямована вимірювана сила.

Під дією власної ваги, внутрішній циліндр динамометра занурюється усередину зовнішнього циліндра, коли динамометр встановлений гачком нагору, та виходить назовні, коли гачок звернений униз. Тому, перед кожним виміром, коригувальна муфта встановлюється так, щоб динамометр у даному положенні показував 0.

Це робиться у тих випадках, коли необхідно вилучити з розгляду вагу рухливого блоку важеля та ін.

Пластина неправильної форми має по краях кілька отворів, розташованих довільно, і один отвір у центрі ваги. Вага пластини – 50 Н.

Для проведення дослідів щит підвішується до верхнього краю класної дошки чи встановлюється на демонстраційному столі за допомогою універсального штатива.

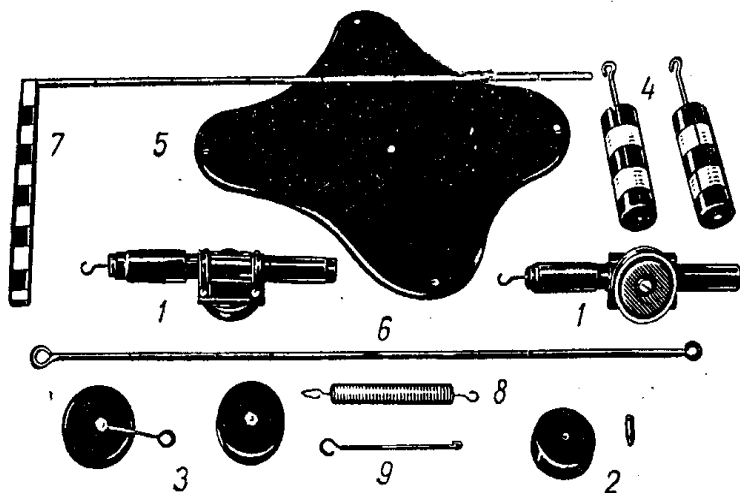


Рис.1. Набір по статиці.

Завдання 2. Додавання сил, спрямованих під кутом.

Обладнання: набір по статиці.

Для проведення цього досліду на щиті підвішують пружину і стягають її двома динамометрами так, щоб останні розташувалися під прямим кутом і показували 3 і 4 одиниці (150 м і 200 г). Відзначають крейдою положення кільця пружини і проводять риски за динамометрами щоб відзначити напрямки сил (рис.2. а). Потім один динамометр забирають, а іншим відтягають пружину так, щоб кільце знову опинилось на залишеній раніше мітці. Рискою на щиті позначають нове положення динамометра і записують його показники (рис.2. б).

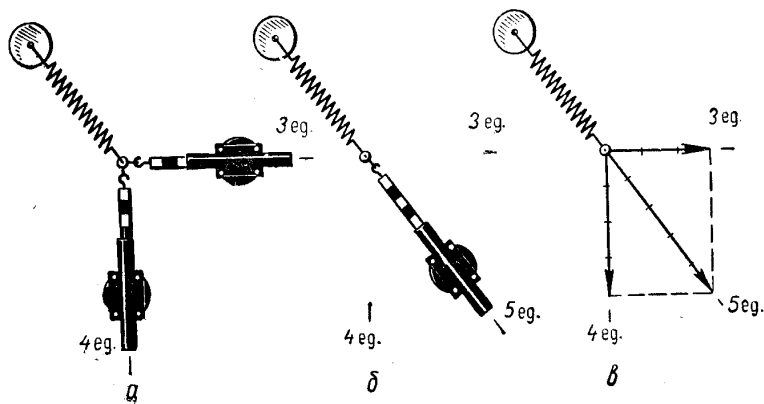


Рис.2. Вивід правила паралелограма сил.

Забравши динамометр, проводять прямі крейдою з відзначеної крапки через три риски і на цих прямих у довільному масштабі будують три вектори сил (рис.2. в). З'єднавши кінці векторів, показують, що отриманий чотирикутник – паралелограм, а вектор рівнодіючої представлений у ньому діагоналлю.

Вектор рівнодіючої сили корисно накреслити кольоровою крейдою. Це дозволяє підкреслити, що рівнодіюча не є третьою силою, яка діє одночасно з двома першими, а замінює собою ці сили. Іноді, без застосування кольорової крейди, вектори складових сил закреслюють.

Правило додавання двох сил, спрямованих під кутом одна до одної, виведено з описаного вище досвіду, виходячи з визначення рівнодіючої як сили, еквівалентної за своєю дією двом даним силам. Мірою дії слугує деформація пружини.

Проведений дослід може служити достатньою підставою для введення поняття рівнодійної сили. В описаному досліді сила натягу пружини є рівнодійною силою двох складових.

Завдання 3. Залежність величини та напрямку рівнодійної сили від кута, між складовими силами.

Обладнання: набір зі статики.

Дослідом, що узагальнює окремі випадки додавання сил, є демонстрація залежності величини рівнодійоючої сили від кута між складовими.

1. Установка для проведення досліду зображена на рисунку 3, на якому показані чотири стадії проведення досліду.

А) Дві сили 3 од. і 2 од. діють на вузлик А і спрямовані в протилежні сторони, тобто під кутом 180° одна до одної. Вони урівноважені силою натягу пружини динамометра, що показує 1 од.

Б) Пересувають тримачі з блоками так, щоб сила ваги меншого вантажу діяла на вузлик А вертикально вниз, а динамометр зберігав горизонтальне положення (коректор динамометра має бути встановлений саме для такого положення). Ця умова однозначно визначить положення другого вантажу, при якому нитки розташуються під деяким тупим кутом, а показання динамометра збільшаться.

В) Нитку з підвішеним меншим вантажем, що торкається блоку праворуч, переводять на ліву сторону блоку і розміщують тримачі так, щоб нитки утворили гострий кут, а динамометр залишався в горизонтальному положенні. У результаті такого розміщення показання динамометра знову збільшаться.

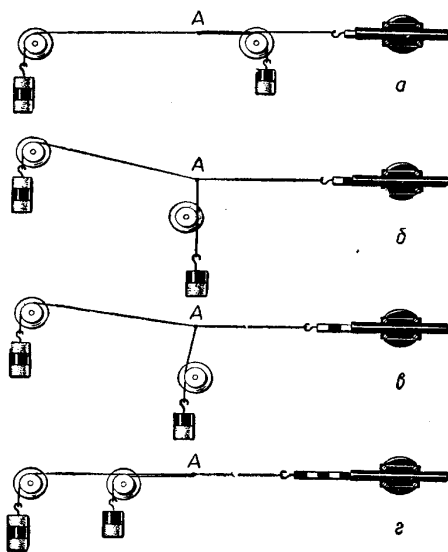


Рис.3. При зменшенні кута між складовими від 180° до 0° рівнодійоюча їх збільшується від різниці складових до їхньої суми.

Г) Пересуваючи блоки, зменшують кут між нитками до нуля. Водночас динамометр показує 5 од. Дослід приводить до висновку, що при зменшенні кута між складовими від 180° до 0° рівнодіюча збільшується від різниці складових (3 од. – 2 од. = 1 од.) до їхньої суми (3 од. + 2 од. = 5 од.)

2. Представляє деякий інтерес розгляд окремого прикладу, коли величини складових сил рівні між собою (рис.4.).

Зберігаючи вертикальне положення динамометра, пересувають тримачі з блоками, зменшуючи і збільшуючи кут між нитками в межах від 0° до 180° . За умови такої зміни кута між складовими силами, динамометр показує зміну, що врівноважує, а отже і рівнодіючу силу, від 6 од. до 0 од.

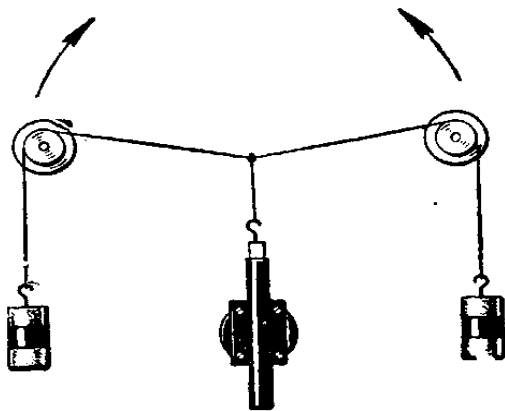


Рис.4. Величина рівнодіючої залежить від кута між складовими.

3. У розглянутому випадку величини двох складових залишалися постійними, змінювався лише кут між ними. Від цього змінювалася їх рівнодіюча. Велике практичне значення має інший випадок, коли величина рівнодіючої залишається постійною при зміні кута між складовими. Водночас змінюються величини складових. Це демонструють на установці, що відрізняється від попередніх тим, що вантажі та динамометр у ній помінялися місцями (рис.5).

Пересуваючи тримачі з блоками на цій установці, можна показати, що при одній і тій самій рівнодіючій величині складових необмежено зростають із наближенням кута між ними до 180 градусів. З подібним явищем приходиться зустрічатися під час підвішування якого-небудь вантажу (ліхтар, трамвайний провід і т.д.) до горизонтально натягнутого дроту.

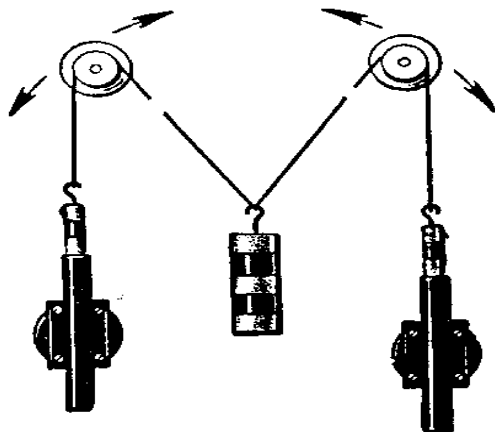


Рис.5. При одній і тій же рівнодійчій величина складових зростає з збільшенням кута між ними від 0° до 180° .

Завдання 4. Розкладання сили ваги на похилій площині.

Обладнання: набір зі статики.

Продемонструйте розкладання сили ваги на похилій площині за допомогою двох динамометрів із круглими циферблатами (сплануйте дослід самостійно). Порівняйте показники динамометрів з результатами, отриманими графічно (рис.6.).

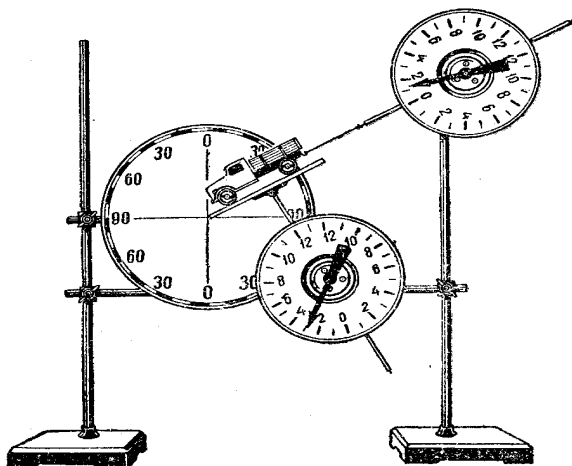


Рис.6. Розкладання сили тяжіння тіла на похилій площині.

Завдання 5. Правило моментів.

Обладнання: набір зі статики, метр демонстраційний, циркуль-вимірювач демонстраційний.

На відміну від традиційної постановки досвіду, коли випробуване тіло має явно виражену вісь обертання і до того ж має форму диска, в описаному досліді всі точки рівноправні, і кожна з них може служити початком відліку пліч.

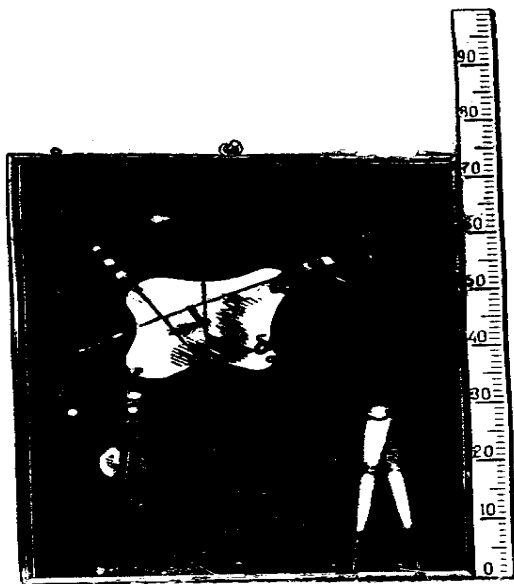


Рис.7. Установка для демонстрації правила моментів.

У такій постановці досвіду правило моментів набуває більш загального характеру. На рисунку зображена установка, підготовлена для проведення досвіду. У ній пластина неправильної форми утримується на двох динамометрах, установлених на магнітних власниках. Показники динамометрів виражені цілими числами. Для зручності відліку пліч крейдою проведені прямі, уздовж яких діють сили (у тому числі й сила ваги пластини).

Установку треба зібрати заздалегідь і підготувати так, щоб суми моментів, спрямованих за годинниковою стрілкою та проти неї були однаковими. Під час збирання установки треба скорегувати кожен динамометр приблизно в тому положенні, в якому він буде діяти. Після того як установку буде відрегульовано, усі побудови і записи на щиті й

пластині стирають вологою ганчіркою. Пластину знімають, намагаючись не зрушити тримачі динамометрів з місця.

Приступаючи до демонстрації досліду, визначають вагу пластини. Для цього її підвішують до гачка того динамометра, що скоригований для такого положення.

Потім установлюють на вільному місці щита тримачі зі штифтом. Насаджують на штифт пластину отвором, пробитим у центрі ваги. Повертаючи пластину в різні положення, показують, що отвір у пластині збігається з центром ваги.

Далі, не зрушуючи тримачів динамометрів, причіпляють пластину до гачків динамометрів, як було заздалегідь підготовлено. Пластина повисає на трьох динамометрах і перебуває під дією чотирьох взаємно урівноважених сил (четверта – сила ваги). Тонко загостреним шматком крейди проводять на пластині прямі, уздовж яких діють сили, і за допомогою демонстраційного циркуля-вимірювача та демонстраційного метра вимірюють довжини пліч відносно довільно обраної точки Б. Підрахувавши кількість моментів, спрямованих за та проти годинникової стрілки, виводять правило моментів.

Завдання 6. Додавання паралельних сил.

Обладнання: лінійка з кольоровими поділками і шовковими нитками на кінцях, два блоки на стрижнях, два набори гирьок із двома гачками, два штативи з муфтами.

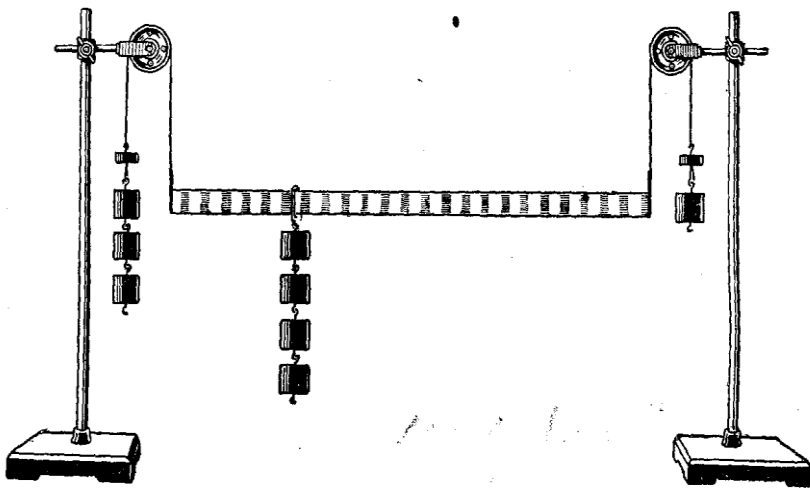


Рис.8. Додавання паралельних сил, напрямлених в одну сторону.

1. Дерев'яну лінійку довжиною 48 см із сантиметровими кольоровими поділками (білими і чорними) і бляшаними вушками на кінцях підвішують на двох блоках, закріплених у муфтах штатива. Звертають увагу учнів на те, що лінійка врівноважена двома маленькими гирями, прикріпленими на кінцях шовкових шнурків. До кожного зі шнурків прикріплюють визначену кількість гирьок із двома гачками, що відіграють роль паралельних сил. Силу, що врівноважує, прикладають до вушка дротового гачка, що охоплює лінійку та може пересуватися уздовж неї. Пересувають навантажений гачок у бік більшої сили доти, поки не установиться рівновага. Визначають відстань від точки прикладання рівнодіючої сили до точки прикладання суми сил і встановлюють, що ці відстані пропорційні величинам сил.

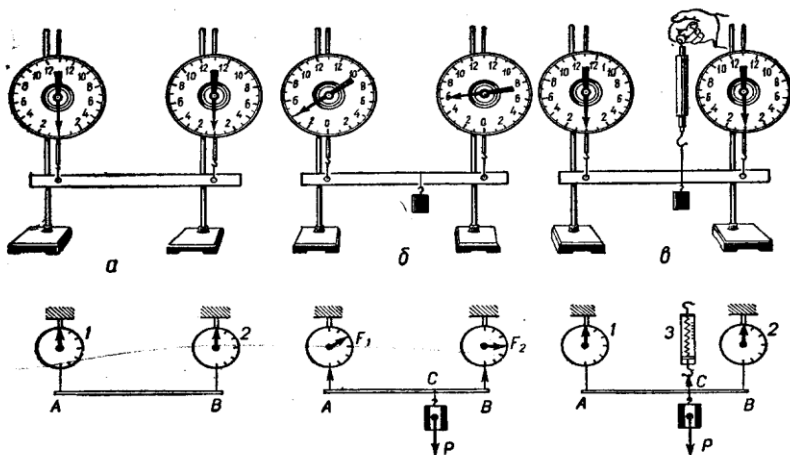


Рис.9. Додавання паралельних сил.

Повторюють дослід 2-3 рази, змінюючи величини сил, і констатують, що закономірність щоразу зберігається. Роблять висновок з досліду та формулюють правило.

Необхідно стежити за тим, щоб лінійка була добре врівноважена та щоб шнурки були паралельні один одному.

Цю ж установку можна використовувати для демонстрації додавання сил, що діють у протилежні сторони, узявши за складову силу одну з них і рівнодіючу з попереднього досвіду.

2. Додавання паралельних сил можна продемонструвати за допомогою демонстраційних динамометрів (рис.9.). Легку лінійку з поділками підвішують на двох шнурках до динамометрів, закріплених у муфтах штативів так, щоб шнурки були паралельними. Обертаючи циферблати, стрілки динамометрів установлюють на нуль. До лінійки

підвішують вантаж Р (кілька гирьок по 100 г із двома гачками). Через це лінійка нахилиться і паралельність шнурків порушиться (рис.9. Б). Дві паралельні сили тяги динамометрів, спрямовані вгору, врівноважуються вагою вантажу Р. Лінійка зберігає рівновагу і розташована горизонтально. Після цього до точки С прикріплюють третій динамометр (краще трубчастий) і тягнуть його вгору доти, поки стрілки обох динамометрів не установляться на точці С. Водночас лінійка залишиться в рівновазі. Сила, з якою діє третій динамометр, замінює дві інші сили та є їхньою рівнодіючою.

Необхідно показати, що коли третій динамометр прикласти в будь-якій іншій чи точці і тягти його похило, то встановити стрілки динамометрів одночасно на 0 неможливо. Рівнодіюча дорівнює сумі сил і прикладена в точці С.

Вимірюють відстань від точки прикладання рівнодіючої до точок прикладання складових сил і формулюють правило додавання паралельних сил.

Завдання 7. Види рівноваги тіл.

Обладнання: прилад для демонстрації рівноваги тіл, що мають точку опори; призма на шарнірах, рівень, шматочки картону.

Для демонстрації різних видів рівноваги тіл із точкою опори, зручно скористатися приладом, зображеним на рисунку 40. Перед згинанням листа заліза посередині, уздовж його роблять маленькі поглиблення. Горизонтальна частина листа має довжину близько 10 см, на згини припадає 20 см.

Для демонстрації стійкої рівноваги кульку кладуть на середину увігнутої поверхні, відхиляють від положення рівноваги і звертають увагу учнів на те, що кулька знову повертається в положення стійкої рівноваги.

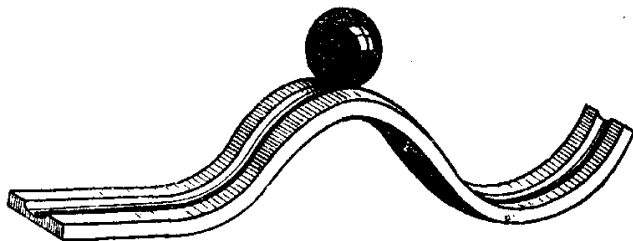


Рис.10. Демонстрація різних видів рівноваги.

Потім установлюють кульку на опуклій поверхні (там необхідно зробити маленьке поглиблення). При найменшому відхиленні від по-

ложення рівноваги кулька ще більше відхиляється від нього (нестійка рівновага).

На горизонтальній поверхні кулька буде в рівновазі в будь-якому місці (байдужа рівновага). При стійкій рівновазі центр ваги тіла займає найнижче положення, а його потенційна енергія є мінімальною (із усіх можливих). Це можна показати за допомогою описаного приладу. Можна також використовувати підвішану до цвяха лінійку.

Завдання 8. Стійкість тіла.

Обладнання: призма на шарнірах.

Умови рівноваги тіла, що має площу опори, демонструють за допомогою призми на шарнірах (рис.11). Три дерев'яні (або металеві) квадратні пластинки шарнірно (одним шурупом) з'єднані вузькими металевими рейками. Призму можна закріпити в будь-якому положенні за допомогою двох клем, установлених на середній пластині замість шурупів. До центра ваги призми підвішений маленький висок.

При демонстрації призми надають різний кут нахилу і спостерігають, що вона знаходиться в стійкій рівновазі доти, поки нормаль з центра ваги перетинає площу опори.

Дуже важливо показати учням, що стійкість тіла збільшується, якщо змінити його висоту чи збільшити площу опори. Змінюючи висоту призми, положення центра ваги, площу опори, можливо перевірити всі закони рівноваги.

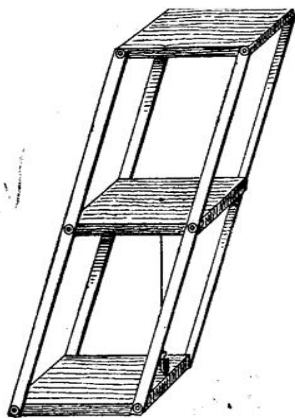


Рис.11. Призма на шарнірах – прилад для вивчення умов рівноваги тіла яке має площу опори.

Завдання 9. Фронтальна лабораторна робота: «З'ясування умов рівноваги важеля».

Обладнання: лінійка, динамометр, набір вантажів, штатив з муфтами.

Цю роботу доцільно провести у формі вирішення ряду експериментальних задач.

Умови задач надаються у виді малюнків на дошці.

Вирішуючи одну за іншою зазначені задачі, учні щоразу перевіряють отриманий результат на заздалегідь підготовленій установці.

Коли складають установку, важіль врівноважують у горизонтальному положенні за допомогою гайок на його кінцях.

Звітом про роботу буде малюнки-задачі із позначенням на них знайдених невідомих величин (плече, сила).

Завдання 10. Фронтальна лабораторна робота: «Визначення центра ваги плоских фігур».

Обладнання: лінійка, плоска фігура довільної форми, висок, шпилька з великою голівкою на пробці, штатив з лапкою і муфтою, плоске дзеркало.

Для виконання роботи затискають у лапці штатива пробку в горизонтальному положенні за допомогою шпильки, що вколюють у пробку. Підвішують плоску фігуру за будь-який отвір. Біля шпильки поміщають висок і гостро відточеним олівцем відзначають положення нитки виска на нижньому кінці пластини. Знявши пластину, проводять по лінійці пряму, що з'єднує точку підвісу і відзначену точку.

Після цього повторюють дослід, підвісивши пластину в будь-якій іншій точці. Знову відзначають положення нитки виска і проводять пряму лінію. Точка перетинання двох ліній і дає положення центра ваги даної плоскої фігури. Якщо таким самим способом провести третю лінію, то вона також пройде через знайдену точку – центр ваги фігури. Потім врівноважують пластину на вістрі шпильки і переконуються, що точка опори збігається зі знайденим центром ваги.

Фізичний експеримент з теми «Робота та енергія. Закон збереження енергії».

Завдання 1. Визначити роботу при підніманні вантажу і переміщенні його по горизонтальній площині.

Обладнання: динамометр трубчастий на 2,5 Н, метр, штатив універсальний, трибометр, брусок.

В лапці штатива вертикально закріплюють демонстраційний метр так, щоб його кінець знаходився на поверхні столу. До крючка динамометра, який тримають у руці, підвішують дерев'яний брусок і вимірюють його вагу. Потім брусок разом з динамометром розташовують збоку демонстраційного метра і рівномірно піднімають на висоту 60-70 см. Обчислюють величину виконаної роботи, виразивши її в джоу-

лях. У той же час підкреслюють, що ця робота була виконана проти сили тяжіння.

Після цього кладуть брусок на дошку трибометра (можна на поверхню стола) і за допомогою динамометра переміщують його рівномірно на таку саму відстань, як і у першому випадку. Під час руху відмічають показники динамометра, тобто вимірюють силу тяги. Знаючи величину діючої сили і пройдений шлях, знову обчислюють роботу, виразивши її в Джоулях. Звертають увагу, що робота в цьому випадку була виконана проти сили тертя.

Порівнюючи результати двох вимірювань, роблять висновок: робота, виконана при підніманні вантажу, значно більша від роботи, затраченої на переміщення цього вантажу на таку саму відстань по горизонтальній площині.

Завдяки наочності і конкретності цей дослід допомагає сформувати в учнів правильне уявлення про роботу та спосіб її вимірювання.

Завдання 2. Продемонструвати рівність робіт на важелі.

Обладнання: трубчастий динамометр на 10 Н, важіль демонстраційний, штатив універсальний, набір тягарців з двома кільцями, лінійка демонстраційна.

Демонстраційний важіль підвішують на осі, закріпленій в муфті штативу. Урівноважують його. За допомогою демонстраційного метра фіксують початкове положення точок, до яких прикладені сили. Початкову висоту розміщення важеля над столом бажано підібрати так, щоб точки прикладання сил розташовувались на одному рівні з рискою, яка відмічає одне з дециметрових поділок шкали метру. Потім відхиляють важіль на деякий кут у вертикальній площині та вимірюють відстані, на які змістилися точки прикладання сил.

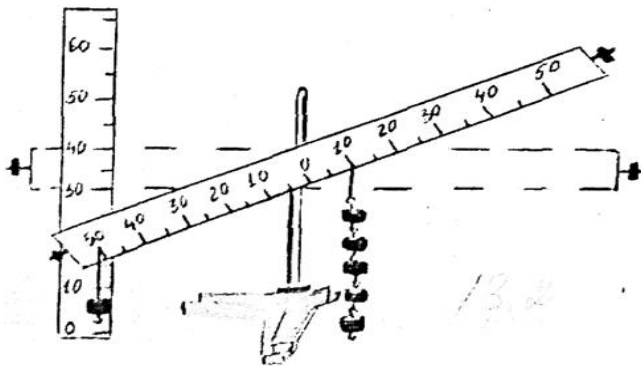


Рис.1.

Обчислюють роботи, виконані обома силами, і впевнюються у рівності цих робіт. Дослід повторюють, змінивши кут нахилу важеля. У результаті переконуються, що важіль не дає виграшу у роботі. Користуючись важелем, можна виграти в силі або у відстані, причому в скільки разів виграємо в силі, у стільки ж разів програємо у відстані. Це правило називають «золотим правилом» механіки.

Завдання 3. Продемонструвати потенціальну енергію деформованої пружини.

Обладнання: трибометр з брусом, пружина від відерця Архімеда, гирі масою 1 і 2 кг.

Пружину від відерця Архімеда підвішують до штативу і навантажують гирею масою 1 кг. Відпустивши гирю, спостерігають розтягнення пружини. У нижньому положенні гирю зупиняють. Цим пояснюють, що сила тяжіння, опускаючи гирю, виконала роботу по розтягуванню пружини. Відтягують пружину вниз і відпускають. Пружина, повертаючись у вихідне положення, виконує роботу по підніманню гирі.

Дерев'яний брусок кладуть на дошку трибометра і навантажують гирею масою 2 кг. За крючок бруска зачіплюють пружину від відерця Архімеда. Притримуючи брусок з гирею рукою, розтягують пружину. Потім відпускають брусок. Пружина, стискаючись, повільно переміщує брусок з гирею по трибометру, виконуючи роботу проти сили тертя. (рис.2.).

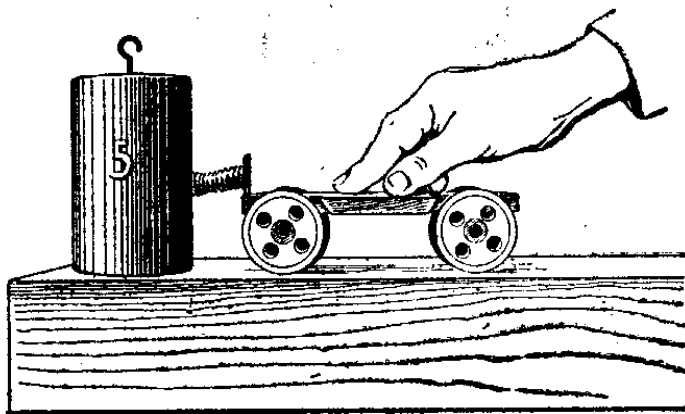


Рис.2. Стиснута пружина має потенціальну енергію.

Пояснюють, що сила пружності в кожний момент залежить тільки від величини розтягу пружини. Тому і робота, яку виконує ця сила, залежить від розтягу пружини, тобто від взаємного положення її витків.

На основі дослідів роблять висновок, що деформована пружина має енергію, величина якої залежить від взаємного розташування її витків. Тому цю енергію називають потенціальною енергією.

Завдання 4. Продемонструвати перехід потенціальної енергії в кінетичну і навпаки.

Обладнання: гиря масою 1 кг, пружина від відерка Архімеда, гиря масою 50 або 100 г з крючком, стальна кулька, скляна трубка, ковадло, штатив універсальний.

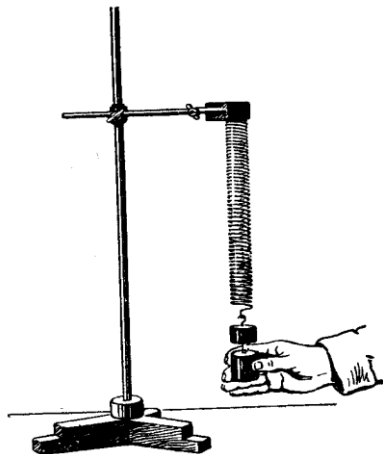


Рис.3. Демонстрація потенціальної енергії розтягнутої пружини.

Явище перетворення потенціальної енергії в кінетичну і навпаки можна продемонструвати на таких дослідах (рис.3.).

1. Гирю масою 1 кг підвішують на пружині до штативу і приводять у коливальний рух у вертикальному напрямку. Дають можливість учням спостерігати за коливанням вантажу. Потім зупиняють гирю і, взявши її рукою, підводять то в середнє, то у верхнє, то в нижнє положення. Одночасно показують сили, які діють на вантаж в кожному із цих положень, швидкості його руху, а також взаємні перетворення кінетичної і потенціальної енергії вантажу і пружини.

2. На стальне ковадло встановлюють скляну трубку довжиною 60-70 см, вставивши її в лапку штатива (рис.4.). У трубку опускають сталеву кульку. Упавши на ковадло, кулька підскакує і після декількох підскоків зупиняється. На цьому досліді показують перетворення потенціальної енергії кульки в кінетичну і навпаки, а також у внутрішню енергію кульки. Водночас відбувається поступове розсіювання енергії (затухання коливань). Щоб це продемонструвати, на ковадло кладуть кусок картону або пластиліну. Кулька підскачить на меншу висоту або зразу ж зупиниться (на плас-

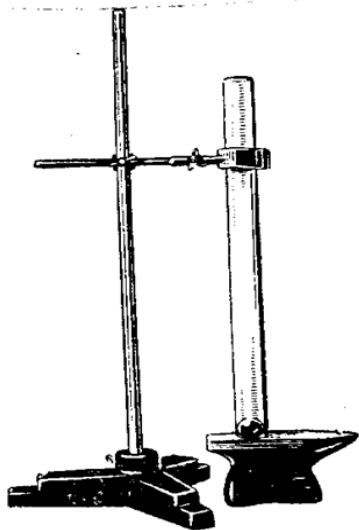


Рис.4. Установка для демонстрації перетворення потенціальної енергії сталльної кульки в інші види енергії

тиліні). Кінетична енергія перетворюється у внутрішню енергію пластиліну.

Завдання 5. Продемонструвати, що величина зміни енергії тіла дорівнює виконаній роботі.

Обладнання: динамометр пружинний, вантажі масою 50 г, метр демонстраційний, штатив універсальний.

Вважаючи роботу як процес перетворення енергії, корисно показати, що кількість перетвореної енергії дорівнює величині роботи, яка виконується при цьому перетворенні. Дослід треба провести так, щоб необоротні втрати енергії були якнайменшими і не впливали на результати. Установка складається з динамометра і підвішеного до нього тягарця масою 50 г. Дослід проводять в такій послідовності. Тягарець, який висить унизу піднімають до динамометра і від-

пускають (рис.5.). При падінні він розтягує пружину динамометра. Дослід повторюють декілька разів, щоб достатньо точно визначити величину сили, що виявилась рівною 1,4 Н.

Далі за допомогою демонстраційної лінійки вимірюють відстань, яку пройшов показчик. За отриманими даним визначають роботу розтягу пружини: $A = 1,4 \text{ Н} / 2 \cdot 0,38 \text{ м} = 0,266 \text{ Дж}$. Потім відтягують тягарець вниз, доки динамометр не покаже 1,4Н, і вимірюють висоту, з якої падав тягарець, тобто відстань від верхнього гачка тягарця до втулки динамометра. Якщо ця відстань дорівнює 54 см, то легко підрахувати зменшення потенціальної енергії тягарця:

$$E_{\text{п}} = 0,5 \text{ Н} \cdot 0,54 \text{ м} = 0,27 \text{ Дж}.$$

Таким чином, при перетворенні потенціальної енергії піднятого тягарця в енергію розтягнутої пружини, робота з розтягування пружини дорівнює кількості перетвореної енергії: $A = E_{\text{п}}$.

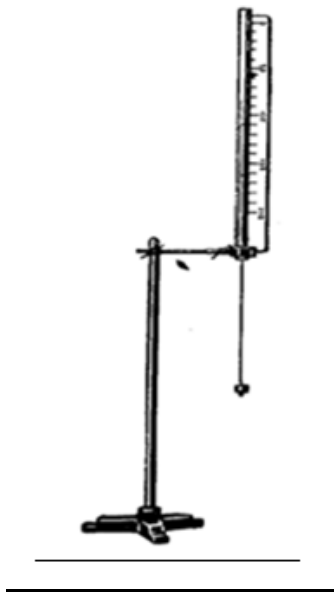


Рис. 5. Установка для досліду 5.

Завдання 6. Продемонструвати розподіл тиску в рухомій рідині, що тече по трубі різного перерізу.

Обладнання: прилад з каналом різного перерізу, проєкційний апарат, скляна посудина ємністю 1-2л з тубусом внизу, гумові трубки з гвинтовими затискачами, кювета для стікання води.

Прилад для демонстрації тиску рідини, яка тече по трубі різного перерізу, призначений для проєктування. Його виготовлено з пластинки органічного скла розміром $80 \times 60 \times 20$ мм, всередині якої просвердлено горизонтальний канал із звуженням посередині (рис. 6.).

До каналу на рівних відстанях одна від одної підходять три манометричні вертикальні трубки діаметром 3 мм, причому одна з них з'єднана з вузькою частиною каналу. Горизонтальний канал з обох сторін закінчується ніпелем для подачі та стікання води. Прилад закріплено на стержні та встановлено у рейтері проєкційного апарата.

Для проведення демонстрації прилад встановлюють перед конденсором проєкційного ліхтаря і об'єктивом з оборотною призмою. На екрані отримують пряме зображення. До ніпеля для подачі води приєднують гумову трубку від посудини з водою, яку розташовують на підйомному столику поблизу проєкційного ліхтаря. До другого ніпеля

приєднують зливну трубку зі скляним наконечником і краном (довжина наконечника 40-50 мм і діаметр 3,5-4 мм) і направляють її у кювету. Повільно відкривають гвинтовий затискач на трубці від посудини з водою і на екрані спостерігають, як при певному потоці рівні рідини в манометричних трубках займають відповідні положення.

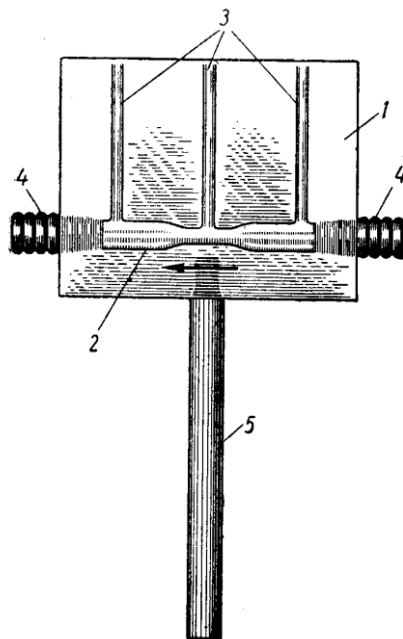


Рис.6. Прилад для демонстрації тиску рідини.

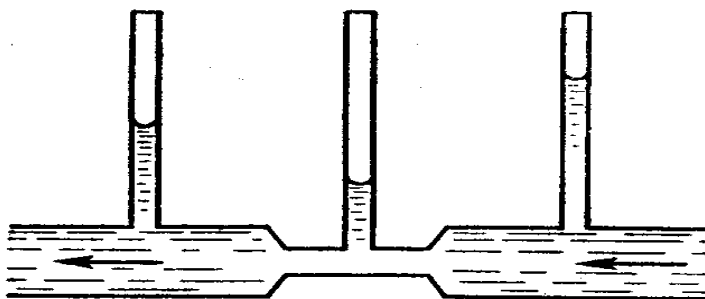


Рис.7. Розподіл тиску в потоці.

Звертають увагу учнів, що у вузькій частині каналу, де швидкість течії найбільша, тиск менший, ніж у широкій частині, де швидкість менша. Тиск у каналі по напрямку течії спочатку зменшується, а потім збільшується, але не досягає тієї самої величини через внутрішнє тертя.

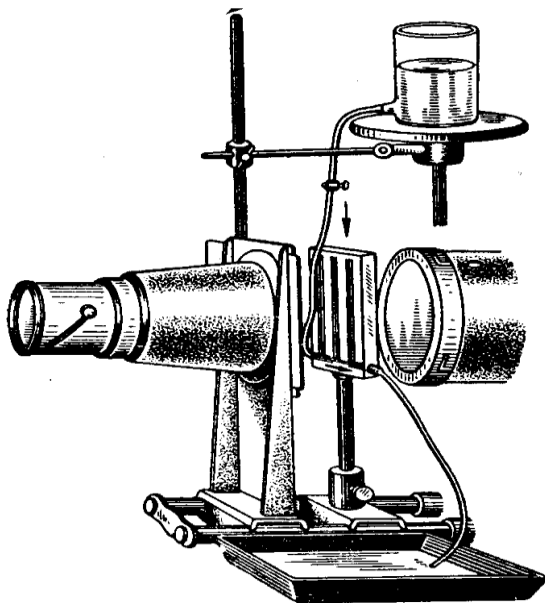


Рис.8. Установка для демонстрації розподілу тиску в потоці різного перерізу.

Регулюючи швидкість течії на вході та виході приладу, можна у вузькій частині каналу отримати тиск, менший від атмосферного. Успіх досліду залежить від величини вихідного отвору в зливній трубці. Тому треба підібрати відповідний скляний наконечник і берегти його. Можна використати кран або гвинтовий затискач на кінці зливної трубки.

Завдання 7. Продемонструвати підймальну силу, що діє на крило літака.

Обладнання: модель крила літака, повітродувка, мікроманометр з трубкою-зондом.

Модель крила встановлюють на підставці на відстані 20-25 см від отвору повітродувки.

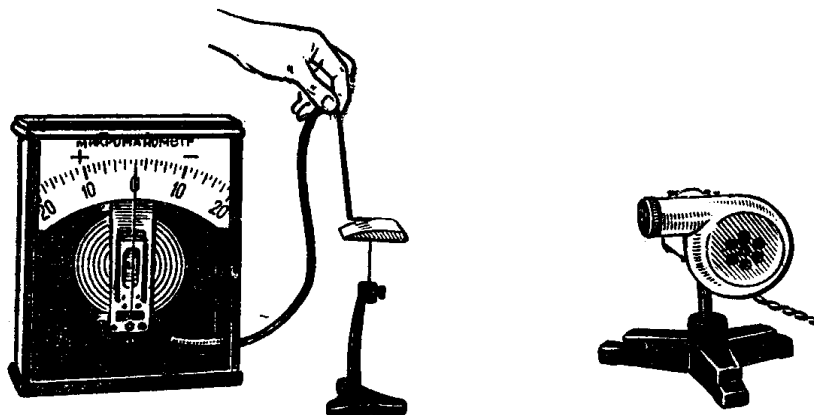


Рис.9. Установка для дослідження тиску над і під крилом.

Звертають увагу учнів, що нижня площина крила паралельна повітряному потоку. Вмикають повітродувку і трубкою-зондом, з'єднаною з мікроманометром, визначають величину динамічного тиску над і під крилом. Трубку-зонд розташовують зігнутим кінцем паралельно повітряному потоку поблизу верхньої поверхні крила та спостерігають зниження тиску на 4-5 мм водяного стовпчика порівняно з атмосферним.

Потім переносять зонд під крило і спостерігають, що тут тиск майже дорівнює атмосферному, а трохи ближче до задньої кромки крила дещо вищий (на 1 мм вод.ст.).

Таким чином впевнюються, що різниця тисків над і під крилом зумовлює наявність підйімальної сили, яка діє на крило.

Фізичний експеримент з теми «Механічні коливання і хвилі. Звук».

Завдання 1. Підготувати і провести демонстрації запису коливального руху.

Обладнання: прилад для демонстрації запису коливального руху.

а) невелика лійка підвішується на тонких довгих сталевих проводах. Під лійкою розташовують прозору пластинку плексигласу. Лійку

наповнюють дрібним піском і злегка відхиляють від положення рівноваги. Під час коливань лійки пісок висипається з неї тонким струменем, залишаючи на папері прямолінійний слід. Якщо лист паперу пересувати рівномірно перпендикулярно до площини коливання лійки, то пісок, який висипається, опише синусоїду. Після завершення досліду пластинку плексигласу з отриманим малюнком витягають з під лійки і демонструють учням записане коливання.

Обладнання: закопчена пластинка, проєкційний ліхтар, камертон із голкою.

б) до одного краю камертона кріплять тонку голку. Збуджуючи камертон, швидко проводять голкою над закопченою пластинкою перпендикулярно до напрямку руху камертона, торкаючись до скла лише голкою. На склі з'являється малюнок синусоїди, який показують на екрані за допомогою проєкційного ліхтаря. Закопчене скло розташовують горизонтально на ліхтарі та демонстратор проводить камертоном по пластинці. На темному фоні екрану учні спостерігають виразно нацарапану синусоїду.

Завдання 2. Продемонструвати залежність періоду коливань пружини від жорсткості та маси вантажу.

Обладнання: утримувач зі спіральною пружиною, гирі масою 250 м і 1 кг, секундомір електромеханічний демонстраційний, штатив універсальний, метр демонстраційний.

Під час вивчення коливань пружинного маятника варто показати, що:

- 1) період прямо пропорційний квадратному кореню з маси коливного тіла;
- 2) період обернено пропорційний квадратному кореню з коефіцієнта пружності пружини.

Для демонстрації цих дослідів збирають установку за схемою на рисунку 1. Стійку штатива складають з двох стрижнів, що згвинчуються – довгого і короткого. Спіральну пружину ввертають на 2-3 витки утримувача, укріпленого на штативі, і навантажують гирею масою 1 кг. Поруч на столі розташовують демонстраційний секундомір і переходять до демонстрації дослідів.

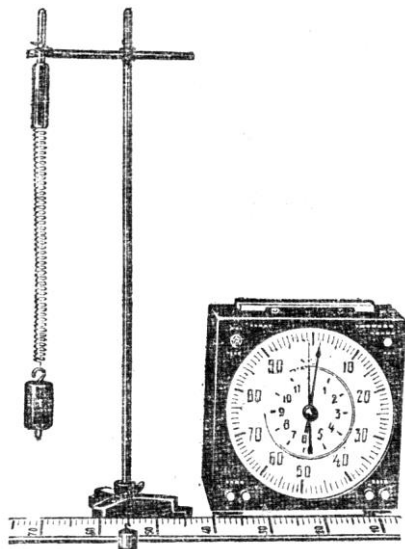


Рис.1. Демонстрація коливань пружинного маятника.

1. До пружини підвішують гирю масою 250 г і визначають період коливань. Він змінився. На підставі цього можна зробити висновок: період пружних коливань маятника прямо пропорційний квадратному кореню з маси коливного тіла (маса пружини не враховується).

2. У пружини залишають одну четверту частину працюючих витків, а решту вкручують в утримувач. До нижнього кінця підвішують гирю масою 1 кг і знову визначають період коливань. Він зменшився.

Порівнюючи отриманий результат з періодом коливань повної пружини, визначеним у першому досліді, приходять до висновку, що період коливань пружинного маятника прямо пропорційний квадратному кореню з числа витків пружини. Останній висновок можна сформулювати інакше: період коливань пружинного маятника обернено пропорційний квадратному кореню з коефіцієнта пружності пружини, під яким розуміється сила, необхідна для розтягання пружини на 1 м.

Установлені закономірності можна представити так:

$$T \approx \sqrt{\frac{m}{k}},$$

де T – період, m – маса коливного тіла, k – коефіцієнт пружності пружини.

Якщо ввести коефіцієнт пропорційності, то можна записати рівняння:

$$T = K \sqrt{\frac{m}{k}},$$

тоді

$$K = T \sqrt{\frac{k}{m}}.$$

Підставляючи в останню формулу числові значення величин, знайдених у результаті виміру, одержуємо:

$$K = 1,26 \text{ з} \sqrt{\frac{28 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{1 \text{ кг}}} = 1,26 \text{ з} \sqrt{\frac{28 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}}{1 \text{ кг}}} \approx 6,33.$$

Ця величина приблизно дорівнює 2π . Тому формулу для періоду коливання маятника остаточно записують так:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Завдання 3. Підготувати і провести демонстрацію явища механічного резонансу:

а) на маятниках.

Обладнання: рама з 4-ма маятниками.

До рами на нитках різної довжини підвішують декілька однакових вантажі (металеві кульки).

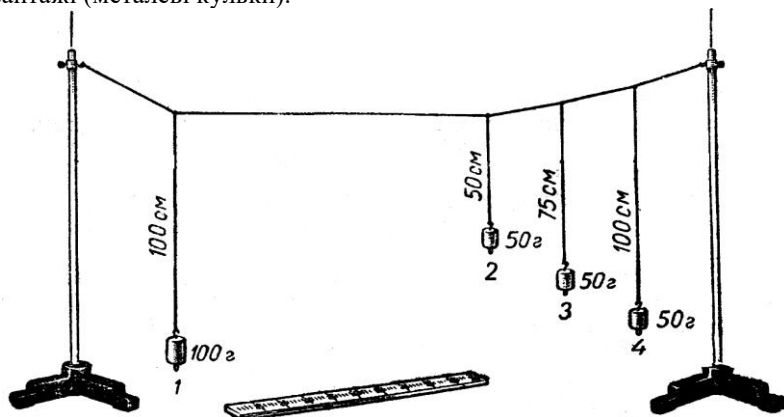


Рис.2. Установка для демонстрації резонансу маятників.

Дві з них підвішують на нитках однакової довжини. Відхиливши один із маятників, спостерігають поступове розкачування інших маятників. Найбільше коливання спостерігається в маятника, довжина якого збігається з довжиною відхиленого. Для кращої наочності цього явища маятники одної довжини треба укріплювати на перекладині рами на деякій відстані так, щоб між ними розташувалися ще маятники з більшою та з меншою довжиною підвісу. Явище резонансу наступить у той час, коли маятники однакової довжини будуть розкачуватися з однаковими періодами.

б) на камертонах.

Обладнання: два однакові камертони.

Два однакові камертони розташовують на відстані 60-80 см один від одного. Дірки резонаторних ящиків обертають один до одного. Ударом дерев'яного молоточка збуджується другий камертон. Якщо частоти камертонів однакові, то перший камертон, коли хвилі дійдуть до його ящика буде зразу ж збуджений. Його збудження підтверджується звучанням першого камертону. Потім необхідно припинити звучання другого камертону – генератора, торкаючись до його ніжок рукою.

Завдання 4. Провести демонстрацію зв'язку гармонічних коливань з рівномірним рухом по колу.

Обладнання: прилад для демонстрування руху маятника по колу у вертикальній площині, маятник на пружині, проєкційний ліхтар, екран.

Вивчення гармонійних коливань корисно зв'язати з рівномірним рухом точки по колу. Це дозволить уточнити поняття про гармонійне коливання, показати, що таке коливання є синусоїдальним, а також закріпити складні поняття про фазу коливання і різницю фаз.

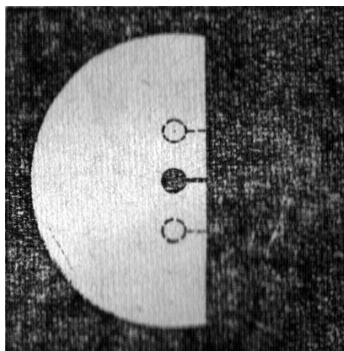


Рис.3. Зображення тіні від кульки на екрані.

Прилади встановлюють так, щоб на екрані з'явилася чітка тінь тільки від кульки і щоб під час обертання кульки тінь коливалася тільки по вертикальній лінії (рис.3.).

Зосередивши увагу учнів на екрані, приводять кульку в рівномірне обертання і спостерігають за рухом її тіні. У процесі демонстрації досліду з'ясовують, що за час одного обороту кульки її тінь на екрані здійснює одне повне коливання.

Далі показують, що тінь від кульки робить гармонійні коливання. З цією метою на демонстраційному столі поруч з кулькою встановлюють вертикальний пружинний маятник. Верхній кінець маятника закріплюють на такій висоті, щоб ги́ря масою 1 кг, підвішена до нижнього кінця пружини, у спокійному стані знаходилася на одному рівні з віссю обертання кульки (рис.4.).

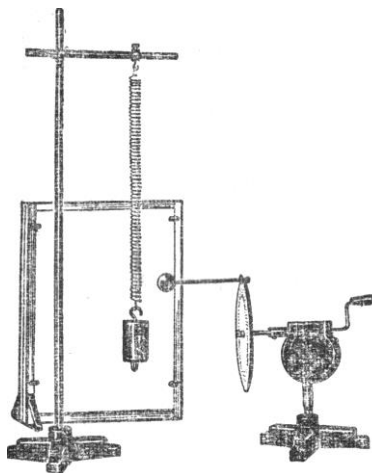


Рис.4. Установка для демонстрації зв'язку гармонійних коливань з рівномірним рухом по колу.

Маятник приводять у коливання, а кульку – у рівномірне обертання з такою швидкістю, щоб обидві тіні на екрані (від кульки і ги́рі) протягом деякого часу коливалися з однаковими періодами, амплітудами і фазами (рис.5.).

Під час демонстрації досліду вчитель повинний уважно стежити не за тілами, що рухаються, а за коливанням їх тіней на екрані. З досліду роблять висновок, що при рівномірному обертанні точки по колу її проєкція на один з діаметрів здійснює гармонійні коливання. Оскільки період коливань тіні від кульки, що рівномірно обертається, можна

зробити досить великим, то стає можливим докладно простежити всі особливості гармонійних коливань. Наприклад, можна з'ясувати характер зміни швидкості і прискорення.

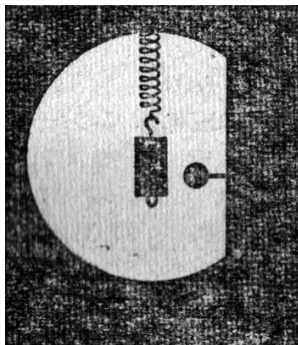


Рис.5. Зображення на екрані тіні від кульки і гирі, підвішеної на пружині.

З цією метою до кульки на стрижні прикріплюють невелику картонну чи металеву стрілку. Кульку повертають навколо стрижня доти, поки стрілка не розташується по дотичній до кола, що описує кулька під час обертання. У цьому випадку стрілка характеризує величину і напрямок швидкості кульки, а її тінь – величину і напрямок швидкості тіла, що здійснює гармонійне коливання.

Кульку приводять у повільне рівномірне обертання і спостерігають на екрані зміну тіні від стрілки. Коли тінь від кульки проходить положення рівноваги, тінь від стрілки досягає найбільшої довжини. У міру віддалення кульки від середнього положення довжина тіні від стрілки поступово зменшується. У крайніх положеннях вона обертається в нуль (зникає за тінню кульки) і змінює свій напрямок.

Потім цю кульку на стрижні встановлюють так, щоб стрілка розташувалася вздовж радіуса, а її вістря було спрямовано до центра диска. Знову приводять кульку в повільне обертання й уважно спостерігають за рухом тіні на екрані. У цьому випадку стрілка зображує величину і напрямок доцентрового прискорення кульки, а її тінь – величину і напрямок прискорення тіла, що здійснює гармонійне коливання.

Тепер тінь від стрілки досягає максимальної величини в крайніх положеннях і зменшується до нуля (ховається за тінню кульки) у міру наближення до положення рівноваги. У момент проходження положення рівноваги стрілка-тінь змінює свій напрямок на протилежний і

завдяки цьому залишається завжди спрямованою до положення рівноваги.

Корисно показати технічне застосування зв'язку між коливальним і обертовим рухами на прикладах руху поршня і махового колеса в моделі парової машини чи на русі поршня і колінчатого вала в моделі двигуна внутрішнього згоряння.

Завдання 5. Продемонструвати утворення і поширення поперечних і повздовжніх коливань.

Обладнання: хвильова машина.

Прилад являє собою набір однакових за діаметром кульок, насаджених на стрижні та зміщених по хвильовій лінії (розташовані по синусоїді).

Переставляючи кульки за допомогою муфт, показують розташування часток середовища при утворенні й поширенні поперечної хвилі.

Демонстрацію досліду супроводжують приблизно наступними міркуваннями.

Нехай на першу частинку подіяла короткочасна сила, спрямована вгору. Під дією цієї сили частинка починає рухатися. Завдяки наявності зв'язку між частинками середовища, слідом за першою частинкою з деяким запізненням почне рухатися вгору друга, за нею третя і т.д.

Через $\frac{1}{4}T$ перша частинка досягне найбільшого відхилення від положення рівноваги і зупиниться, а інші частинки, які прийшли в рух за цей час, розташуються по синусоїді (рис.6, а).

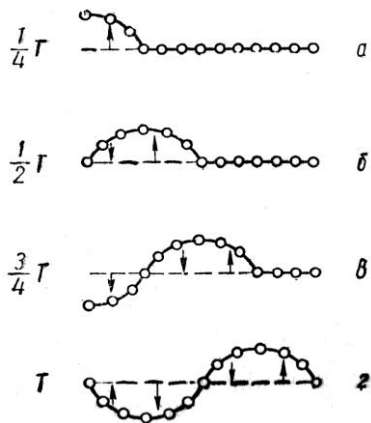


Рис.6. Положення кульок на хвильовій машині в різні моменти часу.

Після цього перша частинка під дією сили пружності починає рухатися вниз до положення рівноваги та досягне його через $\frac{1}{2}T$. За цей час ще кілька (три) частинок утягнуться в коливальний рух, причому друга і третя частинки після досягнення найбільшого відхилення змінять свій рух на зворотній. До кінця другої чверті періоду в крайньому верхньому положенні опиняться четверта частинка, інші розташуються, як показано на рисунку 6, б.

Продовжуючи подібні міркування й одночасно переміщуючи кульки на спицях, показують їхнє розташування наприкінці $\frac{3}{4}T$ (рис.6, в) і наприкінці повного періоду коливання першої частинки (рис.6, г).

Потім цей диск хвильової машини встановлюють для демонстрації поперечних хвиль (рис.7).

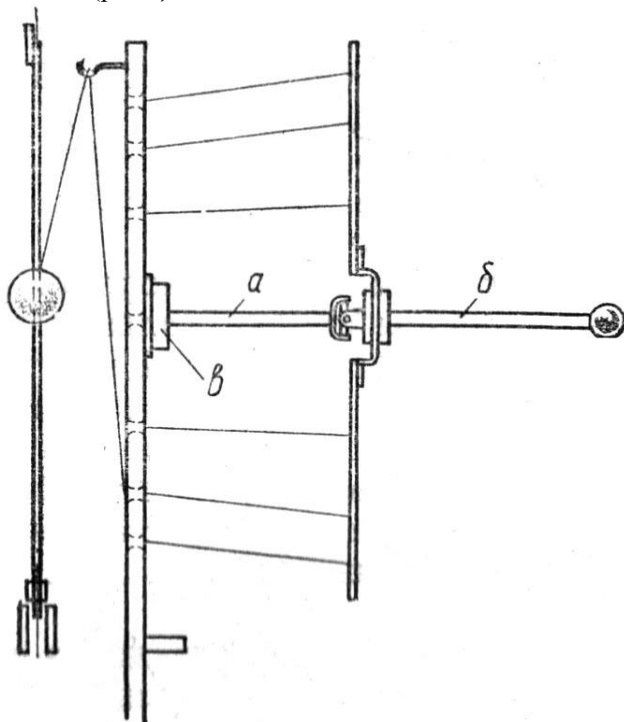


Рис.7. Установка диска на хвильовій машині для демонстрації поперечних хвиль.

Для цього стрижень a із шарніром угвинчують у металеве гніздо b , прикріплене до щитка. Диск відтягають від щитка і насаджують центральним отвором на гвинт шарніра, на який потім нагвинчують рукоятку b . При такому положенні диска всі кульки піднімаються на рівень білої лінії, що мається на лицьовій стороні щитка (при цьому муфти на спицях повинні бути опущені). Рукою обертають рукоятку b так, щоб вона описувала бічну поверхню конуса. Під час цього виникає безперервний процес поширення поперечної хвилі (рис. 8).

Від напрямку обертання залежить напрямок поширення хвиль, а від швидкості обертання – швидкість їх поширення. Щоб збільшити амплітуду коливань, збільшують радіус обертання рукоятки.

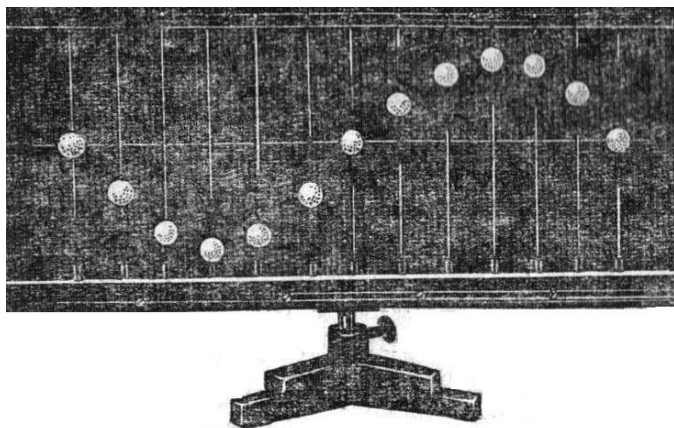


Рис.8. Модель поперечної хвилі на хвильовій машині.

У процесі демонстрації звертають увагу на два різних явища: коливальний рух частинок і поширення коливального руху. Обидва ці рухи взаємно перпендикулярні. Тому хвилі, у яких частки середовища коливаються перпендикулярно до напрямку поширенню хвиль, називають поперечними.

На досліді показують, що за час повного коливання кожної з часток (період) коливальний рух поширюється на відстань, рівну довжині хвилі.

Звертають також увагу на різницю фаз коливань окремих часток і дають поняття про довжину хвилі як про відстань між найближчими частинками, що коливаються в однаковій фазі.

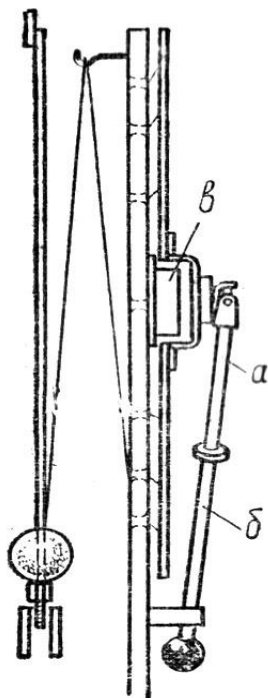


Рис. 9. Установка диска на хвильовій машині для демонстрації по-
вздовжніх хвиль.

Поняття про повздовжню хвилю демонструють за допомогою хвильової машини. Для цього диск машини встановлюють у положення, зображене на рисунку 9. У цьому випадку кульки опускаються до нижньої планки приладу. Взявшись за ручку нитяного затиску, обертають її по колу, накресленому на щитку. Під час цього маятники з кульками роблять коливальний рух і створюють картину поширення повздовжніх хвиль (рис. 10).

У повздовжній хвилі, так само як і в поперечній, частинки коливаються з однаковим періодом і амплітудою, і кожна наступна відстає від попередньої по фазі. Відрізняються ці два види хвиль лише напрямком коливання часток. У повздовжній хвилі частинки коливаються вздовж напрямку поширення хвилі. Унаслідок цього частинки середовища то зближуються, то віддаляються один від одного; процес поширення повздовжньої хвилі супроводжується переміщенням областей згущення та розрідження.

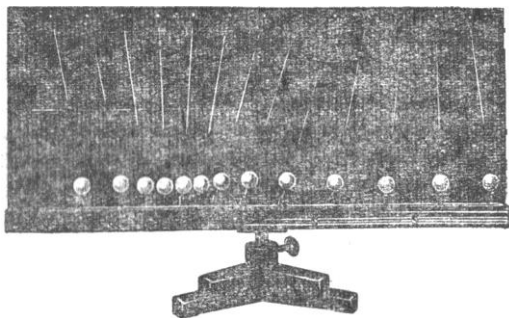


Рис. 10. Модель поєздовжньої хвилі на хвильовій машині.

Змінюючи швидкість обертання нитяного затиску, демонструють зміну швидкості поширення хвилі. Показують, що при зміні обертання затиску змінюється напрямок поширення хвиль, а при збільшенні радіуса обертання збільшується амплітуда коливання частинок.

Звертають увагу також на те, що точки, розташовані одна від одної на відстані хвилі, мають однакові фази.

Для закріплення матеріалу учням демонструють шостий фрагмент з учбового звукового кінофільму «Коливання та хвилі» (ч. 2). У цьому фрагменті, який називається «Розповсюдження коливань», спочатку показують коливання нитяних маятників, а потім розкривають процес утворення поєздовжніх та поперечних хвиль. Показують хвилі на поверхні води. Поплавки на воді наочно доводять коливання частинок води; при розповсюдженні хвиль вони створюють лише вертикальні коливання, але зміщуються вздовж напрямлення поширення хвиль.

Завдання 6. Підготувати і провести демонстрацію вивчення головних характеристик звуку (висота, гучність).

Обладнання: генератор звуковий шкільний, осцилограф шкільний, гучномовець електродинамічний.

Зв'язок висоти тону звуку з частотою коливань можна продемонструвати за допомогою звукового генератора та електронного осцилографа.

Збирають установку за рисунком.

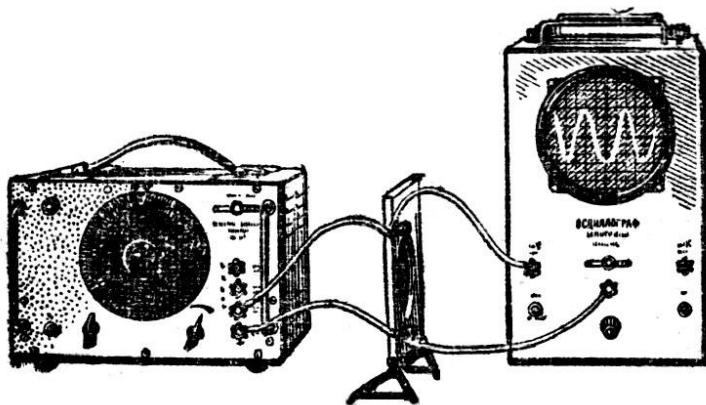


Рис. 11. Установка для демонстрації характеристик звуку.

До вихідних затискачів звукового генератора (5 Ом) підключають електродинамічний гучномовець, а паралельно йому – вхід вертикального підсилювача осцилографа. Примушують негучно звучати гучномовець на частоті 300-500 Гц і настроюють осцилограф так, щоб на його екрані виникло стійке зображення синусоїда при частоті горизонтальної розгортки 30-50 Гц. Потім, повертаючи ручку звукового генератора, повільно змінюють частоту звучання гучномовця, починаючи від низьких частот (20 Гц) і закінчуючи самими високими (20 000 Гц). З підвищенням частоти учні чують підвищення тону звуку. Одночасно вони бачать на екрані осцилографа збільшення частоти без зміни амплітуди.

За умови високих частот кількість синусоїд збільшується настільки, що роздивитись кожну з них неможливо. Незважаючи на це, частоту розгортки залишають весь час незмінною. Така постановка досліду наочно доводить, що висота тону залежить від частоти коливань тіла, що звучить. Чим більше частота коливань, тим вищий тон звуку.

Далі демонструють залежність гучності звуку від амплітуди коливань.

Генератор налаштовують на певну частоту, спостерігають стійку осцилограму на осцилографі. Далі, змінюючи гучність, спостерігають за зміною амплітуди коливань на осцилографі.

На основі результатів досліді робимо висновок: гучність звуку залежить від амплітуди коливань.

Фізичний експеримент з теми «Основні положення молекулярно-кінетичної теорії».

1. Продемонструвати модель тиску газу

Обладнання: дрібний дріб, аеродинамічні терези, жолоб, дошка Гальтона.

Наочною демонстрацією до пояснення тиску газу є дослід з дрібним дробом. У настільні аеродинамічні терези закріплюють круглу пластину з аеродинамічного набору. Площину пластини встановлюють вертикально (рис. 1).

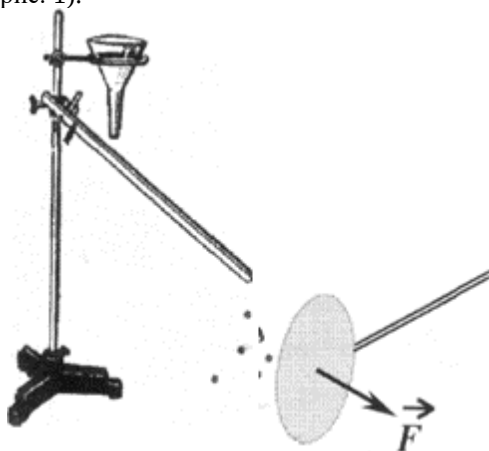


Рис.1. Дослід з дрібним дробом

На пластину спрямовують струмінь дробу за допомогою похилого жолоба. Дріб насипають на жолоб через лійку. Дробинки, бомбардуючи пластину, відхиляють її, причому стрілка приладу показує приблизно сталу силу. У цьому досліді істотно те, що ефект, спричинений ударами окремих дробинок. Вертикальне розміщення пластини усуває ваговий тиск падаючого дробу.

Щоб описати поведінку систем, які складаються з безлічі частинок, важливо знати не поведінку окремих частинок, а закономірності статистичного характеру.

Наочна демонстрація статистичної закономірності – дослід з дошкою Гальтона. Кожна дробинка при падінні стикається з цвяхами, забитими в дошку. Практично неможливо передбачати, в яке відділення впаде яка-небудь дробинка. Але велика кількість дробинок розподіляється по відділеннях у досить сталому відношенні (рис. 2).

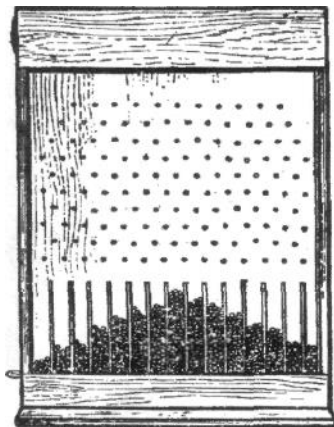


Рис. 2. Дослід з дошкою Гальтона

Отже, завдання молекулярної фізики полягає в тому, щоб передбачити середній результат або статистичні закономірності поведінки великої кількості частинок.

2. Продемонструвати залежність між об'ємом, тиском і температурою газу.

Обладнання: циліндр змінного об'єму, манометр демонстраційний закритий із шкалою 0-1,6 атм, гальванометр демонстраційний, гаряча вода.

Збирають установку за рисунком 3.

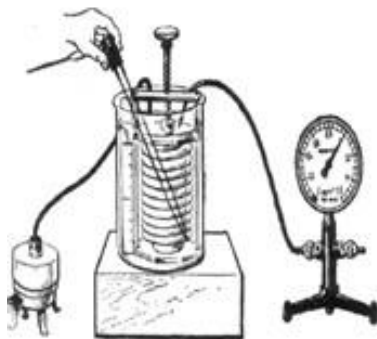


Рис.3.

Закривають вільний кран манометра 1, не наливають воду в склянку, вимірюють за шкалою приладу об'єм повітря в циліндрі, а за термометром – температуру повітря (вона дорівнює кімнатній).

Результати вимірювань записують на дошці у таблицю, де p – тиск, V – об'єм, T – абсолютна температура.

Далі у склянку наливають теплу воду (50° - 60° C) і змінюють об'єм повітря в циліндрі за допомогою гвинта. Коли циліндр прогріється, знову вимірюють об'єм, тиск і температуру повітря. Результати також фіксують у таблиці. Далі циліндр поміщають у холодну воду (приблизно на 10° C нижче кімнатної) або змінюють воду в склянці. Знову змінюють об'єм, тиск, і температуру.

Користуючись отриманими результатами, обчислюють значення виразу $\frac{pV}{T}$ для кожного стану. Всі три значення мало відрізняються один від одного, незалежно від значної зміни відповідних параметрів повітря.

3. Продемонструвати закон Бойля - Маріотта

Обладнання: циліндр змінного об'єму, манометр демонстраційний, трубка гумова.

Перед дослідом показують учням прилад для вивчення газових законів, зображений на рис. 4, разом із манометром.

Звертають увагу на герметичну гофровану посудину, а саме сильфон, який з'єднується з повітрям тільки через невеликий зігнутий патрубков. Сильфон за допомогою гвинта можна розтягувати, за таких умов об'єм газу всередині посудини змінюється пропорційно вгору.

Вимірюють об'єм газу в умовних одиницях за шкалою приладу. Початковий об'єм сильфону – 5 умовних одиниць, а кінцевий – 10.

Для проведення дослідів сильфон з'єднують з манометром. Відкривають у манометра обидва крани і за допомогою гвинта розтягують або стискають посудину так, щоб об'єм газу в ній став, наприклад, 7,5 умовних одиниць. Декілька разів повільно змінюють об'єм газу у приладі і дивляться показники манометра. Із зміщенням (або зменшенням) об'єму тиск збільшується (або зменшується) у стільки ж разів.

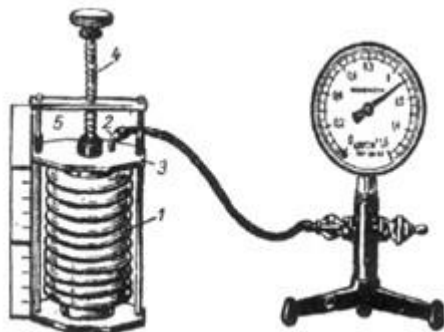


Рис.4.

Результати вимірювань записують в таблицю.

V	p	p*V

Знайдені результати дають можливість зробити висновок, що при незмінній масі газу і сталій температурі добуток об'єму газу на тиск є величина стала.

4. Продемонструвати закон Гей - Люссака

Обладнання: циліндр змінного об'єму, манометр демонстраційний, скляна посудина, тепла вода, лід.

Збирають установку за рис. 3. Для цього циліндр змінного об'єму з'єднують гумовою трубкою з демонстраційним манометром і поміщають у посудину з водою. У воду заздалегідь кидають шматки льоду, щоб температура повітря у циліндрі на початку досліду була 0°C. Тиск повітря у циліндрі дорівнює атмосферному, для цього на початку досліду відкривають обидва крани у манометра.

Записують початковий об'єм, наприклад, 5 одиниць, температуру повітря 0°C і додають до холодної води гарячу.

Тиск повітря всередині циліндру починає підвищуватись. Тоді змінюють за допомогою гвинта об'єм повітря в циліндрі так, щоб тиск залишався весь час сталим і дорівнював початковому. Ретельно змішують воду у посудині, через кожні 20°C вимірюють по шкалі приладу об'єм повітря у циліндрі в умовних одиницях і температуру за термометром.

Результати вимірювань вносять у таблицю.

t	V

За одержаними результатами викреслюють графік. Він показує, що збільшення об'єму повітря при нагріванні на однакову кількість градусів лишається сталим. Потім за рівнянням $\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta t}$ обчислюють

коефіцієнт об'ємного розширення повітря при сталому тиску і переконуються, що він дорівнює приблизно 1/273 об'єму, заповненого повітрям при 0° С.

5. Продемонструвати повітряне кресало

Обладнання: повітряне кресало, ефір або сірка.

Повітряне кресало являє собою порожній прозорий циліндр із щільно пригнаним поршнем. На дно циліндра опускають невеликий шматок вати з ефіром і закривають циліндр поршнем (рис. 5).

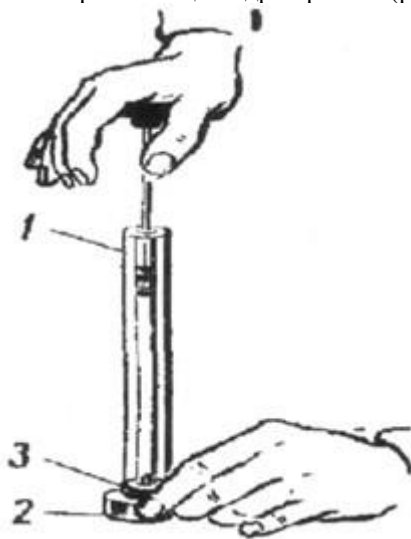


Рис.5. Повітряне кресало: 1–поршень; 2–металевий корок;
3–ущільнююча прокладка.

Потім, акцентуючи увагу учнів на приладі, різким, але не надто сильним натиском руки вганяють поршень всередину циліндра. Повітря

під час стискання дуже нагрівається, що призводить до займання парів ефіру.

6. Підготувати та продемонструвати модель досліду Штерна

Обладнання: диск з приладами, метр демонстраційний, рівень, сірники, пластилін.

Із центра диска пускають кульку та фіксують (рис. 6) місце її зіткнення з бар'єром. Потім приводять диск у рівномірне обертання з певною кількістю обертів за секунду, які відмічають за маятниковим тахометром, і знову пускають кульку. Зупиняють диск і переконуються, що тепер кулька влучила в інше місце.



Рис.6.

Відстань S , на яку змістилась у цьому досліді кулька, і радіус r диска можна виміряти безпосередньо. Швидкість V обертання диску на його ободі легко обчислити, знаючи радіус r та кількість обертів за секунду. Звідси можна обчислити швидкість U руху кульки вздовж радіуса диска, вважаючи цей рух рівномірним. Оскільки час руху кульки по радіусу та час обертання диска на відстань зміщення дорівнюють один одному, $\frac{r}{U} = \frac{S}{V}$. Звідси швидкість кульки $U = \frac{rV}{S}$.

Аналогічно з цією механічною моделлю легко пояснити дослід Штерна, який є недосяжним для демонстрації у середній школі. Далі пояснюють, як визначити тиск газу, знаючи швидкість руху молекул.

7. Продемонструвати критичний стан речовини

Обладнання: проєкційний апарат, прилад для демонстрації критичного стану ефіру, пальник.

Будова приладу Авенаріуса для демонстрації критичного стану ефіру показано на рис. 7. Основою приладу є ампула з такою кількістю ефіру, що під час нагрівання до критичної температури тиск у ній також стає критичним.

Перед дослідом закріплюють прилад у штативі та розташовують між конденсатором та об'єктивом, але краще мати саморобний столик і зібрати установку, як показано на рис. 7.

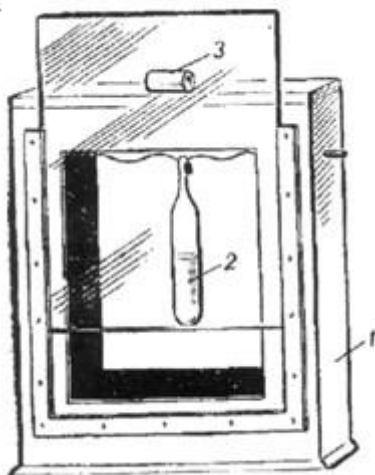


Рис.7. Будова приладу Авенаріуса: 1—камера з жести; 2—ампула з ефіром; 3—скоба для кріплення приладу.

За допомогою об'єктива з оборотною призмою проєктують ампулу на екран, щоб було чітко видно меніск ефіру, запалюють пальник і ведуть спостереження. У процесі нагрівання приладу стає помітним невеликий підйом меніску ефіру, деяке розширення нижньої смуги над ефіром і значне просвітлення нижньої частини ампули, зайнятої ефіром. Це пояснюється тим, що густина пару збільшується, а густина рідини зменшується. У результаті зменшується поверхневий натяг ефіру, вирівнюється кривина меніску.

Далі меніск, пройшовши плоский стан, підіймається приблизно до середини ампули, стає розпливчатим, а потім зовсім зникає. Під час критичної температури ($193,8^{\circ}\text{C}$) та вище уся ампула заповнюється однорідною речовиною.

Після цього припиняють нагрів і спостерігають на екрані зворотний процес.

8. Продемонструвати різні види пружних деформацій

Обладнання: прилад для демонстрації видів деформації, щматок гумової трубки із встромленими в неї залізними шпильками, смужка гуми.

Вивчаючи деформацію зсуву, використовують фабричний прилад для демонстрування деформації (рис. 8). Він складається з дерев'яних пластин розмірами 15х10х1см, які скріплені між собою сталевими спіральними пружинами. На бічній поверхні пластин нанесено посередині добре видимі, мітки, що умовно зображують нейтральний шар твердого тіла. Такі самі мітки нанесено і на краях пластин. Навантаження на прилад не повинно перевищувати 40 Н. Під час більших навантажень можливі залишкові деформації приладу.



Рис.8.

Для демонстрування деформації зсуву нижню дощечку притискують рукою до піднімального столика і, взявшись за верхню, зсувають її відносно нижньої в паралельних площинах. Деформацію кручення можна показати за допомогою товстостінної гумової трубки діаметром 1,5-2 см і завдовжки 25 см, в яку через кожні 2 см встромлено залізні шпильки ($d=1,5$ мм; $l=8$ см; рис. 9).



Рис.9.

Беруть трубку в обидві руки за кінці і, тримаючи один кінець нерухомо, повертають другий навколо осі трубки (рис. 10). Шпильки розміщуються по гвинтовій лінії, що свідчить про зсування окремих шарів трубки. Значення зсуву окремих шарів трубки прямо пропорційне відстані від її осі. Отже, деформацію кручення можна звести до деформації неоднорідного зсуву.

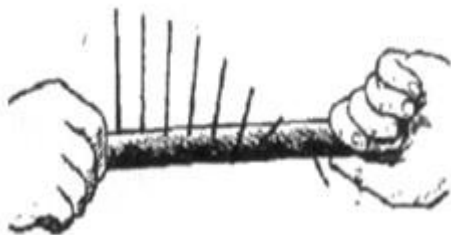


Рис.10.

Можна продемонструвати також кручення гумової смужки: її беруть за кінці двома руками і обертають у протилежні сторони. У результаті цього вона деформується так, що її ребра розміщуються у вигляді гвинтової лінії (рис. 11).

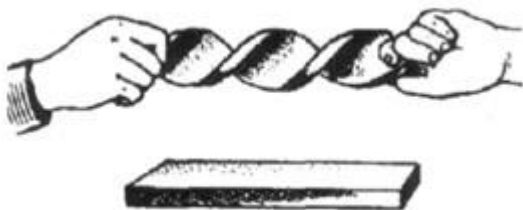


Рис.11.

9. Підготувати і провести демонстрацію сили поверхневого натягу мильної плівки, одержаної на рамці.

Обладнання: рамка з дротинкою, мильний розчин.

П-подібну дротинку зі стороною АВ завдовжки підвішують до динамометра (рис. 12).



Рис. 12.

Сила тяжіння, що діє на дротинку, зрівноважується силою пружності, яка спрямована вгору. Потім підставляють під дротинку посудину з мильним розчином так, щоб сторона АВ дротинки занурилась у розчин.

Під час повільного опускання посудини утворюється мильна плівка, і пружина динамометра розтягується на більшу величину. Сила пружності досягає значення F , це означає, що на сторону дротинки АВ діє з боку мильної плівки сила, спрямована вниз.

10. Продемонструвати пружну і залишкову деформацію

Обладнання: лінійка сталена (25-30 см), пластинки такого розміру (одна із алюмінію і 2-3 зі скла), 2 універсальні штативи.

У лапці штатива закріплюють алюмінієву пластинку, а над нею за допомогою штатива встановлюють кільцеву муфту (рис. 13). Легенько

підштовхнувши кінець пластинки, відпускають його і показують, що він повернувся у початкове положення.

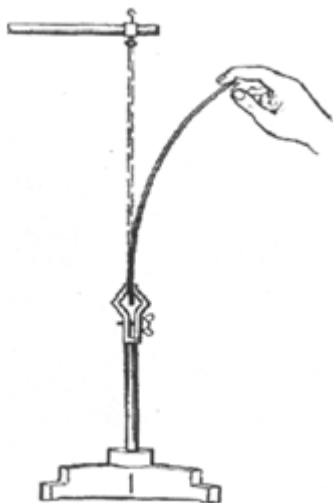


Рис.13.

Поступово збільшують згин пластинки, домагаючись утворення залишкової деформації. Уводять поняття межі пружності й залишкової деформації. Дослід повторюють зі сталюю лінійкою і скляними пластинками. Звертають увагу на те, що сталюю лінійкою має значно більшу межу пружності, а в скляних пластинках межа міцності (при кімнатній температурі) менша за межу пружності: пластинка ламається, зовсім не даючи залишкової деформації.

Фізичний експеримент з теми «Електричне поле».

1. Підготувати і провести демонстрацію «Електризація діелектриків і провідників».

Обладнання: підйомний столик, ебонітова, скляна і плексигласова палички; лінійка, латунна трубка з ізоляційною ручкою; клаптики сукна, капронової тканини, шовку, хутра; дрібні клаптики паперу .

На підйомний столик кладуть клаптики дрібно нарізаного цигаркового паперу. До паперу підносять наелектризовану ебонітову паличку.

Спостерігають притягання до палички клаптиків паперу. Дослід повторюють із сухою скляною паличкою, натертою шовком, та з плексигласовою паличкою, натертою капроною тканиною або папером. Нарешті, таким самим способом демонструють електризацію латунної трубки з ізоляційною ручкою. Роблять висновок про електризацію тіл при терті.

Обладнання: плексигласова пластина, капронова тканина або папір, вата.

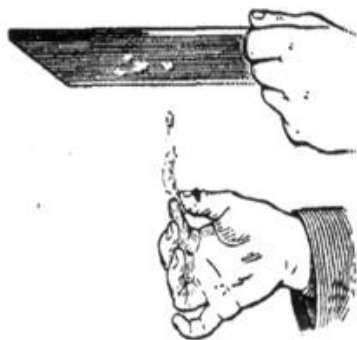


Рис.1.

Плексигласову пластину натирають капроною тканиною або папером і, взявши її рукою, піднімають у горизонтальне положення. Другою рукою беруть за кінчик заздалегідь добре розпушеного маленького шматочка вати та підносять його знизу до пластини (рис. 1) На відстані 20-25 см пластини ватку відпускають, і вона летить угору та прилипає до пластини. Відстань, на якій до пластини притягуються розпушені шматочки вати, можна збільшити до 40-50 см.

Обладнання: паличка і тканина для електризації, нитки, до яких прив'язані легкі тіла з різних речовин; банка з тубусом у дна, вода, кристалізатор.

Учнім показують електричний маятник, що складається з кульки діаметром 15-20 мм, вирізаної з фольги та підвішеної до тоненької шовкової нитки, та демонструють її притягання до наелектризованої палички (рис. 2).

Притягання води до наелектризованого тіла демонструють так. Банку з тубусом у дна наповнюють забарвленою водою, ставлять на підйомний столик і підставляють під кран посудину для збирання води. Відкривають кран і підносять до струменя води наелектризовану паличку (краще підносити її у тому місці де струмінь розби-



Рис.2.

вається на краплини). Спостерігають різке відхилення струменя в бік палички.

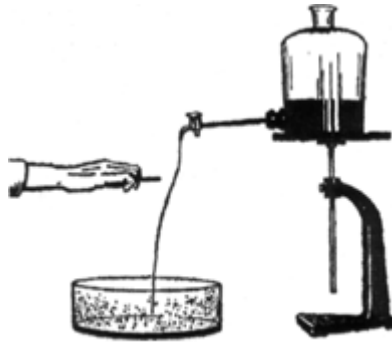


Рис.3.

Обладнання: паличка і тканина для електризації, дерев'яна лінійка, електрична лампочка, штатив.

Цоколь електричної лампи затискають у лапці штатива. На лампу кладуть метрову лінійку так, щоб вона перебувала в рівновазі (рис. 4).

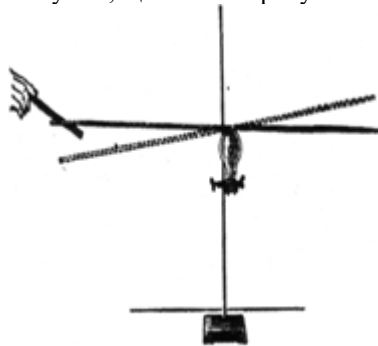


Рис.4.

До кінця лінійки збоку підносять наелектризовану паличку. Лінійка притягується до палички і повертається навколо вертикальної осі.

2. Продемонструвати одночасне виникнення різноименних і рівних по величині зарядів при електризації.

Обладнання: два електрометри, палички для електризації, дроти-на-місток з ізоляційною ручкою.

Ебонітову та плексигласову палички натирають одна об одну й передають їх заряди електromетрам, домагаючись однакового відхилення стрілок, сполучають кулі електromетрів дротиною-містком, тримаючи її за ізоляційну ручку. Заряди нейтралізуються, з чого роблять висновок, що вони різнойменні.

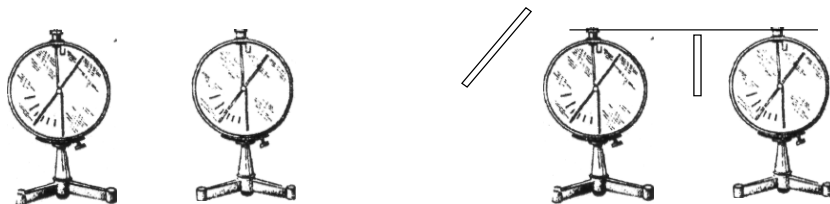


Рис.5.

Цей дослід можна провести інакше. Ебонітову і плексигласову палички натирають одна об одну, після чого складають їх разом та опускають у кулю електromетра. Стрілка електromетра не відхиляється. Виймають одну з паличок і спостерігають відхилення стрілки. З досліду роблять відповідні висновки.

Можна провести ще такий дослід. Стержень електromетра натирають плексигласовою паличкою, внаслідок чого він електризується. Заряд, утворений на паличці, передають другому електromетру. Сполучають кулі електromетрів дротиною-містком. Заряди нейтралізуються.

3. Підготувати і провести демонстрацію закону Кулона.

Обладнання: чутливі терези, три однакові металеві кульки, паличка з плексигласу або ебоніту, лінійка демонстраційна.

Збирають установку з чутливими терезами за рисунком.

На терезах закріплюють легку кульку. Кулька насаджена на тонкий ізолюваний стрижень. Довжину стрижня обирають так, щоб відстань від осі обертання важеля терезів до центру кульки дорівнювала 10 см, коли кулька закріплена на терезах. Другу кульку встановлюють на ізолюваному штативі. Далі обидві кульки заряджають за допомогою палички, зарядженої від електростатичної машини. Звертають увагу учнів на те, що терези виходять з рівноваги внаслідок взаємного відштовхування однойменних зарядів. Переміщуючи рейтер уздовж важеля, приводять терези в рівновагу і за поділками шкали терезів визначають силу взаємодії зарядів.

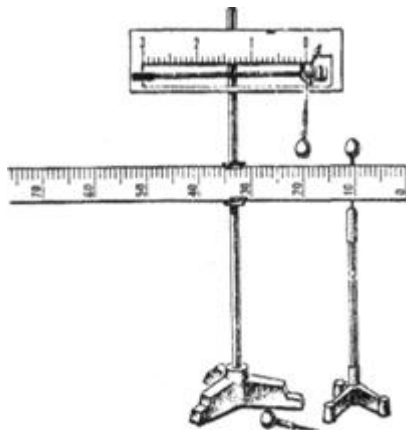


Рис.6.

Потім зменшують заряд однієї з кульок удвічі, торкнувшись її незарядженою третьою кулькою такого самого розміру. І знову переміщують рейтер уздовж важеля, домагаючись рівноваги терезів. У цьому випадку сила буде удвічі менша за попередню. Дослід повторюють, зменшуючи силу в 4 рази. Спостереження дозволяють зробити висновок, що сила залежить від заряду. Дослід повторюють, аналогічно змінюючи величину заряду другої кульки, і переконуються, що сила прямо пропорційна заряду. Щоб перевірити залежність сили взаємодії від віддалі, кульки знову добре заряджають і встановлюють кульку на відстані 5 см від нульового поділу шкали демонстраційної лінійки. Відзначають величину сили за положенням рейтера при рівновазі терезів. Далі збільшують відстань між кульками спочатку удвічі, а потім утричі. Користуючись кожен раз рейтером, приводять терези в рівновагу і переконуються, що у першому випадку сила зменшилась у 4 рази, а в другому – у 9 разів.

За допомогою терезів силу взаємодії можна визначити не тільки в умовних одиницях, але і в абсолютних.

4, 5. Підготувати і провести демонстрацію електричного поля двох однойменно заряджених кульок та поля двох різнойменно заряджених пластин.

4. Обладнання: електростатична машина, електричні султани, з'єднувальні провідники.

Електричний султан – це низка смужок цигаркового паперу, приріплених до маленького металевого диска, встановленого на ізоляцій-

ному штативі. Сполучають султани з кондуктором електростатичної машини і, обертаючи круги машини, спостерігають картину поля точкового заряду (рис.7, а). Щоб мати уяву про структуру поля однойменних зарядів, два султани, розміщені на відстані, яку підбирають експериментальне, сполучають із одним з кондукторів електростатичної машини та демонструють картину поля (рис.7, б).

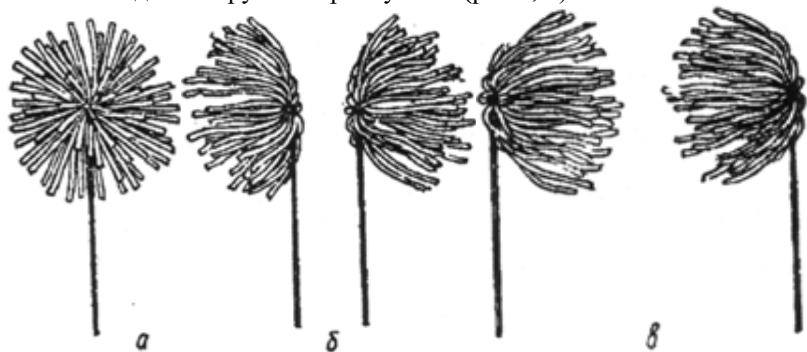


Рис. 7.

Структуру однорідного поля демонструють, сполучаючи з різноманітними зарядженими кондукторами дві затиснуті за ізоляційні ручки в лапках штативів конденсаторні пластини, до яких у різних точках приклеєні смужки цигаркового паперу.

Зауважимо, що ці картини полів створюються через вагу і пружність паперових листочків.

5. Обладнання: прилад для утворення спектрів електричних полів, електростатична машина.

Будова приладу для демонстрування спектрів електричних полів зрозуміла з малюнка.

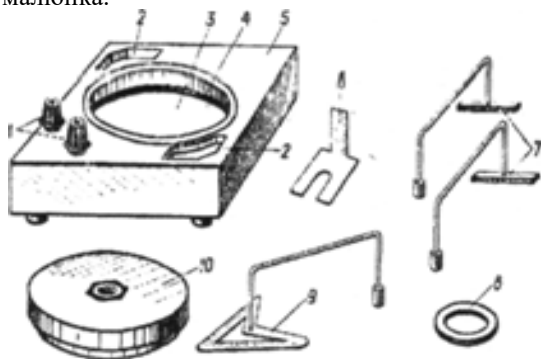


Рис.8.

Для демонстрування прилад установлюють на конденсор проєкційного ліхтаря, підготовленого для горизонтальної проєкції.

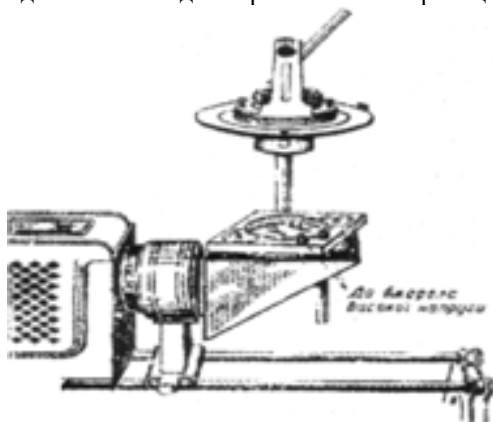


Рис.9.

У ванночку приладу наливають шар вазелінового або трансформаторного масла завтовшки 1-2 мм. На поверхню масла насипають гідрохінон або манну крупу. У масло занурюють електроди (один циліндрик – для утворення спектра поля точкового заряду, два циліндрики – для спектрів полів точкових зарядів і, нарешті, дві пластинки – для спектра однорідного поля). Сполучають кондуктори електростатичної машини з електродами. Спостерігають на екрані відповідні спектри.

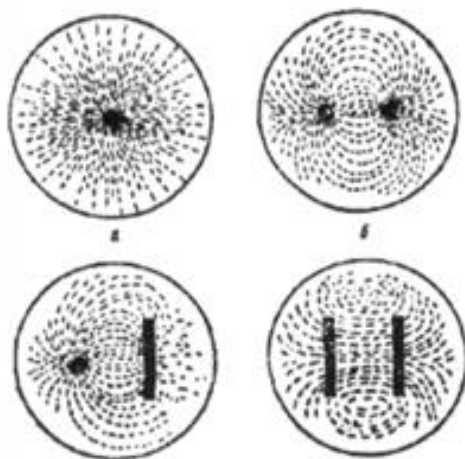


Рис.10.

6, 7. Продемонструвати залежність ємності плоского конденсатора від площі пластин, відстані між ними і принцип дії конденсаторів сталої та змінної ємності.

Обладнання: демонстраційний плоский конденсатор, електростатична машина, електрометр, пластина з органічного скла, з'єднувальні провідники.

Для досліду використовується демонстраційний плоский конденсатор. Перед дослідом нагадують учням, що при сталому заряді, який надано конденсатору, його електроємність обернено пропорційна різ-

ниці потенціалів між пластинами: $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$, а також формулу

електроємності плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon E_0 S}{d}$. Для досліду пла-

стини конденсатора розсувають на відстань 10-15 см. Одну з пластин сполучають із заземленим корпусом електрометра, а другу – з його кулею. Пластину, сполучену з електрометром, заряджають, зближають пластини і спостерігають спадання стрілки електрометра, зменшення різниці потенціалів його пластин.

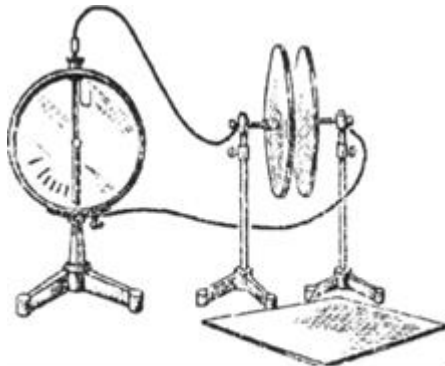


Рис.11.

Віддаляють пластини і демонструють збільшення різниці потенціалів пластин. Роблять висновок про збільшення (зменшення) електроємності конденсатора при зменшенні (збільшенні) відстані між пластинами. Залежність електроємності плоского конденсатора від площі пластин демонструють так. Пластини зближають на відстань приблизно 1 см. Заряджають пластину з електрометром до відхилення стрілки

електрометра на 2-3 поділки. Беруть рукою штатив із однією пластинкою і здвигають її відносно іншої, не змінюючи відстані між пластинами. Унаслідок зменшення площі взаємодії електроємність конденсатора пластин зменшується, доказом чого є спостережуване збільшення різниці потенціалів між пластинами. Тобто залежність між електроємністю і площею його пластин прямо пропорційна.

Нарешті, залежність електроємності конденсатора від діелектричної проникності діелектрика між його пластинами показують так. Пластини зближають на відстань 1-2 см і заряджають ту з них, яка сполучена з електрометром. Вводять між пластинами органічне скло. Різниця потенціалів між пластинами зменшується, отже, електроємність конденсатора збільшується. Роблять висновок про залежність електроємності конденсатора від діелектричної проникності діелектрика між пластинами. Після цього показують будову і дію конденсатора змінної ємності (рис.12.).

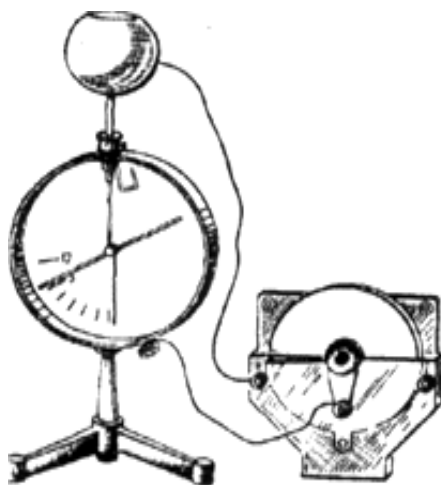


Рис.12.

Рухомі пластини конденсатора з'єднують із корпусом електрометра, а нерухомі – зі стрижнем. За допомогою наелектризованої палички або електростатичної машини заряджають пластини, що з'єднані зі стрижнем електрометра при повністю введених рухомих пластинах. Відмітивши положення стрілки, зменшують ємність конденсатора і

спостерігають, як при незмінній величині заряду збільшуються показники електрометра.

8. Підготувати і провести демонстрацію досліду «Енергія електричного поля зарядженого конденсатора».

Обладнання: електростатична машина, демонстраційний конденсатор, електричний маятник, з'єднувальні провідники.

Кожен із описаних вище дослідів, в яких описується і спостерігається рух зарядженого тіла внаслідок дії на нього сил поля, утвореного іншим зарядженим тілом, можна розглядати як доказ наявності енергії поля, тобто його здатності виконувати роботу.

Доцільно показати учням дослід, що дає змогу спостерігати виконання електричним полем роботи з переміщення електричного заряду протягом тривалого часу. Посередині між пластинами розсувного конденсатора, приблизно проти їхніх центрів, поміщають кульку електричного маятника, який тримають за підставку, або закріплюють у штативі (рис.13.).

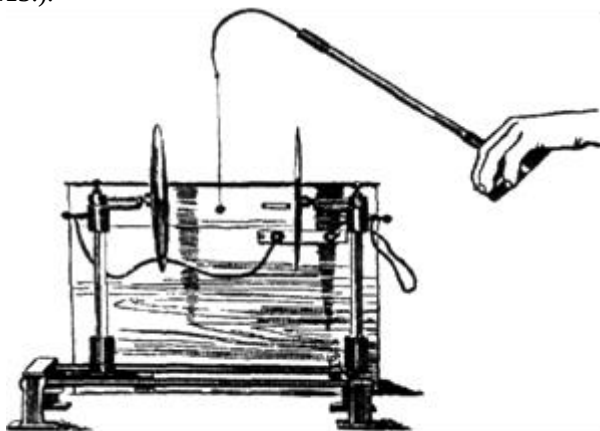


Рис.13.

Подають на пластини напругу від високовольтного генератора або електростатичної машини і спостерігають коливання кульки між пластинами. Кулька, притягнувшись до однієї з пластин, отримує від неї однойменний заряд, і відштовхує її. Кулька знову притягується до першої пластинки, і процес повторюється. Частота коливань кульки збільшується зі зменшенням відстані між пластинами.

Оскільки роботу з переміщення зарядженої кульки виконують сили електричного поля між пластинами, то поле має енергію.

9. Підготувати і пояснити демонстрацію залежності енергії конденсатора від його ємності та різниці потенціалів.

Обладнання: батарея конденсаторів демонстраційна, ВУП-2, вольтметр демонстраційний з додатковим опором 33 кОм, панелька з чотирма розжарення (3.5 В, 0.28 А), вимикач, з'єднувальні провідники. Складають установку за схемою: рис.14.

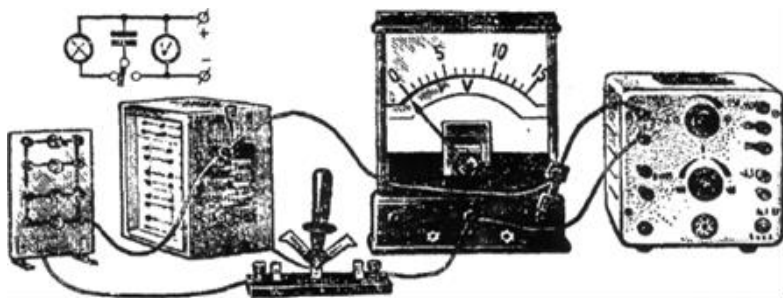


Рис.14.

Вмикають половину ємності батареї конденсаторів і заряджають її. Потім перемикають батарею на розряд через одну лампу й спостерігають, що лампа не дуже яскраво спалахує. Пояснюють учням, що електрична енергія зарядженого конденсатора переходить у внутрішню енергію випромінювання.

Збільшують ємність батареї вдвічі й за тієї ж напруги знову заряджають конденсатор. Тепер при розрядці лампочка спалахує яскравіше, ніж у першому випадку. З'єднавши дві лампи, повторюють дослід. З дослідів можна зробити висновок, що тепер розжарення ламп приблизно таке, як і в першому випадку, тобто енергія конденсатора збільшилась вдвічі.

Далі демонструють, що енергія зарядженого конденсатора залежить і від різниці потенціалів на його пластинах. З цієї метою при напрузі 50-60 В повторюють дослід з половиною ємності батареї конденсаторів (30 мкф) і спостерігають свічення однієї лампи. Потім збільшують напругу вдвічі й, увімкнувши обидві лампочки, спостерігають досить яскраве їх спалахування. Це підтверджує збільшення енергії зарядженого конденсатора. Після цього вмикають 4 лампочки, які спалахують так само, як і в першому випадку. Таким чином, дослід пока-

зує залежність енергії зарядженого конденсатора від ємності та різниці потенціалів і підводить до розуміння формули:
$$W = \frac{CU^2}{2}.$$

Фізичний експеримент з теми «Постійний струм в металах, вакуумі і напівпровідниках».

1. Підготувати і провести демонстрацію явища термоелектронної емісії.

Обладнання: електрона лампа-діод демонстраційна, батарея акумуляторів, реостат на 6-10 Ом, електрометр, провідник із ізолюваною ручкою, проєкційний ліхтар, ебонітова і скляна палички, ключ, з'єднувальні провідники.

Для спостереження термоелектронної емісії, а також для пояснення принципу дії двохелектродної лампи використовують демонстраційний вакуумний діод (рис.1.).

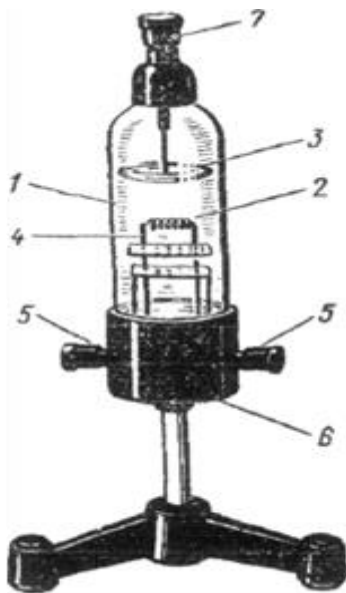


Рис.1. Вакуумний діод

Будова діода така: електроди (2; катод і анод) знаходяться у скляному балоні (1), що має форму циліндра діаметром 45 мм і висотою 90 мм. В балоні високий вакуум, приблизно 10^{-6} мм рт. ст. Катод у лампі – катод прямого розжарення із тонкого вольфрамового дроту. Кінці розжарення виведені назовні і з'єднанні з гвинтовими затискачами (5) на цоколі (6). Анод діода (3) – плоский диск діаметром 30 мм із тугоплавкого матеріалу (молібден, тантал). Відстань між катодом і анодом близько 10 мм. Анод з'єднаний з гвинтовим затискачем (7).

Для кращої наочності демонстрацію будови двохелектродної лампи можна супроводжувати проєктуванням діода на екран за допомогою проєкційного ліхтаря.

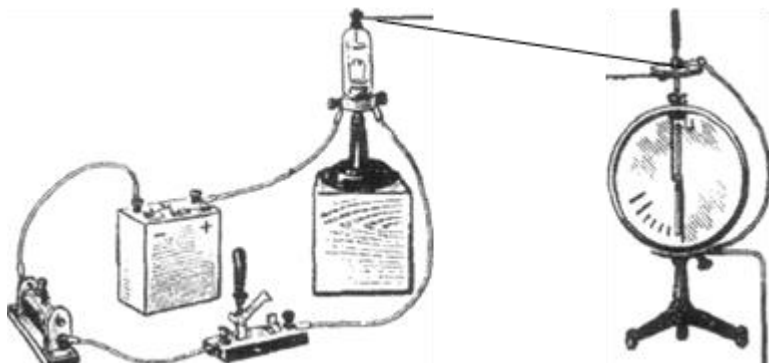


Рис.2.

Це зображення, крім знайомства учнів з будовою діоду, дозволяє легко перейти до умовного позначення діода на схемах. Починаючи дослід, передусім показують нагрівання катоду струмом. Для цього збирають коло із діоду, джерела струму – батареї акумуляторів, реостата на 6-10 Ом і ключа. Замикають коло і, користуючись реостатом, доводять катод до яскраво червоного кольору.

Пояснюють учням, що з розжареного катоду в навколишній простір вилітають електрони, які мають від'ємний заряд. Електрони мають різну швидкість, деякі із них досягають аноду і заряджають його негативно. Це можна спостерігати на демонстраційному електрометрі з конденсатором у вигляді двох дисків. Один із дисків конденсатора встановлюють на стрижні електрометра, а другий, який має ебонітову ручку, кладуть зверху.

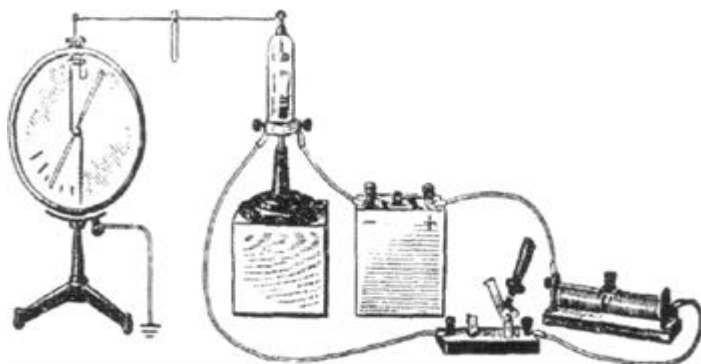


Рис.3.

Корпус електрометра й верхній диск заземлюють. Провідником на ізолюванні ручці на короткий час з'єднують анод з нижнім диском конденсатора, тим самим надаючи йому певний заряд. Потім піднімають угору верхній диск. Оскільки під час піднімання цього диска ємність приладу зменшується, то потенціал зростає, і стрілка електрометра помітно відхиляється.

Після цього досліджують знак заряду електрометра. Для цього до електрометра на деякій відстані підносять від'ємно заряджену (ебонітову) паличку і спостерігають збільшення відхилення стрілки, що свідчить про те, що електрометр отримав від'ємний заряд.

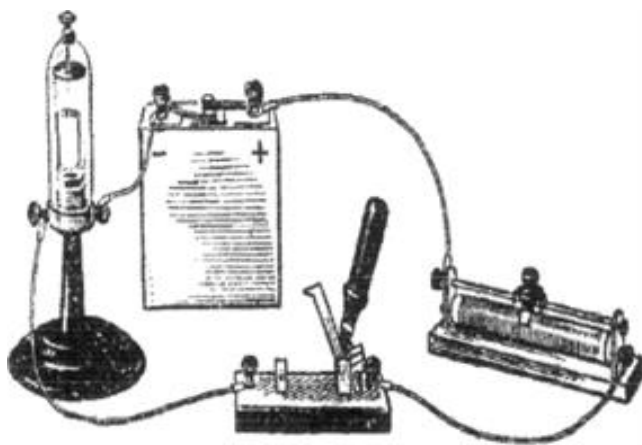


Рис.4.

Явище термоелектронної емісії можна продемонструвати й на іншому досліді. Для цього заряджають електрометр додатнім зарядом, наприклад, від наелектризованої скляної палички, і з'єднують його проводом із ізолюваною ручкою з анодом діоду.

Звертаємо увагу учнів на те, що при холодному катоді електрометр не розряджається. Потім вмикають струм у коло катода і спостерігають, що стрілка електрометра швидко спадає, тому що електрони, які вилітають з катоду, притягуються позитивно зарядженим анодом і нейтралізують його заряд.

Якщо зарядити електрометр негативно і з'єднати його з анодом, то електрометр не розряджається навіть за умови розжареного катода. Електрони, які вилітають з катоду, тепер не притягуються анодом, а, навпаки, відштовхуються від нього і повертаються назад, до катоду.

2. Підготувати і провести демонстрацію закону Ома для повного кола.

Обладнання: ванна з електродами, гальванічний елемент демонстраційний, вольтметр демонстраційний з додатковим опором на 1 В, амперметр демонстраційний з шунтом на 1 А, реостат на 20 Ом, два щупи, додатковий опір на 9 кОм, ключ, з'єднувальні провідники.

Перед дослідом готують гальванічний елемент. У прозору ванну прямокутної форми розміром $24 \times 2,5 \times 10$ см наливають розчин сірчаної кислоти та двохромовоокислого калію (100 частин H_2 і 37 частин H_2SO_4 і 16 частин $K_2Cr_2O_7$). Мідний і цинковий електроди попередньо зачищають наждачним папером. Потім електроди закріплюють гвинтовими затискачами (1 і 2) для вмикання елемента в коло. На таких самих затискачах (3 і 4) закріплені 2 щупи, зроблені з мідного дроту діаметром 0,6 мм в ізоляції. З одного боку дроту ізоляція зрізана. Такі щупи можуть бути опущені в розчин і підведені дуже близько (на товщину ізоляції) до пластин елемента. Затискачі разом із пластинками та щупами легко знімаються й можуть бути закріплені зовні ванни, коли елемент не працює.

Для дослідів установку з гальванічним елементом збирають згідно з малюнком.

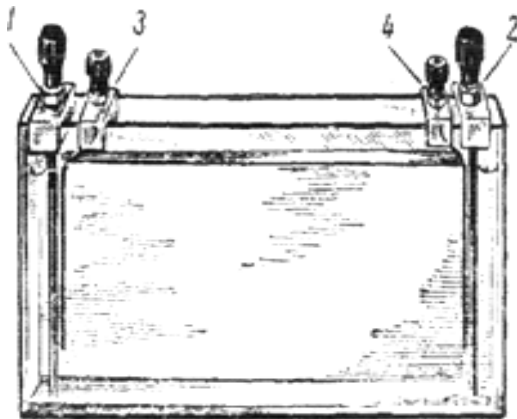


Рис.5.

Не замикаючи коло ключем, поміщають на короткий час в електроліт цинкову та мідну пластинку й фіксують показники вольтметра (1,02 В). Переміщують електроди всередині елемента ближче один до одного, а також змінюють величину їхнього занурення в електроліт, спостерігаючи, що покази вольтметра не змінюються. Отже, 1,02 В – це деяка постійна величина, що характеризує це джерело струму, яка

не залежить від його геометричних розмірів. Цю величину називають ЕРС джерела. Потім замикають ключ і відмічають, що в колі проходить струм, а вольтметр показує тепер інше, менше значення – напругу. Залишаючи зовнішній опір постійним, знову змінюють положення пластин в електроліті й спостерігають показники амперметра. Установлюють на досліді, що величина струму в колі змінюється. Це пов'язано зі зміною опору між пластинами, тобто із зміною тільки внутрішнього опору елемента, оскільки зовнішнє коло залишалось незмінним. Збільшують або зменшують зовнішній опір і звертають увагу на зміну величини напруги на затискачах джерела.

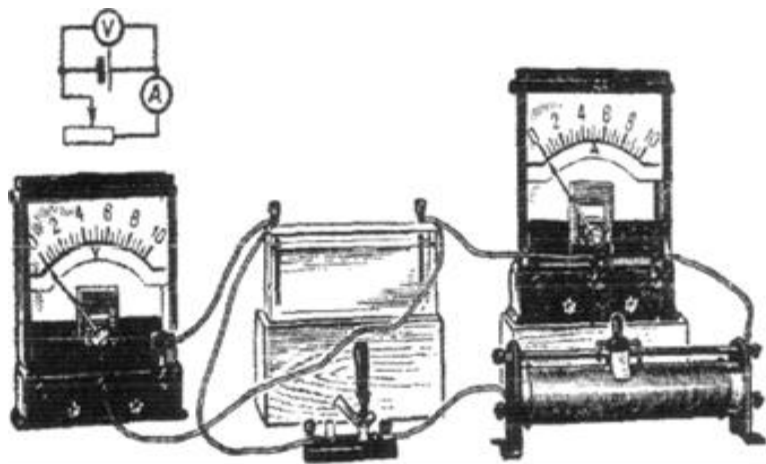


Рис.6.

Продовжують дослід. Вимірюють одночасно падіння напруги на зовнішній і внутрішній частинах кола. Для другого вольтметра на 1 В беруть гальванометр від амперметра (шкала на 10 А) і підключають до нього додатковий опір на 9 кОм. Цей вольтметр з'єднують з щупами. Принципову схему показано на рис. 7. Замикають коло, вмикають такий опір реостату, щоб вольтметр V_1 на зовнішній частині показував, наприклад, 0,9 В, і фіксують показники вольтметра V_2 , які дорівнюють 0,12 В. Потім зменшують опір навантаження, щоб напруга на вольтметрі V_1 була 0,8 В. У цей момент вольтметр V_2 показує 0,23 В. Таким чином роблять декілька вимірювань і результати записують у таблицю.

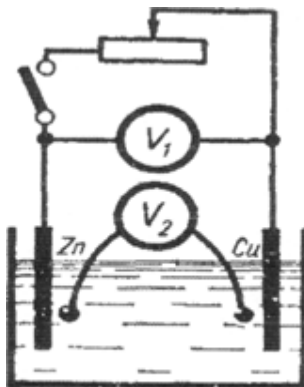


Рис.7.

Із таблиці видно, що сума падінь напруги на зовнішній і внутрішній частині кола є сталою й дорівнює електрорушійній силі джерела. Отже,

$E = U_1 + U_2$ або $E = IR + Ir$. Звідси одержують вираз закону

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

Ома для повного кола:

3. Підготувати і провести демонстрацію залежності опору металу від температури.

Обладнання: саморобний прилад для демонстрації зміни опору провідника під час нагрівання, батарея акумуляторів, спиртівка, з'єднувальні провідники.

Саморобний прилад складається з панелі, на якій змонтовано такі елементи: патрон для електричної лампочки на 6 В, дві клемми для приєднання джерела струму та спіраль із сталюого дроту. Деталі приладу з'єднанні послідовно. Вмикають джерело струму та спостерігають свічення лампочки. Потім підносять до спіралі спиртівку і спостерігають, що по мірі нагрівання дроту (спіралі) лампа горить слабше. На кінець, горіння зовсім припиняється – це свідчить про збільшення опору розжареної спіралі порів-

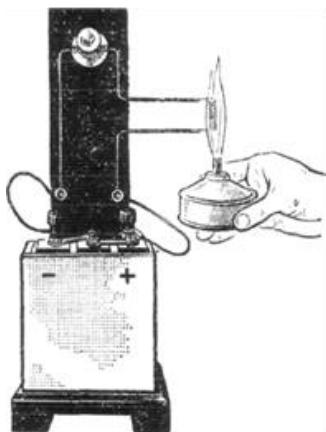


Рис.8.

няно з опором холодної. Прибирають спиртівку і спостерігають відновлення горіння лампочки: спіраль охолоджується та опір її зменшується. Пояснюють учням, що зі зміною температури металевого провідника змінюється швидкість теплового руху іонів кристалічної ґратки і кількість зіткнень електронів із іонами. Це приводить до зміни опору провідника.

4. Підготувати і провести демонстрацію залежності електропровідності напівпровідників від температури. Познакомитись з набором напівпровідникових приладів.

Обладнання: термістор ММТ-4 на підставці, гальванометр демонстраційний від амперметра, батарея акумуляторів, ключ, спиртівка, з'єднувальні провідники, навчальна таблиця «Термістори».

Література: інструкція до набору.

Перед демонстрацією досліду учнів знайомлять з будовою термістора ММТ-4 за таблицею, де прилад зображено крупним планом у розрізі. Букви «ММ» означають напівпровідниковий матеріал, із якого зроблено термістор (окиси марганцю і міді), Т – термістор, 4 – умовне позначення конструктивного оформлення.

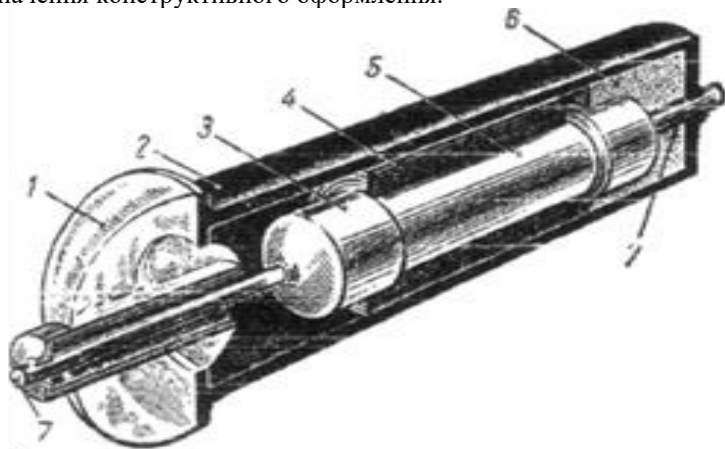


Рис.9.

Термістор має форму циліндричного стержня (5) довжиною 12 мм і діаметром 2 мм. На кінцях стержня розташовані контактні ковпачки (3) з виводами з мідного проводу. Поверхня стержня покрита фарбою і обгорнута металевою фольгою (4), яка гарантує теплообмін між термістором і навколишнім середовищем. Один вивід термістора припаяний

оловом (6) до дна металевого корпусу (2), а інший проходить в трубочці, яка вварена в скляний ізолятор (1).

Після розгляду будови на дошці креслять схему і за нею складають установку (рис. 10).

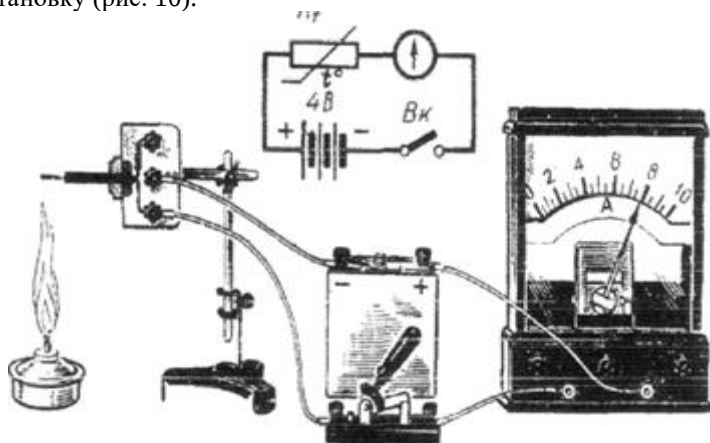


Рис.10.

Термістор закріплюють на підставці в горизонтальному положенні і включають в електричне коло послідовно з демонстраційним гальванометром, батареєю акумуляторів ($U = 4\text{ В}$) і ключем.

Під час замкнення кола гальванометр показує деякий струм і стрілка його відхиляється приблизно на 2 поділки шкали «0-10». Величина цього струму залежить від напруги джерела і початкового опору термістора, тобто його опору при кімнатній температурі. Після цього термістор повільно нагрівають над полум'ям спиртівки (полум'я не повинно дотикатись до приладу) та спостерігають повільне збільшення струму. Коли стрілка гальванометра буде наближатись до останніх поділок шкали, нагрівання припиняють.

Далі показують зворотній процес охолодження термістора. І під час охолодження його у холодній воді стрілка гальванометра швидко переміщується у зворотному напрямку.

Дослід показує, що опір напівпровідників при підвищенні температури зменшується і навпаки, при зниженні температури збільшується.

5. Підготуйте і проведіть демонстрацію дії фотореле, зробленого на фотоопорі.

Фотореле змонтовано на вертикальній панелі (1), яка встановлена на металевих опорах (2). Фотореле складається з таких деталей: фотоопір (3), електромагнітне реле (4), напівпровідникові діоди (5), шунтуючий конденсатор (6). Принципова схема реле показана на рис.11.

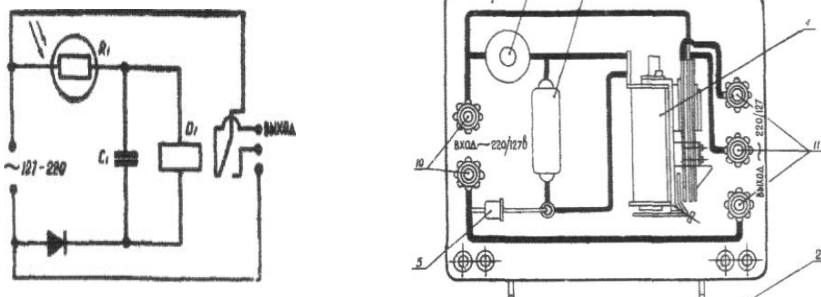


Рис.11.

Схема працює таким чином: якщо робоча поверхня фотоопору не освітлена, опір його дуже великий, і через обмотку електромагнітного реле протікає незначний струм, недостатній для спрацювання реле. Під час освітлення фотоопору його електричний опір різко зменшується в декілька десятків разів, у стільки ж разів збільшується струм, який протікає по обмотці електричного реле. Реле водночас спрацьовує і комутує на вихідних клеммах напругу живлення. Конденсатор (4) слугує для зменшення пульсацій випрямленій діодами напруги.

Прилад розрахований на живлення від джерела напругою 220 В. Прилад вмикається до джерела змінного струму напругою 220 В. До вихідних клем приєднується виконавчий механізм (дзвінок, електролампа), розрахований на роботу при напрузі 220 В. Освітлювачем може бути фільмоскоп або електролампа потужністю 40-60 Вт. Реле реагує на ці джерела світла на відстані не більше 1,5-3 м.

6. Підготувати і продемонструвати електронно-діркові переходи транзистора.

Обладнання: транзистор на підставці, гальванометр демонстраційний від амперметра, батарея акумуляторів, реостат на 3000 Ом (0,3 А), з'єднувальні провідники, навчальна таблиця «Транзистор».

Будова транзистора вивчається за таблицею, де прилад показано у розрізі, а головні деталі додатково крупним планом.

Транзистор складається з тонкої монокристалічної пластинки електронного германія (7), в яку з протилежних боків виплавлено дві краплі індію (4 і 5). Атоми індію проникли в електронний германій і змінили вид його провідності. У пластинці виникли три різко розмежовані області, які чергуються у провідності: дві крайні області (емітер і колектор) мають діркову провідність, а середня (база) – електронну провідність. На границі цих областей утворились два електронно-діркових переходи: емітерний і колекторний. Кожен перехід окремо поводить себе як звичайний напівпровідниковий діод.

Учні повідомляють, що в залежності від чергування шарів, транзистори розподіляються на два види: р-п-р і п-р-п.

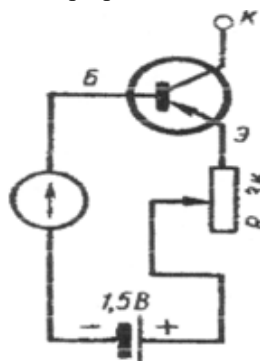


Рис.12.

Далі показують наявність у транзисторі типу р-п-р двох електронно-діркових переходів за допомогою демонстраційного омметра, зібраного за схемою, зображеною на рис.12.

За допомогою реостату встановлюють у колі такий струм, щоб стрілка гальванометра відхилилась на всю шкалу «0-10». Загальний вигляд установки зображений на рис.13.

Спочатку в коло демонстраційного омметра включають емітерний перехід. Позитивний полюс джерела струму омметра з'єднують з емітером, а негативний – з базою.

Стрілка гальванометра відхиляється майже на всю шкалу. Це вказує на малу величину опору переходу. Потім полярність ввімкнення переходу змінюють на протилежну. Гальванометр не показує струм в колі, що означає односторонню провідність переходу. Під час цього важливо звернути увагу учнів на полярність напруги.

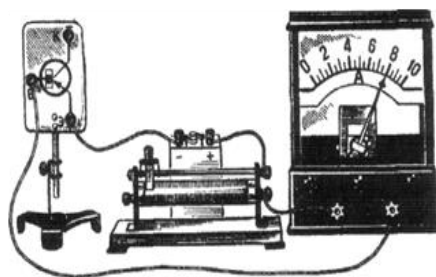
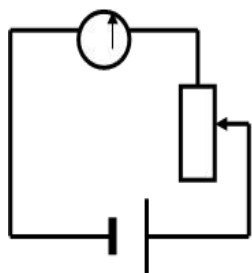


Рис.13.

Далі в коло омметра вмикають колекторний перехід транзистора і, змінюючи полярність ввімкнення, показують односторонню електропровідність колекторного переходу.

Показаний дослід дозволяє зробити висновки про наявність у транзистора двох електронно-діркових переходів. Для обох переходів транзистора типу р-п-р пропускним є такий напрям, при якому до бази приєднано негативний полюс джерела струму, а до емітера і колектора – позитивний. Транзистор являє собою ніби два діода, які мають одну спільну область.

Але не треба думати, що транзистор – це проста сукупність двох звичайних напівпровідникових діодів, ввімкнених послідовно. Справа в тому, що у транзистора струм колекторного переходу знаходиться в прямій залежності від величини струму емітерного переходу. У двох же окремих діодах при будь-якій схемі їх з'єднання струм в кожному з них залежить тільки від величини і полярності прикладеної до нього напруги.

7. Підготувати і провести демонстрацію «Підсилювач постійного струму на транзисторі».

Обладнання: транзистор на підставці, фотоелемент селеновий СФ-10, батарея акумуляторів, лампа електрична на підставці, гальванометри демонстраційні від амперметра - 2 шт., з'єднувальні провідники, навчальна таблиця «Транзистор».

Збирають установку за схемою, зображеною на рис.14.

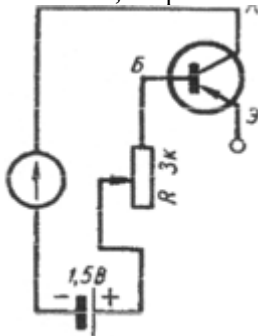


Рис.14.

Транзистор вмикають в коло по схемі зі спільним емітером. При такому способі вмикання отримують значне підсилення струму, а схема є аналогом схеми з електронною лампою.

Струм, який буде підсилюватись, беруть від напівпровідникового фотоелементу. Його включають між емітером і базою транзистора: позитивний полюс з'єднується з емітером, а негативний – через демонстраційний гальванометр з базою транзистора. Під час цього емітерний перехід включається в пропускну напрямку, і тому він створює невеликий опір струму фотоелементу.

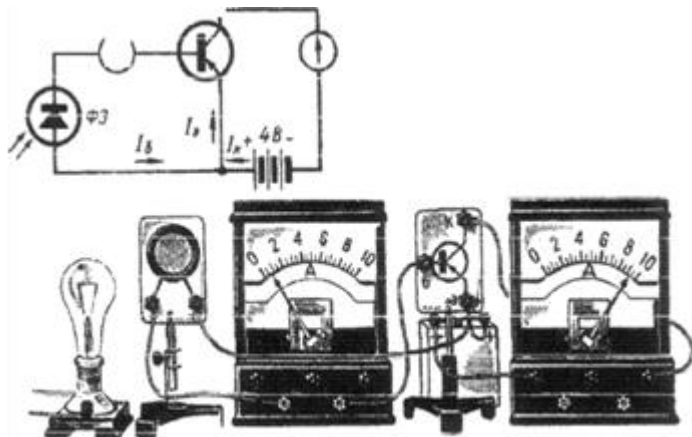


Рис.15.

Зворотну напругу на колекторний перехід транзистора у схемі зі спільним емітером показують через емітерний перехід. Тому у схемі позитивний полюс джерела струму з'єднується з емітером, а негативний з'єднують через демонстраційний гальванометр до колектора транзистора.

Опір колекторного переходу в режимі зворотного струму в тисячі разів більший від опору емітерного переходу, включеного в пропускну напрямку. Тому вся прикладена напруга припадає на високоомний колекторний перехід транзистора.

Вмикають електричну лампочку і поступово приближують її до фотоелементу. Під час ледве помітних відхилень стрілки першого гальванометра спостерігають відхилення стрілки другого гальванометра майже на всю шкалу.

Таким чином дослід показує, що колекторний струм транзистора управляється струмом бази і знаходиться в прямій залежності від його величини. Зміна струму в колі колектора в десятки разів перевищує зміну струму в колі бази.

Учням повідомляють, що відношення зміни струму колектора до зміни струму бази під час постійної напруги на колекторі є коефіцієнтом підсилення транзистора по струму в схемі зі спільним емітером.

Пояснення фізичних явищ, що мають місце при роботі транзистору, роблять за допомогою малюнка, який зображено на таблиці (рис. 16).

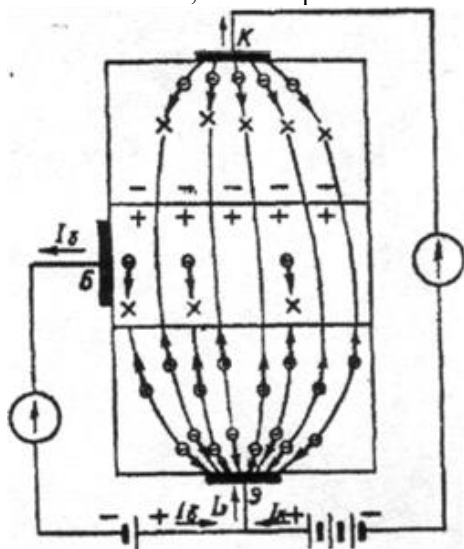


Рис.16.

Поки нема вхідного сигналу (фотоелемент не освітлений), то початковий струм колектора дуже малий. Це пояснюється тим, що колекторний перехід транзистора ввімкнено в замкненому напрямку, і його опір дуже великий. Під час освітлення фотоелементу на емітерний перехід подається пряма напруга, і в колі емітер-база виникає струм. Цей струм називають струмом емітера і позначають I_E . Він складається в основному з дірок, які переходять з емітера в базу, і невеликої кількості електронів, які рухаються у зворотному напрямі – з бази в емітер. Такий розподіл пояснюється тим, що емітер має в багато разів більшу кількість дірок, ніж база електронів.

Одночасно із інжекцією дірок в базу в зовнішнє коло з емітера відходить відповідна кількість електронів. Внаслідок цього в емітері виникають нові дірки, і тому їх кількість не зменшується.

Інжектвані в базу дірки рухаються далі до колекторного переходу. Цей рух відбувається в основному в результаті надлишку їх біля еміте-

рного переходу, а також під дією слабкого електричного поля між емітером і колектором. За час руху в області бази (тисячні долі секунди) частина дірок встигне рекомбінувати з електронами бази.

Замість цих електронів в базу надходить потік електронів із зовнішнього кола, тобто з боку фотоелементу, що створює струм, який називають струмом бази I_b . Завдяки малій товщині бази і невеликій концентрації в ній вільних електронів, більша частина дірок доходить до колекторного переходу, і під дією електричного поля цього переходу втягується в область колектора. Тут дірки рекомбінують з вільними електронами, що приходять із зовнішнього кола. Рух цих електронів є струм колектора I_k .

Величина струму колектора набагато менше струму емітера за рахунок рекомбінації частини дірок з електронами бази, але в той же час струм колектора значно більший за струм бази. Ці струми зв'язані між собою такою залежністю:

$$I_e = I_b + I_k$$

Фізичний експеримент з теми «Постійний струм в електролітах і газах».

Завдання 1. Підготувати та провести дослід порівняння електропровідності води, розчину солі та кислоти..

Обладнання: панелька з двома електродами, склянка хімічна з дистильованою водою (4 шт), сіль кухонна, цукор, розчини сірчаної кислоти, лампочка на підставці (3,9 В), з'єднувальні провідники.

Складають установку за рисунком 1.

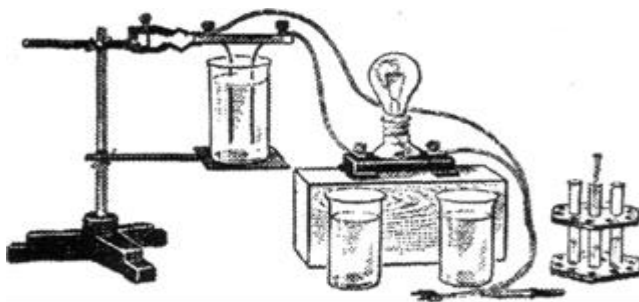


Рис.1.

Електроди з'єднують послідовно з лампочкою і вмикають у коло постійного струму з напругою 6-10 В. Спочатку електроди опускають у склянку з дистильованою водою. Вода не проводить електричний струм. Щоб упевнитись, що на електродах є напруга, з'єднують їх за допомогою провідника з ізольованою ручкою. Лампочка спалахує.

Після цього розчиняють у воді трохи кухонної солі і спостерігають горіння лампочки: спочатку слабе, а потім, у міру додавання солі, більш яскраве.

Потім демонструють електропровідність розчину кислоти. Для цього беруть іншу склянку з чистою водою і, додаваючи розчин кислоти, демонструють, як поступово лампочка починає горіти більш яскравіше. Дослід показує, що зі збільшенням концентрації розчину збільшується число дисоційованих молекул, тобто зростає число носіїв електричного заряду.

Але не всі розчини у воді дисоціюють. Щоб упевнитись у цьому, в склянці з чистою дистильованою водою розчиняють 1-2 чайні ложки цукру і спостерігають за лампочкою, яка протягом усього часу не горить (цей дослід можна провести зі саморобним приладом).

Завдання 2. Підготувати і провести демонстрацію електролізу розчину мідного купоросу.

Обладнання: вольтметр з двома вугільними та мідними електродами і розчином мідного купоросу, батарея акумуляторів ВС 24, ключ, з'єднувальні проводи.

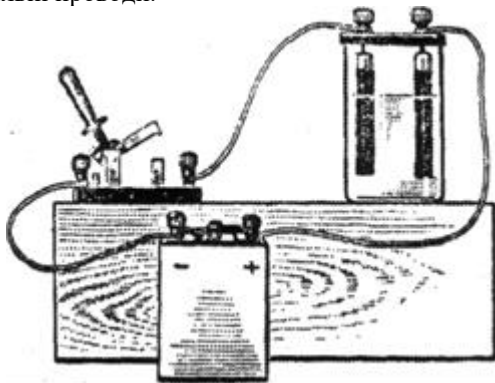


Рис.2.

Спочатку показують учням два чорні вугільні стрижні, які занурюють у водяний розчин мідного купоросу CuSO_4 у вольтметрі. Потім збирають просте електричне коло з вольтметра, ключа і батареї аку-

муляторів. Вмикають струм 25-30 с, після чого виймають електроди та показують їх учням. На катоді добре видно червоний шар міді. Змінивши напрям струму на електродах, знову вмикають струм. Через короткий проміжок часу показують, що електрод, який раніш був покритий міддю, очистився, а інший покритися міддю. Пояснюють, що метал завжди виділяється на електроді, з'єднаному із від'ємним полюсом джерела струму, тобто на катоді.

Після досліду вугільний електрод, покритий міддю, вмикають у коло так, щоб він був анодом, а замість катода вмикають мідний електрод. Через деякий час після замикання кола вугільний електрод повністю очиститься від міді.

Завдання 3. Продемонструвати іонізацію газів.

Обладнання: розбірний конденсатор на ізольованих штативах, електрометр, електрофорна машина, ебонітова і скляна палички, з'єднувальні провідники, спиртівка. На початку досліду нагадують учням, що газу у звичайному стані не проводять електричний струм. Для цього пластини розсунутого конденсатора з'єднують з електрометром і заряджають його. Спостерігають що заряд електрометра тривалий час залишається незмінним. Після цього вносять у газовий проміжок між пластинами конденсатора полум'я сірника або спиртівки (рис.3.).

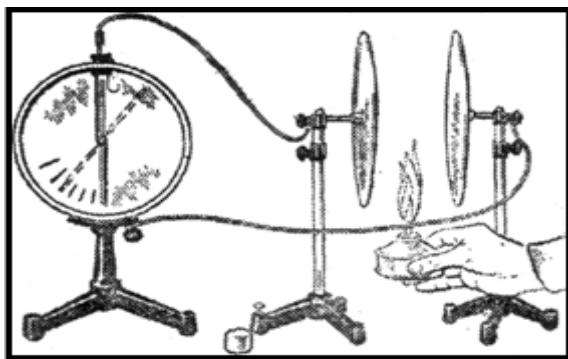


Рис.3.

Електрометр швидко розряджається. У продуктах згоряння утворюється велика кількість іонів, які викликають електропровідність повітря. У висновку з досліду неодмінно слід наголосити, що провідність повітря за нормального тиску зумовлено дією іонізатора. Якщо дія іонізатора припиняється, неодмінно припиняється розряд. З цієї причини подібний розряд називають несамостійним.

Завдання 4. Підготуйте і проведіть демонстрацію іскрового розряду та іскрової обробки металів.

Обладнання: електрофорна машина, прилад для демонстрування електроіскрової обробки металів, батарея конденсаторів, реостат на 200 Ом, джерело постійного або змінного струму (ВУП-2) на 60-100 В, проєкційний ліхтар, з'єднувальні проводи.

Для демонстрування електричної іскри (рис. 4.) кондуктори електрофорної машини встановлюють на відстані 1-2 см і, запустивши прилад, демонструють іскровий розряд. Клас треба затемнити. Не слід прагнути, щоб іскра була занадто довгою, бо це може призвести до псування приладів або до розряду на самого експериментатора, що небезпечно.

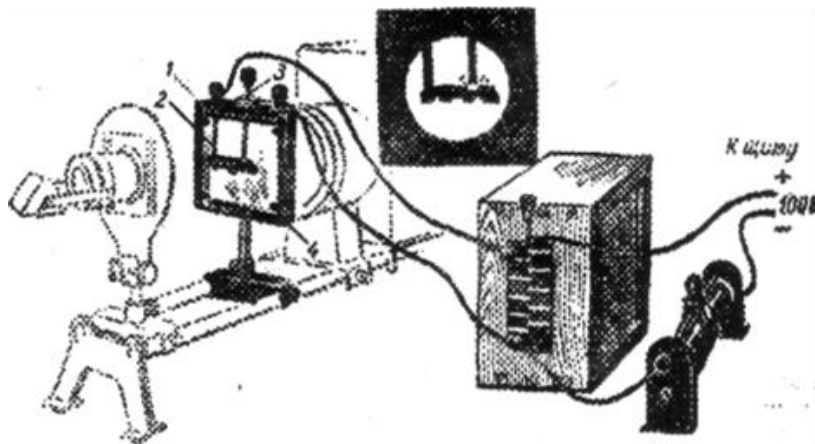


Рис.4.

З іскрою можна показати загальновідомі досліди: пробивання отворів у папері, спалахування вати, змоченої ефіром.

Електроіскровий метод дуже широко застосовують у промисловості. Його використовують для швидкої обробки деталей з найтвердіших металів. Особливо зручним він виявляється для прошивання отворів складного профілю.

Для демонстрування електроіскрової обробки металів використовують прилад, який складається з пластмасової плоскопаралельної кювети, дно якої має стрижень для закріплення приладу в штативі. Кювета закривається пластмасовою кришкою, на якій укріплено гвинтовий електрод-інструмент (3) і стоек (4) для закріплення оброблюва-

льного предмета (половина леза безпечної бритви). Електрод і стояк з'єднані з клемами на кришці. Полярність клем позначена на кришці.

Прилад приєднують до джерела постійного або змінного струму напругою 60-100 В. Коло живлення складають за схемою.

Кювету, наповнену дистильованою водою, спиртом, гасом або машинним маслом, встановлюють перед конденсатором ліхтаря, об'єктив якого має оборотну призму. До стояка прикріплюють половину леза безпечної бритви. Кришку встановлюють на кювету. до клем прикріплюють проводи і, якщо користуються постійним струмом, стежать за полярністю. Вмикають струм і, обертаючи головку електрода-інструмента, наближають його вільний кінець до оброблюваної деталі. Як тільки інструмент дотикається до деталі, змінюють напрям обертання гвинта інструмента і спостерігають, як між ним і деталлю утворюється іскра. Цей режим підтримують доти, поки в лезі бритви не з'явиться виїмка. Дослід можна продовжувати, поки лезо не буде розрізане.

У процесі виконання досліду корисно на кілька секунд вимкнути лампу проєкційного ліхтаря і тоді на екрані буде видно іскри між лезом і електродом.

Завдання 5. Продемонструвати дуговий розряд і принцип електрозварювання.

Обладнання: дугова лампа на штативі, об'єктив від проєкційного ліхтаря, реостат 20 Ом, 10 А, з'єднувальні проводи, джерело постійного струму з напругою 50-60 В.

Добрим способом демонстрування електричної напруги є її проєктування на екран. Для цього складають установку за рисунком 5.

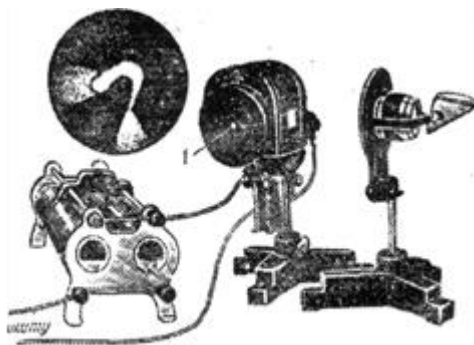


Рис.5.

Учнім слід розповісти про будову приладу (два вугільні стрижні, регулятор для одночасного переміщення стрижнів).

Встановлюють дугову лампу і об'єктив від проєкційного ліхтаря так, щоб отримати зображення дуги на екрані. Під час цього дугову лампу повертають до об'єктива віконцем, через яке і проєктують дугу на екран.

Встановивши реостат на опір 10 Ом, вмикають струм. Повертаючи ручку регулятора, зближають стрижні до їх дотику і одразу ж повільно розводять. Між кінцями вугільних стрижнів з'явиться електрична дуга. Підбирають відстань між стрижнями так, щоб горіння дуги було стійким. Водночас опір реостату можна дещо зменшити. Переміщуючи об'єктив, домагаються на екрані чіткого зображення дуги. Звертають увагу учнів на розжарені кінці електродів, від яких і йде світло, а в проміжку між ними виникає дуга. Світло самої дуги дещо слабше, ніж те, що виходить від кінців електродів.

Електроди повільно згорають і тому їх потрібно повільно зближати. У цей момент звертають увагу учнів на те, що на стрижні, з'єднаному з додатним полюсом джерела струму, утворюється невелике заглиблення – кратер (відбувається розпилення речовини). Якщо користуються змінним струмом, то вугільні електроди згорають рівномірно і кратери утворюються одночасно на обох вугільних електродах.

Застосування дуги в техніці для зварювання металів пояснюють користуючись таблицею «Електрозварювання». Демонструють також кінофільм «Електрозварювання металів».

Завдання 6. Підготувати і провести демонстрацію самостійного розряду в повітрі при зниженому тиску з допомогою розрядної трубки.

Обладнання: розрядна трубка з двома електродами, високовольтний перетворювач «Розряд-1», насос Комовського, шланг вакуумний, з'єднувальні проводи, екран.

Цей дослід є основним під час вивчення питання про самостійний розряд у газах за пониженого тиску. Успіх його залежить від якості вакуумного насоса та джерела високої напруги. Насос слід залити свіжим маслом. Шланг, який з'єднує трубку з всмоктувальним штуцером насоса, обов'язково має бути товстостінним. Борни високовольтного джерела струму розсовують так, щоб не проскакувала між ними не виникала іскра, і з'єднують одножильним з'єднувальним проводом із ковпачками трубки.

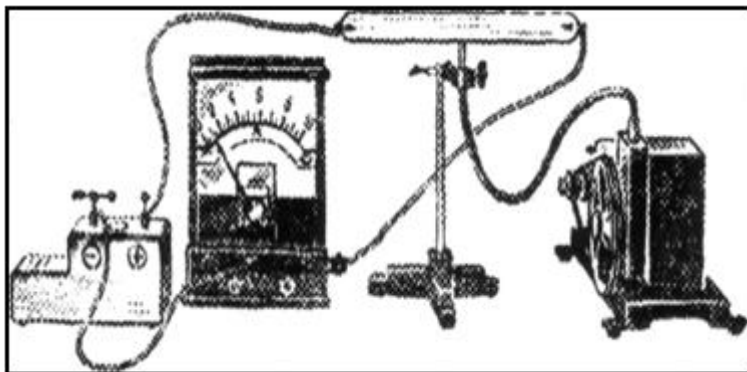


Рис.6.

Вмикають джерело високої напруги, і ні між борнами джерела, ні між електродами трубки іскра не виникає, оскільки напруга, яку дає джерело, недостатня для пробоя повітряного проміжку.

Відкачують повітря з трубки і спостерігають, що при певному розрідженні починається розряд між електродами всередині трубки у вигляді дуже рухливого шнура червоно-фіолетового кольору. Продовжуючи відкачувати повітря з трубки, демонструють, як змінюється в ній зовнішній вигляд розряду залежно від тиску.

У процесі відкачування слід звертати увагу учнів на різкий характер свічення біля анода і катода. Дослід виконують у затемненому класі. Корисно показати, що шнур розряду – це потік заряджених частинок, знак заряду яких можна визначити, наближаючи до трубки сильний підковоподібний магніт. Під час цього шнур вигинається порізно, залежно від прямої магнітної індукції поля і полярності електродів трубки. Не слід також забувати умовність напрямку електричного струму. Закінчуючи дослід, треба спочатку вимкнути джерело високої напруги, вийняти трубку з лапки штатива, а потім з штуцера насоса стягнути вакуумний шланг. Якщо цього не зробити, у трубку може потрапити масло з насоса, і вона стане непридатною для дослідів.

Фізичний експеримент з теми «Магнітне поле електричного струму».

Завдання 1. Підготувати і провести демонстрацію дії магнітного поля на провідник зі струмом.

а) Класичним демонструванням сили, що діє на провідник зі струмом, вміщеним в магнітне поле, є дослід з приладом Ампера.

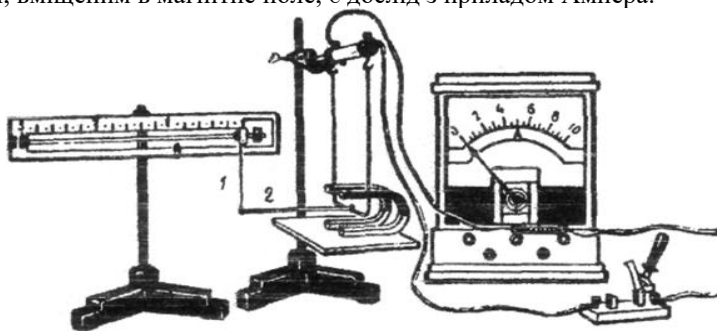


Рис.1.

Останній являє собою легкий провідник, який може котитися по напрямних, що є водночас і струмоводами. Завдяки малій силі тертя між трубкою і напрямними прилад дуже чутливий. Установку для досліду складають за малюнком.

Рейки з'єднують із джерелом струму. На них кладуть рухомий провідник. Полюси магніту і напрям струму треба чітко позначити. Вмикають струм і спостерігають рух провідника. Змінюють напрям струму в провіднику на протилежний. Змінюють напрям індукції поля, кожного разу фіксуючи напрям руху провідника і, отже, напрям сили, яка діє на провідник. Зіставляючи наслідки досліду, формують правило для визначення напрямку сили.

б) Підвішують гнучкий провідник (фольгу) близько біля вертикально розташованого постійного магніту:

Якщо пропускати струм через провідник, то він накрутиться на магніт. Якщо змінити напрям струму в провіднику, то провідник

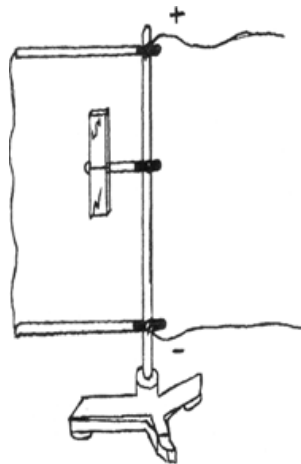


Рис.2.

спочатку розкрутиться, прийде в початковий стан, а потім накрутиться навколо магніту, але в протилежному напрямку. Роблять висновок, що сили магнітної взаємодії не є центральними, тобто магнітне поле є вихровим. Вектор сили, що діє з боку магнітного поля на провідник зі струмом, перпендикулярний елементу струму і вектору B . Його напрям визначається за правилом лівої руки.

в) Цей дослід може бути використаний для перевірки закону Ампера.

Установку збирають за малюнком (у лабораторії дослід виконується з саморобним приладом).

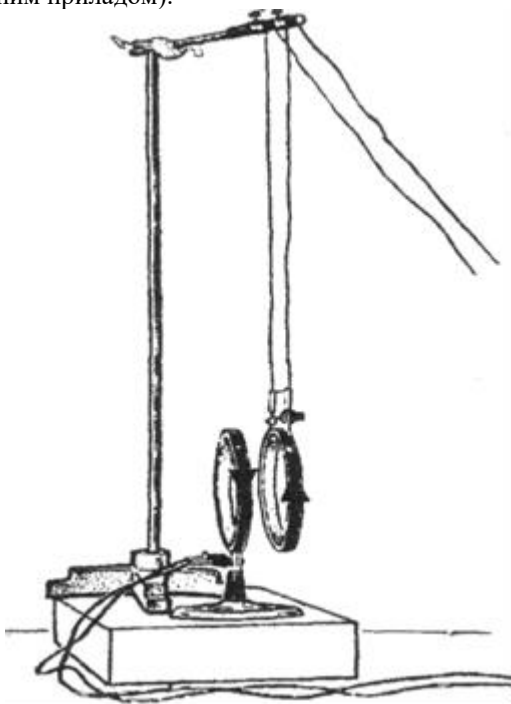


Рис.3.

Спочатку встановлюють рукоятку регулятора напруги на нуль, а потім вмикають струм і спостерігають за рухом провідника, який або виштовхується, або втягується в поле постійного струму. Змінюючи напрям струму або перевертаючи магніт, показують зміну напрямку руху провідника. Ці досліди дають змогу згадати правило лівої руки, яке поєднує напрям струму, силових ліній поля та руху провідника.

Завдання 2. Продемонструвати взаємодію паралельних струмів:

- а) прямих струмів;
- б) колових струмів.

Обладнання: джерело струму ВС-24, реостат 30 Ом, 5 А, ключ, з'єднувальні проводи, саморобні прилади з коловими та прямими провідниками. Взаємодію струмів корисно продемонструвати на двох дослідах. Спочатку це явище треба представити в найбільш «чистому» вигляді, тобто продемонструвати притягування і відштовхування двох прямих провідників зі струмом однакового та протилежного напрямів. Потім можна перейти до показу взаємодії колових струмів.

а) У першому досліді для отримання ефекту потрібно мати гнучкі і легкі проводи, які водночас повинні витримувати достатньо сильний струм. Провідниками, між якими спостерігають взаємодію, є алюмінієва фольга від паперових конденсаторів.

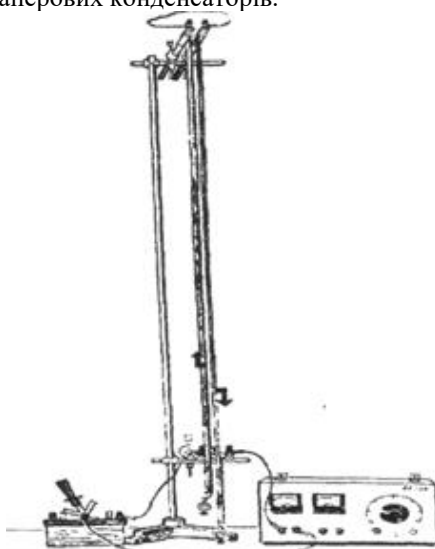


Рис.4.

Вибравши схему з'єднання провідників, вмикають джерело струму і демонструють взаємодію струмів. З досліду роблять висновок, що між рухомими електричними зарядами (струмами) існує взаємодія, яка дістала назву магнітної.

б) Перехід від взаємодії прямолінійних струмів до взаємодії колових струмів (катушок) можна здійснити, поставивши учням запитання: як взаємодіятимуть провідники зі струмом, якщо їх намотати на кату-

шку? Для перевірки різних припущень, що виникають при цьому, виконують дослід з двома котушками.

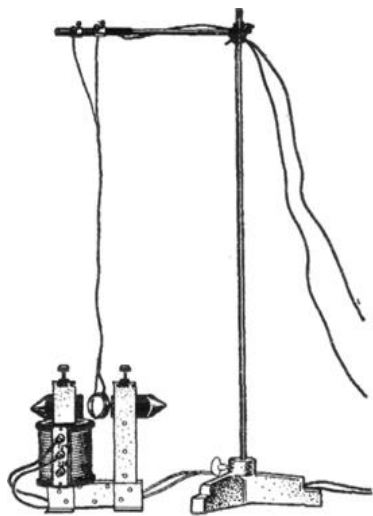


Рис.5.

Котушки живлять від одного або двох джерел змінного чи постійного струму. Показавши стрілками напрями струмів у котушках, вмикають струм і демонструють між ними взаємодію. Якщо змінити напрям струму в одній із котушок, то зміниться напрям руху підвішеної котушки. Після цього досліду бажано показати взаємодію двох керамічних шайб. Шайби, повернуті одна до одної одноіменними полюсами, надаряють на скляну трубку і демонструють їх відштовхування. Потім одну з шайб перевертають і демонструють їх притягування. Звертають увагу на те, що шайби взаємодіють як котушки, і роблять висновок. Тут можна сформулювати правила визначення полярності котушок.

Завдання 3. Продемонструвати орієнтуючу дію магнітного поля на контур зі струмом.

Обладнання: два прямі магніти, джерело струму на 4-6 В, штатив, реостат на 700-1000 Ом, ключ, з'єднувальні проводи.

Рамку підвішують на тонких гнучких проводах, які одночасно є й струмоводами. У коло рамки послідовно вмикають реостат. Магнітне поле створюють за допомогою двох магнітів, розташованих на підставках приблизно на рівні середини рамки. Площина рамки має бути паралельно напрямку індукції. Вмикають слабкий струм I та, регулюючи його реостатом, фіксують поворот рамки на невеликий кут. Збільшуючи струм, спостерігають збільшення кута повороту рамки. Поворот площини рамки може сягати кута 90° . Отже, у цьому випадку нормаль до площини рамки і напрям вектора індукції збігаються. Потім на основі цього досліду розповідають про принцип дії електровимірювальних приладів магнітоелектричної системи та демонструють відповідні прилади.

Завдання 4. Підготувати і провести демонстрацію спектрів магнітних полів.

Обладнання: комплект приладів для демонстрування магнітних полів струмів, проєкційний ліхтар або кодоскоп, джерело постійного струму на 4-6 В, залізні ошурки, ключ, з'єднувальні проводи.

Комплект приладів для демонстрування магнітних полів струмів дає змогу показати в проєкції на екран поля прямого, колового й соленоїдального струмів. Усі три прилади мають однакову конструкцію та різняться лише формою провідників. Для виконання досліду прилад встановлюють на другу конденсорну лінзу проєкційного ліхтаря ФОС, налаштованого на горизонтальне проєктування, або на кодоскоп. Клеми приладу через ключ з'єднують із джерелом постійного струму, яке забезпечує напругу 4-6 В. На пластинку приладу, користуючись дрібним ситом, насипають залізні ошурки. Шар ошурків має бути не товстим і рівномірним. Розташування ошурків до вмикання струму демонструють учням. Потім, не вмикаючи ламп проєктора, вмикають струм і спостерігають довжину розташування ошурків у магнітному полі струму. Щоб полегшити переміщення ошурків на пластинці приладу, треба легенько постукаати по ній олівцем.

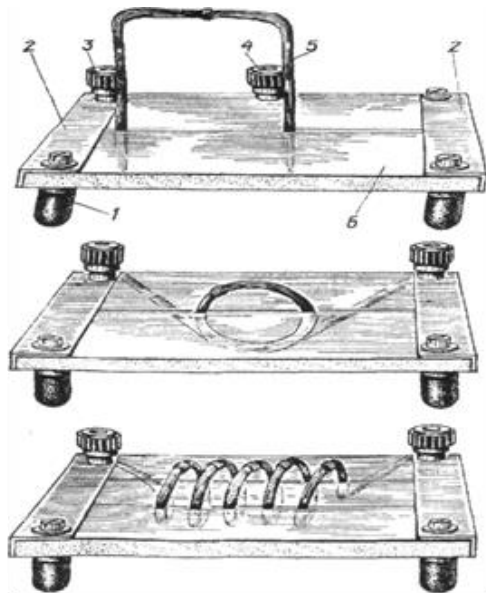


Рис.6.

Завдання 5. Продемонструвати дію магнітного поля на рухомий заряд.

Обладнання: осцилограф ОЕШ-61, постійний магніт.

Спочатку розглядають рух електронів в електронно-променевій трубці осцилографа. Вийшовши з розжареного катода трубки, електрони під дією прискорювального поля набувають кінетичної енергії та рухаються у напрямку до екрана трубки. У разі відсутності магнітного поля електрони потрапляють на центральну частину екрана, викликаючи його світіння. Підносять до осцилографа магніт і звертають увагу учнів на відхилення світлової плями на екрані трубки. Користуючись правилом лівої руки, демонструють напрямок дії сили Лоренца. Змінюють полюс магніту, який підносили до осцилографа, і пропонують учням визначити, куди в цьому випадку буде відхилятися світна пляма на екрані осцилографа.

Розповідають учням, що за відхиленням потоку електронів у магнітному полі можна розрахувати масу і величину заряду.

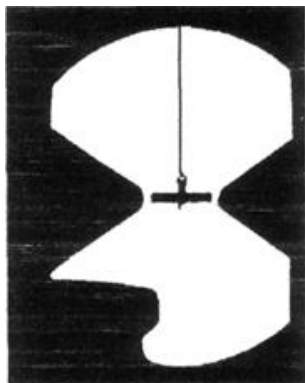


Рис.7.

Завдання 6. Демонстрація магнітних властивостей речовини.

Обладнання: зразки діа- і парамагнітних речовин, електромагніт із конусними наконечниками, проєкційний ліхтар, джерело живлення електромагніту.

Для демонстрування феро-, пара-, і діамагнітних властивостей речовини промисловість випускає спеціальний прилад.

Він являє собою набір з трьох циліндричних зразків: залізо (феромагнетик), вісмут (діамагнетик), алюміній (парамагнетик). Зразки мають форму циліндрів діаметром 3 мм і довжиною 15 мм. До комплекту приладу входить пластмасовий затискач зразків із нитями довжиною 300-400 мм, на другому кінці якого є пластмасова пробка для закріплення підвісу в лапці штатива. Для виконання досліду складають електромагніт із осердя універсального трансформатора, котушки на 220 В і конусних наконечників. Останні встановлюють на кінці осердя трансформатора так, щоб відстань між їхніми кінцями була 17-20 мм. У проміжок між кінцями наконечників вміщують зразок, закріплений у затискач. Верхній кінець підвісу зразка затискають у лапці штатива. Джерело живлення котушки електромагніта вмикають через ключ. Напруга джерела повинна

бути 30-60 В при струмі 3-5 А. Дослід демонструють у проєкції на екран. Вигляд цієї проєкції показано на рисунку.

Вмикають освітлення проєктуючого приладу й встановлюють зразок між наконечниками електромагніту: феро- і парамагнітний – уперек поля, діамагнітний – уздовж. Потім вимикають струм живлення електромагніта і спостерігають рух зразків: феромагнетик повертається вздовж напрямку індукції поля і «прилипає» до одного з полюсів електромагніта, парамагнітний зразок повертається вздовж поля, діамагнетик повертається та встановлюється впоперек поля. Коли струм вимикають, він знову повертається у вихідне положення.

Вісмут іноді вдається замінити графітовим стержнем від дуже м'якого олівця (6М) або циліндриком, який виліплюють із стеарину звичайної свічки. Цікавий дослід демонструють із полум'ям стеаринової свічки. Полюсні наконечники електромагніта зближають на відстань 2-3 мм і в цей зазор вносять полум'я свічки. Звертають увагу учнів на те, що свічка горить нормально. Вмикають струм в обмотку магніту і спостерігають, що полум'я ніби видувається з поля. Якщо вимкнути струм, свічка знову горить нормально. Це явище дістало назву діамагнетизм полум'я.

Завдання 7. Демонстрація розмагнічування при нагріванні.

а) Обладнання: тонка стальна струна (50 см), штатив з двома муфтами, два ізоляційні стояки, лінійний магніт, автотрансформатор ЛАТр, ключ, з'єднувальні проводи, білий екран фону.



Рис.8.

До кінців тонкої сталльної струни прикручують мідні ізольовані провідники, кінці яких через ключ з'єднані з автотрансформатором ЛАТр. Дротину вертикально підвішують зі слабким натягом між ізоляційними стояками, закріпленими в муфтах стояка штатива. Дротину потрібно закріпити на стояках за мідні провідники, оскільки під час нагрівання її струмом може обгоріти метал ізоляційних стояків. До дротини підносять сильний магніт і спостерігають, що вона притягується до нього, вигинаючись в бік магніту. Магніт кріплять у лапці штатива.

Вмикають струм і, збільшуючи напругу на дротині, розжарюють її до яскраво-червоного кольору. Дротина перестає притягуватись магнітом і вільно провисає. Вмикають струм і спостерігають, що після остигання дротина знову набуває магнітних властивостей.

б) Обладнання: феритова шайба або уламок фериту, тонка мідна дротина (40-50 см), сильний магніт, штатив з лапкою і муфтою, підйомний столик, малий освітлювач, сірники.

Точка Кюрі для феритів становить близько $110-130^{\circ}\text{C}$, тому вони зручні для демонстрування втрати феромагнетиками магнітних властивостей під час нагрівання. Феритову шайбу за допомогою тонкого мідного дроту підвішують на лапці штатива. На підйомний столик установлюють магніт так, щоб його полюс був на висоті шайби. Столик наближають до шайби, поки її не притягне магніт, потім віддаляють, поки шайба, перебуваючи на відстані 10-15 мм від магніту, утримуватиметься у відхиленому положенні, а дротина підвісу утворюватиме з вертикаллю деякий кут. Знизу до шайби підносять запалений сірник. Через декілька секунд шайба відривається від магніту й починає гойдатися. Незабаром, після охолодження, шайба знову притягується до магніту. Явище проєктують на екран, підсвітивши установку точковим джерелом світла.

Завдання 8. Ефект Баркгаузена.

Обладнання: підсилювач низької частоти УНЧ-3, динамічний гучномовець, котушка від універсального трансформатора на 220 В, сильний постійний магніт, смужка покрівельної сталі або жерсті (25*150мм), з'єднувальні проводи.

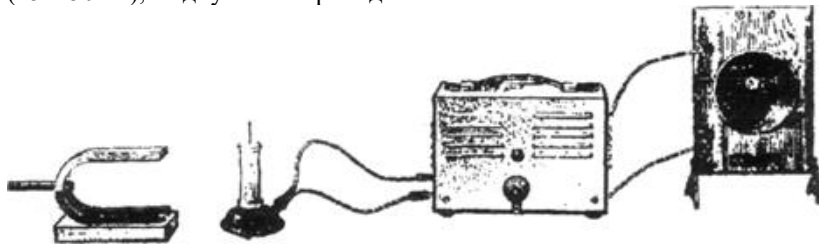


Рис.9.

Ефект Баркгаузена (стрибоподібне намагнічування) легко можна продемонструвати на простій установці. Котушку від універсального трансформатора на 220 В з'єднують з входом підсилювача низької частоти УНЧ-3. До виходу підсилювача приєднують гучномовець. До торця котушки повільно підносять магніт і переконаються, що гучномовець не звучить. Потім у котушку вставляють смужку покрівельної

сталі так, щоб близько $\frac{2}{3}$ її виступало з котушки назовні і знову наближають магніт. Коли магніт досягає котушки, шуми послабляються, а коли зупиняється зовсім зникають. Якщо магніт віддаляти, шуми виникають знову.

Щоб дослід дав належний ефект, магніт треба рухати, повільно наближаючи його до котушки з відстані 40-50см, віддаляти теж повільно. Дослід можна виконати також з дросельною котушкою.

Завдання 9. Магнітний захист.

Обладнання: сильний дугоподібний магніт, залізна пластинка з отворами на кінцях, тонкі пластинки з різних матеріалів (залізо, мідь, алюміній, дерево, пластмаса), штатив з муфтою і лапкою, гири 2-1 кг, міцна нитка. Установку складають за малюнком.



Рис.10.

Сильний дугоподібний магніт затискають у лапці штатива полюсами вниз. До залізної пластинки, яка відіграє роль якоря магніту, прив'язують міцну нитку, середину якої прикріплюють до гирі, що стоїть на столі. Пластинку знизу підносять до магніту так, щоб вона «стояла на нитці» на відстані 15-20 мм від полюсів магніту. Вносячи в простір між пластинкою і магнітом пластинки з різних матеріалів, помічають, що вони не екранують дію магніту. Але, коли внести залізну пластинку, якір магніту падає. Отже, залізо має властивість екранувати магнітне поле.

Рекомендовані джерела інформації

1. Європейська якість навчання для кращої успішності учнів : збірник завдань для розвитку природничо-наукової компетентності учнів у вимогах PISA. Ч. 3. / Авт. колектив за заг. редакцією проф. О. М. Топузова. Укладач : проф. Л. М. Калініна (електронне видання). Київ : Педагогічна думка, 2023. 126 с.
2. Засєкіна Т. М. Фізика (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закладів заг. сер. освіти / Т. М. Засєкіна, Д. О. Засєкін. Київ : УОВЦ «Оріон», 2018. 304 с.
3. Засєкіна Т. М. Фізика (профільний рівень) : підруч. для 11 кл. закладів заг. сер. освіти / Т. М. Засєкіна, Д. О. Засєкін. Київ : УОВЦ «Оріон», 2019. 304с.
4. Інтерактивні симуляції для природничих наук і математики. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/filter?type=html>
5. Коршак Є. В., Миргородський Б. Ю. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту. Практикум. Київ : Вища школа, 1981. 280 с.
6. Савченко В. Ф. Методика навчання фізики у старшій школі. Київ : Вища школа, 2011. 224 с.
7. Чолпан П. П. Основи фізики. Київ : Вища школа, 2019. 488 с.

Навчальне видання

***Ірина Володимирівна МАНЬКУСЬ,
Людмила Степанівна НЕДБАЄВСЬКА,
Роман Володимирович ДІНЖОС***

Лабораторний практикум з методики навчання фізики

Фізичний експеримент

Частина 2

Навчальний посібник

Редактор *О. Михайлова*

Комп'ютерна верстка, дизайн обкладинки *К. Гросу-Грабарчук*
Друк *С. Волинець*. Фальцювально-палітурні роботи *О. Мішалкіна*.

Фото для обкладинки надали студенти факультету комп'ютерних наук:
П. Козлова, В. Андрієвський, В. Овчаренко, С. Кухарський

Підп. до друку 20.03.2025.

Формат 60х84 ¹/₁₆. Папір офсет.

Гарнітура «Times New Roman». Друк різнограф.

Ум. друк. арк. 7,6. Обл.-вид. арк. 4,2.

Тираж 100 пр. Зам. № 6956.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.

54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.

Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2020.