

збільшувати гальмуючу різницю потенціалів.

Нарешті, при постійній частоті світла змінюють величину світлового потоку, падаючого на фотоелемент. Встановлюють, що гальмуюча напруга не залежить від величини світлового потоку. З описаних дослідів виходять важливі висновки, які підтверджують рівняння Ейнштейна: 1) максимальна швидкість електронів, а отже, і їх кінетична енергія збільшуються із зростанням частоти падаючого світла; 2) швидкість електронів не залежить від величини світлового потоку.

Дослід 11. Будова і дія напівпровідникового і вакуумного фотоелементів

Спочатку пояснюють пристрій фотоелемента за учбовою таблицею. На вигляд вакуумні і газонаповнені фотоелементи відрізняються один від одного формою балона і розташуванням виводів.

У фотоелементів типа ЦГ (цезієвий, газонаповнений) і ЦВ (цезієвий, вакуумний) анод має форму колечка, розташованого у середині балона. У фотоелементів типа СЦВ-5 (сурмяно-цезієвий, вакуумний) анод розташований в нижній частині балона, завдяки чому тінь від нього не падає на робочу поверхню катода. Світлочутливий шар катода нанесений на срібну підкладку, яка покриває балон з внутрішньої сторони. Частина балона вільна від покриття і утворює віконце для світла. Активний шар катода покритий лужними або лужноземельними металами.

Катоди найпоширеніших фотоелементів роблять киснево-цезієвими і сурмяно-цезієвими.

У вакуумного фотоелемента повітря з балона повністю видалене. У газонаповнених фотоелементах балон після видалення повітря заповнюється аргоном при тиску 2,7–5,3 Па. Після цього складають коло за схемою попереднього дослідів (а) і демонструють проходження струму через фотоелемент. Змінюють полярність ввімкнення фотоелемента і показують, що струм відсутній.

Малюють і пояснюють вольт-амперну характеристику фотоелемента.

Дослід 12. Люмінесценція

Демонстрування явища люмінесценції починають з дослідів і фактів, вже відомих учням: свічення ламп денного світла, мінералів, люмінесціюючих фарб екранів катодної трубки, осцилографа, телевізора, розчину флуоресцеїну, рентгенівського екрана, циферблатів приладів тощо. Корисно показати свічення цукру при розколюванні його щипцями і спалахи на рентгенівському екрані, по зворотному боці якого злегка постукують дерев'яною паличкою (триболюмінесценція).

З дослідів роблять висновок про властивість деяких твердих, рідких і газоподібних речовин при певних умовах світлолюмінесціювати.

Навчальний фізичний експеримент у вигляді демонстраційних дослідів є невід'ємною частиною курсу фізики загальноосвітньої школи і одночасно важливим методом навчання. Зазначені в програмі демонстрації як і лабораторні роботи є обов'язковими. Якщо з лабораторними роботами проблем немає, то досить часто демонстраційний експеримент залишається поза увагою вчителя. По-перше, лише в навчальній програмі для рівня стандарту зазначаються обов'язкові демонстрації. Для академічного і профільного рівня вчитель повинен визначитися самостійно. По-друге, матеріальна база кабінетів не дозволяє в повній мірі забезпечити якісне виконання експериментальної частини викладання фізики, ну і по-третє – людський фактор...

Учитель повинен виходити з того, що чітке розуміння учнями експериментального характеру фізичних законів має велике пізнавальне і світоглядне значення, воно робить фізику наукою про природу. Правильно поставлені демонстрації, які супроводжуються відповідними поясненнями дають можливість учням побачити не тільки установку з приладами і пристроями, а й фізичні явища, процеси і закономірності.

В зв'язку з цим пропонуємо вчителям фізики перелік демонстрацій, який пропонувався у попередніх навчальних програмах і які в основному доступні для виконання у більшості шкіл. Залежно від умов конкретної школи ці демонстрації можна розширювати, збільшувати кількість, замінювати.

10 клас

Кінематика

Дослід 1. Відносність руху

1. Відносність руху і спокою кульки в трубці з в'язкою рідиною

Один з отворів довгої скляної трубки закривають корком, а в інший наливають в'язку рідину. Вкинувши в трубку металеву кулю (наприклад, сталеву), закривають відкритий отвір корком. У штативі закріплюють стрілку-показчик з таким розрахунком, щоб вона була від поверхні стола на відстані, трохи більшій, ніж довжина трубки.

Трубку тримають рукою у вертикальному положенні. Якщо її швидко перевернути, а потім у міру падіння кульки піднімати догори з швидкістю руху кульки і тримати так, щоб кулька весь час була проти стрілки-показчика, то учні бачитимуть її нерухомою.

2. Відносність механічного руху і спокою

На стержні універсального штатива закріплюють за допомогою муфти блок, через який перекидають мотузку. До кінців мотузки підвішують по два стогромові важки. З одного боку до кріючка нижнього з важків підвішують переважок масою 10-20 г. Внаслідок дії переважка вся система важків починає рухатись. Пояснюють, що: 1) всі важки рухаються відносно штатива і навколишніх тіл; 2) важки, підвішені справа, рухаються відносно важків, підвішених зліва; 3) два важки і переважок, що

опускаються вниз, перебувають у спокої один відносно одного; 4) два важки, що рухаються вгору, також перебувають у спокої один відносно одного.

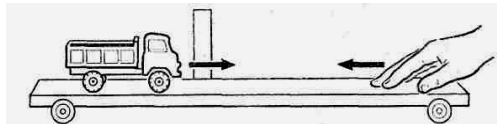
Вводять поняття про тіло відліку і визначають стан розглядуваних тіл, якщо за тіло відліку взяти одне з них. Наприклад, якщо за тіло відліку взяти штатив, то всі важки і переважок рухаються, а демонстраційний стіл та інші тіла, що стоять на ньому, перебувають у спокої. Якщо ж за тіло відліку взяти один з важків, що опускається вниз, то другий важок, що також опускається, і переважок перебувають у спокої, а два інші важки, які піднімаються вгору, і штатив рухаються.

3. Демонстрування відносності спокою і руху за допомогою візка

На демонстраційний стіл ставлять платформу – легку широку дошку довжиною 100 – 120 см на чотирьох коліщатах, а на неї – візок із заводним механізмом або дитячий автомобіль. Біля платформи розміщують брусок, відносно якого учні спостерігатимуть рух платформи і візка або моделі автомобіля. Приводять в дію візок. Оскільки він змінює своє положення в просторі відносно оточуючих предметів (бруска тощо), виявляють його рух.

3.1. У кузов візка кладуть брусок і повторюють дослід. Відносно бруска візок перебуває в спокої, а відносно дошки, стола або покажчиків, розміщених біля платформи, він рухається разом з бруском.

3.2. Уздовж стола розміщують платформу, ставлять на неї візок, а біля неї – брусок. Рухають рівномірно платформу в один бік, а візок – в протилежний. Учням здається, що візок не рухається відносно бруска і рухається відносно платформи.



3.3. Переміщують рівномірно платформу разом з візком. Він перебуває в спокої відносно платформи і рухається відносно бруска.

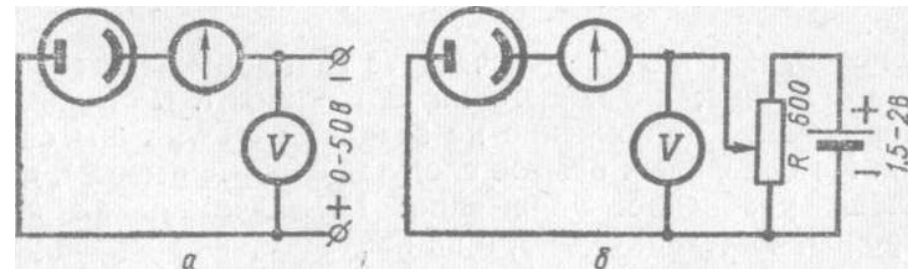
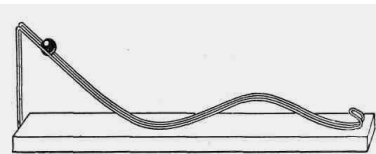
З дослідів учні роблять висновок: в природі немає абсолютного спокою і руху; механічний рух, як і спокій, відносний.

Дослід 2. Прямолінійний і криволінійний рухи

1. Візок встановлюють біля переднього краю демонстраційного столу. Приводять в дію візок і звертають увагу учнів на те, що візок переміщується весь час уздовж столу, тобто прямолінійно.

Потім показують криволінійний рух візка, повернувши заздалегідь його передні колеса вбік.

2. Показують також дослід, використовуючи криволінійний жолоб. Його легко виготовити, закріпивши дві дротини на відстані, трохи меншій за діаметр кулі. Висота вертикальної підставки 28–35 см. Висоту горба добирають такою, щоб куля, опущена з вершини жолоба, мала на вершині горба швидкість, близьку до нуля.



1. Фотоелемент встановлюють на відстані приблизно 40 см від лампи і при незмінному світловому потоці поступово збільшують напругу на його електродах. Струм спочатку збільшується пропорційно прикладеній напрузі, а потім, починаючи приблизно з 30 В, досягає деякого постійного значення (струм насичення).

Учням пояснюють, що струм насичення виникає в той момент, коли всі електрони, що вилітають з катода, доходять до анода. Подальше збільшення струму може бути досягнуте лише при збільшенні світлового потоку. Наближають фотоелемент до лампи і переконуються в цьому.

2. Фотоелемент повертають в початкове положення і при незмінній напрузі на електродах помічають по гальванометру величину струму насичення. Потім світловий потік, падаючий на фотоелемент, зменшують в чотири рази (збільшують відстань між фотоелементом і лампою в два рази). Помічають по гальванометру, що при цьому струм зменшується в чотири рази. Отже, сила струму, що визначається числом електронів, що вилітають за одиницю часу, прямо пропорційна падаючому світловому потоку (закон Столетова).

3. На фотоелемент подають з потенціометра напругу протилежної полярності. Цю напругу контролюють демонстраційним вольтметром, який включають з наперед підібраним додатковим опором такої величини, щоб стрілка відхилялася на всю шкалу при напрузі 1,5 В. Демонстраційний гальванометр включають разом з підсилювачем постійного струму.

Готуючи установку до проведення дослідів, вставляють в проекційний апарат конденсор і діапозитивну рамку з оранжевим світлофільтром; повзунок потенціометра переміщують в таке положення, при якому напруга, що знімається з потенціометра, рівна нулю; фотоелемент затемнюють і встановлюють стрілку гальванометра на нуль.

Потім фотоелемент освітлюють оранжевим світлом. Гальванометр виявляє струм. За допомогою потенціометра збільшують поступово різницю потенціалів. Струм поступово спадає до нуля. Це доводить, що електрони вилітають з катода з різними швидкостями і у момент припинення струму вони не мають достатньої енергії, щоб подолати гальмуюче поле.

Потім пучок світла від лампи перекривають по черзі зеленим і синім світлофільтрами. Помічають, що для припинення струму доводиться весь час

пластинці добре зберігається, швидко відсовують убік ширму і спостерігають поступову втрату цинковою пластинкою негативного заряду.

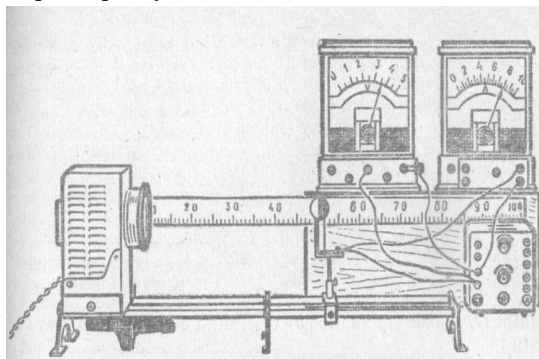
Звертають увагу на те, що розряд електрометра починається зразу ж після освітлення пластинки і швидко припиняється, якщо світло лампи знову закрити ширмою.

Після цього цинкову пластинку заряджають позитивно від скляної палички. Знак заряду перевіряють за допомогою зарядженої ебонітової палички: наближення її до пластинки зменшує кут відхилення стрілки електрометра. Потім ширму знову відсовують убік і переконуються, що стрілка електрометра залишається нерухомою навіть при тривалому опромінюванні. Світло не може вибити з цинку позитивні заряди; електрони ж з позитивної пластини не вибиваються тому, що вони утримуються електричним полем позитивного заряду.

Далі освітлюють незаряджену пластинку. Фотоефект дуже швидко припиняється, оскільки, втративши частину електронів, пластинка виявляється зарядженою позитивно. Цей заряд дуже малий і шкільним електрометром не фіксується.

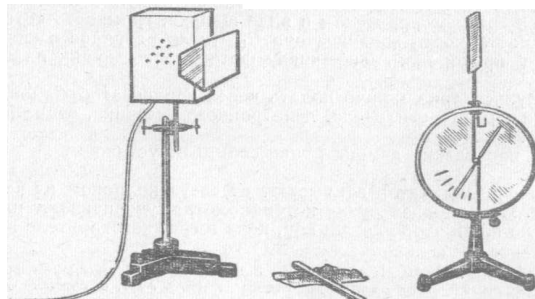
Дослід 10. Закони зовнішнього фотоефекту

Для демонстрації законів фотоефекту збирають установку за малюнком. У корпус освітлювача проекційного апарату вставляють автомобільну лампу («точкове» джерело світла), а конденсор знімають. Позаду проекційного апарату горизонтально закріплюють демонстраційний метр так, щоб його початок знаходився проти нитки лампи.

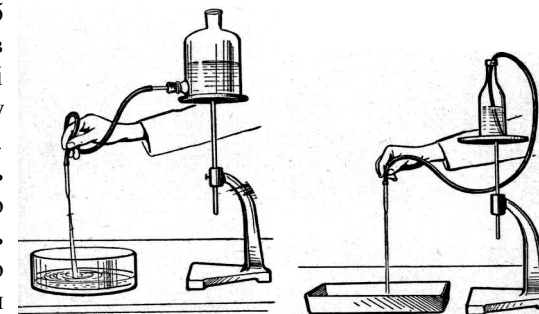


У рейтері закріплюють вакуумний фотоелемент СЦВ-4, змонтований на саморобній підставці; фотоелемент вмикають в електричне коло за схемою, показаною на малюнку.

Регульовану постійну напругу беруть від універсального випрямляча і контролюють демонстраційним вольтметром. Гальванометр вмикають в коло разом з підсилювачем постійного струму. Автомобільну лампу живлять від батареї акумуляторів.



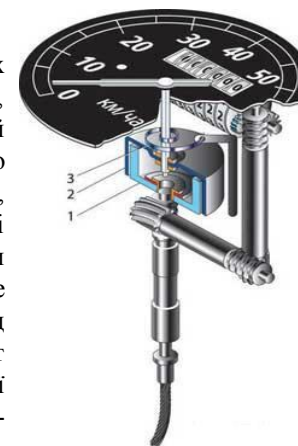
3. Банку з тубусом наповнюють водою і ставлять на підйомний столик. Опускають гумову трубку і спрямовують відтягнутий кінчик вставленої в неї скляної трубочки так, щоб струмінь води витікав вертикально вниз. Учні спостерігають прямолінійну траєкторію руху струменя. Спрямовуючи струмінь горизонтально і під кутом до горизонту, демонструють криволінійну траєкторію його руху. Якщо струмінь спрямувати вертикально вниз і коливати скляну трубочку, то можна показати ще один вид криволінійної траєкторії.



Банку з тубусом біля дна можна замінити звичайною пляшкою, у горловину якої опущений кінець гумової трубки із вставленою в отвір її другого кінця скляною трубочкою з відтягнутим кінчиком. Засмоктавши через кінець скляної трубочки воду і опустивши трубочку вниз, спостерігають рух струменя води (прилад працює як сифон).

Дослід 3. Спідометр

Механічний спідометр влаштований просто: поверх магнітного диска 1, що приводиться тросом, розташований з невеликим зазором алюмінієвий ковпак (картушка) 2, що обертається на осі із стрілкою і поворотною пружиною 3. Коли диск обертається, його магнітні силові лінії створюють в картушці струми, що утворюють своє магнітне поле. При взаємодії двох полів картушка рухається за диском, але пружина обмежує її поворот кутом, залежним від швидкості обертання диска. Циферблат проградуєвано, залежно від жорсткості поворотної пружини. Будь-яка зміна її жорсткості неприпустима - покази спідометра будуть спотворені.



Дослід 4. Додавання переміщень

1. Додавання рухів, напрямлених по одній прямій в одну сторону і в протилежні сторони

На край платформи, біля її бічної стінки, ставлять візок. Над платформою в лапках двох штативів закріплюють демонстраційну лінійку так, щоб її край збігався з краєм платформи і візка (мал. а). Штативи з лінійкою не повинні заважати рухові візка й платформи. Одночасно в напрямі, показаному на мал. б стрілкою, однією

ФІЗИКА ДЛЯ ФІЗИКІВ. спецвипуск № 8

рукою переміщують візок, а другою – платформу.

Відлічують: 1) довжину шляху, пройденого візком відносно краю платформи; 2) довжину шляху, пройденого платформою відносно краю лінійки; 3) довжину шляху, пройденого візком відносно краю лінійки.

Рухи візка відносно платформи і платформи відносно лінійки називають складовими, а рух візка відносно лінійки – результуючим. Установлюють, що сума довжин шляхів складових рухів, напрямлених по одній прямій в одну сторону, дорівнює довжині шляху результуючого руху.

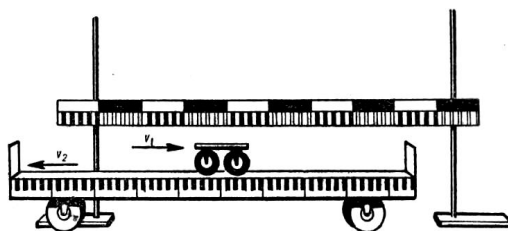
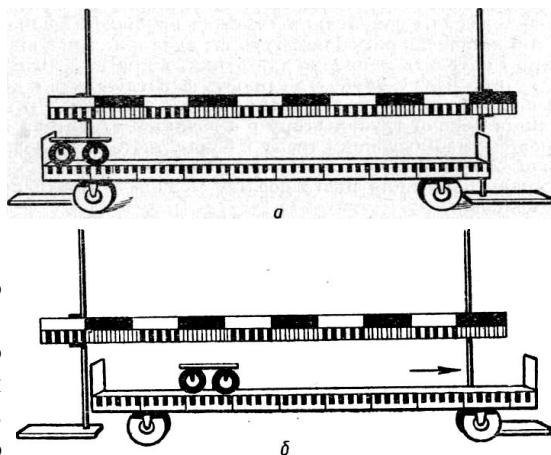
Щоб додати рухи, напрямлені по одній прямій у протилежні сторони, ставлять візок і платформу так, як показано на малюнку.

Одночасно рухають візок однією рукою в напрямі, показаному на малюнку стрілкою v_1 а платформу – другою рукою в протилежному напрямі, показаному на тому самому малюнку стрілкою v_2 . Відлічуючи довжини шляхів так само, як у попередньому досліді, установлюють, що різниця довжин шляхів складових рухів (візка відносно платформи і платформи відносно лінійки, або навпаки, якщо платформа відносно лінійки перемістилася більше, ніж візок відносно платформи) дорівнює довжині шляху результуючого руху (візка відносно лінійки).

2. Додавання шляхів двох рівномірних прямолінійних рухів, напрямлених під кутом один до одного

У центр меншої основи гумового корка вставляють шпильку, верхню половину якої згинають у кільце. До кільця прив'язують нитку, на другому кінці якої роблять петлю. Корок опускають у скляний циліндр. На класній дошці будують прямий кут, одна з сторін якого горизонтальна, а друга – вертикальна. Прикладають циліндр до дошки так, щоб корок містився проти вершини побудованого прямого кута.

Демонструють складові рухи корка: по вертикалі (корок піднімають вертикально вгору за допомогою нитки, залишаючи циліндр нерухомим) і по горизонталі (циліндр рухають у горизонтальному напрямі, причому корок повинен

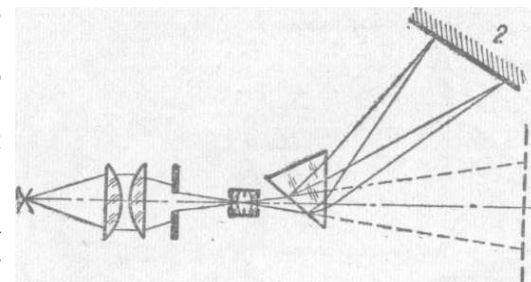


З дослідів учні легко приходять до висновку про перпендикулярність коливань в світловому пучку по відношенню до напрямку його поширення. Очевидно, перший поляроїд служить в досліді поляризатором, а другий – аналізатором.

Повторюють дослід, помінявши місцями поляроїди. Переконаються, що кожний з них може служити як поляризатором, так і аналізатором.

Дослід 9. Дисперсія світла під час його проходження крізь тригранну призму

Установка збирається на лаві проекційного апарату. Джерело світла розташовують приблизно в головному фокусі задньої лінзи конденсора. У світловому конусі, що утворився, переміщують уздовж оптичної осі розсуну щілину і закріплюють її в такому місці, де перетин світлового конуса повністю перекриває щілину. Між «ножами» щілини залишають просвіт 1,5–2 мм. За допомогою об'єктиву одержують на екрані, розташованому з іншого краю демонстраційного столу збільшене, різке, рівномірно освітлене зображення щілини.



Після цього перед об'єктивом на підйомному столику встановлюють призму так, щоб її заломлююче ребро було паралельне щілині, а весь пучок світла проходив крізь грані заломлюючого кута. Тоді на екрані, переставленому з положення 1 у положення 2, при повному затемненні класу буде добре видний суцільний спектр.

Щоб показати залежність довжини спектру від роду речовини призми (при одному і тому ж заломлюючому куті), дослід продовжують з іншою призмою такого ж розміру, але «Крон». Призму «Крон» встановлюють на першу так, щоб їх площини і ребра співпали, а пучок світла з об'єктиву потрапляв на обидві призми. При цьому на екрані виходять одночасно два спектри, які зручно порівнювати: спектр від призми «Флінт» виявляється більш розтягнутим.

Дослід 10. Фотоефект на пристрої з цинковою пластинкою

Цинкову пластинку, наприклад з набору по електролізу, зачищають з одного боку до блиску і за допомогою невеликої трубочки встановлюють вертикально на стрижні електрометра.

На відстані приблизно 50 см від електрометра закріплюють в штативі ультрафіолетовий освітлювач і вмикають його в мережу. Отвір в корпусі лампи закривають ширмою – шматком картону.

Пластинку повертають зачищеною стороною до лампи і заряджають негативним зарядом за допомогою ебонітової палички.

Як тільки стрілка електрометра встановиться і учні переконаються, що заряд на

рейтері закріплюють об'єкти. Дифракційну решітку закріплюють у рамці для діапозитивів. Вмикають ліхтар, установлюють щілину так, щоб рівномірно освітити її на 1,5–2 мм і дістають чітке зображення її на екрані. Після цього перед об'єктивом установлюють дифракційну решітку так, щоб світлова пляма від об'єктива рівномірно покривала площу її штрихів, і розглядають картину, що утворилася (регулюють ширину щілини, щоб вона була якнайяскравішою). По обидва боки від центральної білої смуги (від головного максимуму нульового порядку) утворюються дифракційні спектри першого, другого і третього порядків. Спектри вищих порядків, починаючи з другого, розтягуючись, накладаються один на одного. Інтенсивність їх зменшується. Слабо помітний спектр четвертого порядку.

Після цього демонструють решітку з меншим періодом. Тепер спектри вищих порядків лежать на більшій відстані від центральної білої смуги, більш розтягнуті і менш яскраві.

Нарешті, вивчають явище в монохроматичному світлі, закриваючи щілину світлофільтрами. Спостерігають, що в синьому або фіолетовому кольорі світлі смуги відповідного кольору (побічні інтерференційні максимуми) розташовані ближче до центральної смуги (до головного максимуму), ніж у червоному. Найбільш наочно це видно, коли верхню частину щілини закрити червоним склом, а нижню – синім або фіолетовим. Роблять висновок: чим менша довжина хвилі, тим ближчий побічний максимум до головного.

Повторюють дослід з решітками різних періодів у монохроматичному (наприклад, у червоному) світлі. Роблять висновок: чим менший період решітки, тим далі лежить побічний максимум від головного.

Дослід 8. Поляризація світла поляроїдами

Збирання установки на лаві проекційного апарату починають з розташування фільтру перед конденсором освітлювача. Потім вмикають лампу і в світловому конусі, що утворився від конденсора (але не у фокусі) закріплюють поляроїд. За допомогою об'єктива проєктують освітлену частину поляроїда на екран у вигляді достатньо яскравого круга.

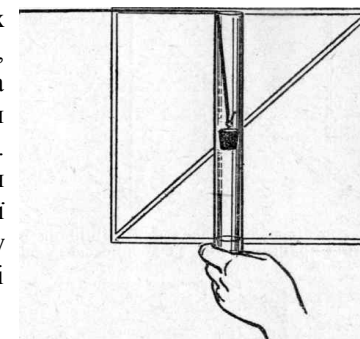
Повертають його спочатку на 90° , потім на 180° , 270° , 360° . Звертають увагу учнів, що при цьому ніяких змін на екрані не відбувається. Дослід повторюють, але з іншим поляроїдом.

Потім збирають установку з двома незміщеними поляроїдами. При цьому поляроїди краще розташувати ближче до конденсора, щоб фокус світлового пучка, що виходить з конденсора, виявився за другим поляроїдом. За допомогою об'єктива знову проєктують на екран освітлену частину другого поляроїда і поволі повертають його на 90° відносно першого. Учні помічають поступове зменшення освітленості круга на екрані до максимального затемнення. Подальші повороти на 180° , 270° і 360° приводять відповідно до освітлення, затемнення і знову до освітлення круга на екрані.

переміщуватись уздовж горизонтальної сторони прямого кута разом з циліндром, залишаючись нерухомим відносно останнього. На сторонах прямого кута відкладають відрізки, що дорівнюють висоті циліндра, тобто довжинам шляхів складових рухів корка, і на цих відрізках, як на сторонах, будують квадрат, в якому з вершини, де міститься корок, проводять діагональ.

Щоб корок брав участь в обох складових рухах одночасно, петлю нитки, прив'язаної до корка, накидають на цвях, забитий у раму дошки на одному горизонтальному рівні з верхнім краєм циліндра (при цьому нитка повинна натягнутись).

Переміщують циліндр так, щоб його нижня основа рухалась уздовж нижньої горизонтальної сторони побудованого квадрата. При цьому корок бере участь в обох рухах одночасно і переміщується по діагоналі квадрата.



Дослід 5. Падіння тіл у повітрі та розрідженому просторі (трубка Ньютона)

Для дослідів використовують фабричний прилад – трубку Ньютона. Цей прилад являє собою запаяну з одного кінця скляну трубку завдовжки 100–120 см, діаметром 6–8 см.

На незапаяний кінець трубки надіта і герметично з ним з'єднана металева оправа, що закінчується патрубком з краном. У трубці містяться свинцева кулька, корок і пір'їна.

Спочатку трубку, не викачуючи з неї повітря, кілька разів перевертають і показують, що кулька, корок і пір'їна падають з різним прискоренням. Щоб довести, що причиною цього є опір повітря, а не різниця в масах тіл, з трубки насосом Комовського викачують повітря. Трубку з насосом Комовського з'єднують товстостінним гумовим шлангом. Закривають кран і, знявши шланг, знову перевертають кілька разів трубку. Спостерігають, що досліджувані тіла падають майже з однаковим прискоренням. На жаль, за допомогою насоса Комовського не можна досягти такого розрідження, при якому різниця в прискореннях була б непомітною.

Впускають у трубку повітря і демонструють, що різниця прискорень при падінні різко зростає.

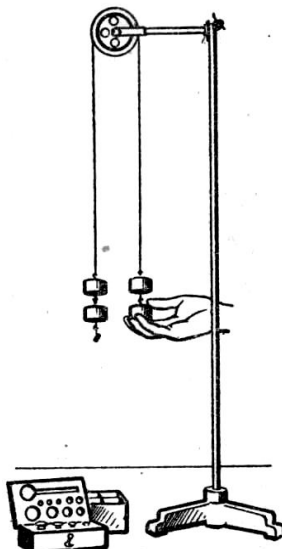


Дослід 6. Визначення прискорення при вільному падінні

Дослід 7. Демонстрування рівноприскорених рухів з різними прискореннями

На стержень універсального штатива вгорі встановлюють муфту з закріпленням у ній блоком на стержні. Через блок перекидають нитку, довжина якої дорівнює відстані від блока до кришки стола. До кінців нитки прив'язують однакові важки. До одного з важків, піднятого вгору, чіпляють переважок і спостерігають рівноприскорений рух системи важків.

Дослід повторюють з переважками різної маси і дають можливість учням порівняти зміни швидкості за однаковий час, тобто прискорення спостережуваних рухів.



Дослід 8. Напрямок швидкості під час руху по колу

Показати на досліді, що швидкість криволінійного руху напрямлена по дотичній до траєкторії в розглядуваній точці, можна за допомогою ручного точила, яке прикручують до дошки демонстраційного стола і швидко обертають, торкаючись поверхні точильного каменя сталеву смужкою, наприклад лезом рубанка. З місця дотику вилітають іскри, які мають напрям дотичних до траєкторії руху точок поверхні каменя.

Дослід 9. Стробоскоп

Стробоскоп складається з пластмасового корпусу, металевої стійки і дерев'яної підставки. У середині корпусу розміщені стробоскопічна лампа з відбивачем, монтажна плата і деталі електричної схеми.

У верхній частині корпусу розташована ручка для регулювання частоти спалахів.

Принцип дії стробоскопа полягає у тому, що тіло, яке здійснює періодичний рух, освітлюється і робиться видимим в окремі, дуже малі в порівнянні з періодом руху тіла проміжки часу. Якщо частота імпульсів світла $f_{\text{стр}}$ співпадає з частотою періоду руху тіла $f_{\text{руху}}$, то тіло здається таким, що зупинилося. При деякій відмінності частот тіло видно, як таке, що здійснює сповільнений рух з частотою F , що являє собою різницю цих частот, тобто $F = f_{\text{руху}} - f_{\text{стр}}$.

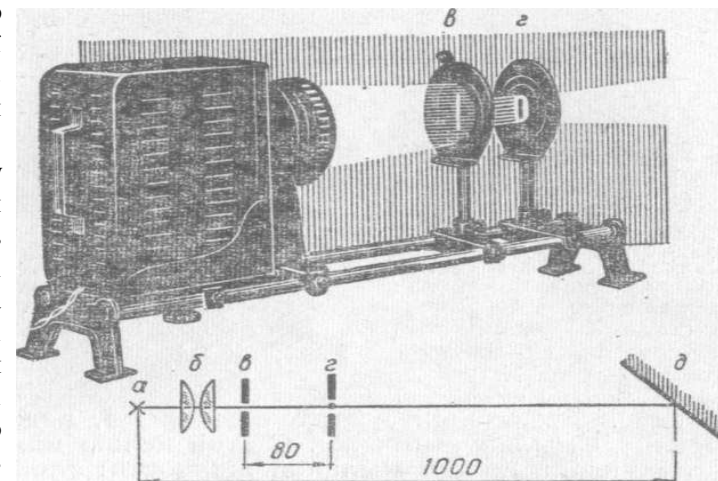


паралельно щілині і знаходилося з нею на оптичній осі конденсора.

Потім перед щілиною на оптичній осі конденсора встановлюють нитку на рамці, дотримуючись при цьому паралельного розташування нитки і щілини. Поволі звужують щілину і одержують на екрані смуги дифракційного спектру.

Дослід 6. Дифракція світла від вузької щілини

Підготовка до демонстрації починається з установки джерела світла. Лампу розжарювання розташовують так, щоб її спіралі виявилися на оптичній осі конденсора і були обернуті «ребром» до нього. Потім в пучку світлового



конуса від конденсора переміщують щілину і закріплюють її на лаві в такому місці, де перетин світлового конуса повністю покриває щілину. Щілина повинна бути розташована паралельно спіралям лампи і розсунута за допомогою гвинта настільки, щоб просвіт між «ножами» складав приблизно 0,2 мм. Після цього встановлюють другу щілину; вона повинна розташовуватися на оптичній осі конденсора і бути строго паралельною першій. Для цього спочатку другу щілину наближають впритул до першої і, обережно обертаючи рухому частину диска ширми, забезпечують паралельність. Потім другу щілину відсовують від першої на відстань 150 мм і закріплюють на лаві. Цим закінчується підготовка установки.

Обережно обертаючи гвинт другої розсувної щілини, поволі зменшують просвіт між її «ножами» і спостерігають за дифракційною картиною. Спочатку на екрані виходить світла смуга з розмитими краями. При подальшому звуженні другої щілини ширина світлої смуги і її освітленість зменшуються, з'являється дифракційна картина. Якщо лінії дифракції виявляються недостатньо різкими, треба обережно повернути на малий кут одну щілину щодо іншої, щоб добитися точнішої установки щілин на паралельність.

Дослід 7. Дифракційна ґратка

Розсувну щілину набору з інтерференції і дифракції закріплюють на ширмі і встановлюють у рейтері оптичної лави ліхтаря перед конденсором; у другому

оптичної осі конденсора. Нарешті, непорушуючи установки, максимально звужують щілину, щоб інтерференційні смуги були якнайчіткішими (але не за рахунок освітленості екрана). На екрані утворюється інтерференційна картина завширшки 3–4 см, що складається з ряду прямолінійних кольорових смуг.

Інтерференція в тонкому шарі повітря

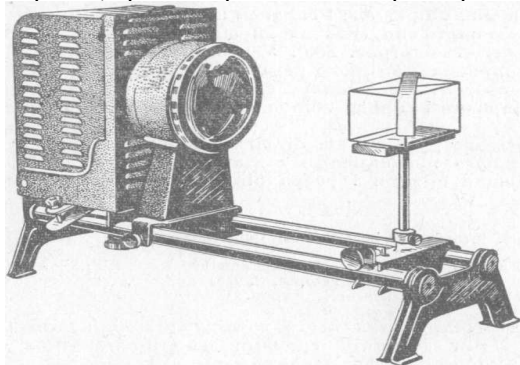
Для демонстрування цього досліду тонкий повітряний шар утворюють між великими гранями двох прямокутних скляних призм. Для міцності з'єднання призм і зручності зміни товщини повітряного шару між ними застосовують саморобну струбчинку. Перед тим як складати прилад, треба добре почистити грані призм. З'єднуючи призми, великі їх грані насувають одна на одну (дуже притискуючи), після чого закріплюють призми струбчинкою.

При демонструванні досліду призми ставлять основами на столик універсального проекційного ліхтаря, закріпленого в рейтері оптичної лави в такому положенні, щоб мала грань однієї з призм була перпендикулярною до оптичної осі конденсора. Засвічують ліхтар, пересувають столик з призмами на таку відстань від конденсора, щоб збіжний пучок світла повністю вкладався на грані призми. Трохи обертаючи призми навколо вертикальної осі в той або інший бік, утворюють на екрані чітку і яскраву інтерференційну картину (при відстані екрана від призм 2–3 м, висоті її близько 1 м і ширині майже 40 см).

Демонстрацію виконують у монохроматичному і білому світлі. Освітлюючи верхню половину грані призми червоним світлом, а нижню – зеленим, демонструють залежність ширини смуг від довжини хвилі (світлофільтри при цьому повинні щільно дотикатися ребрами).

Дослід 5. Дифракція світла від тонкої нитки

Суттєвими частинами установки, які впливають на якість досліду є щілина і нитка. Щілина перед дослідом повинна бути ретельно очищена від пилу сухим пензликом або м'якою полотняною тканиною. При цьому слід звернути увагу, щоб на краях щілини не залишилися дрібні ворсинки від тканини або волосся від пензлика. Нитку або дріт діаметром 0,1–0,05 мм натягують на рамку з набору або на картонну рамку розміром діaposитива і кінці нитки приклеюють до рамки будь-яким клеєм. Спочатку без нитки одержують на екрані різке зображення щілини з рівномірним освітленням по всьому її полю. З цієї метою переміщують джерело світла, конденсор і щілину так, щоб «ребро» нитки лампи було розташоване



Динаміка

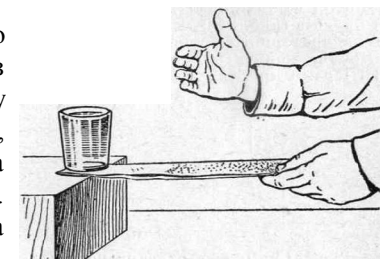
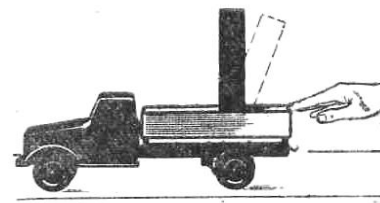
Дослід 1. Прояв інерції

1. У кузов візка ставлять вертикально брусок. Різко штовхають візок вперед. Брусок завдяки інерції і великій силі тертя об дно кузова втрачає рівновагу і перекидається назад. Його знову ставлять вертикально і штовхають візок назад. Брусок з тієї ж причини падає вперед.

2. Візок і брусок повертають в початкове положення і плавно розганяють уздовж столу. На шляху руху візка заздалегідь встановлюють будь-яку перешкоду, наприклад мішечок з піском. Спостерігають, як візок, дійшовши до перешкоди, відразу зупиняється, а брусок, продовжуючи рух за інерцією, падає в кузові вперед.

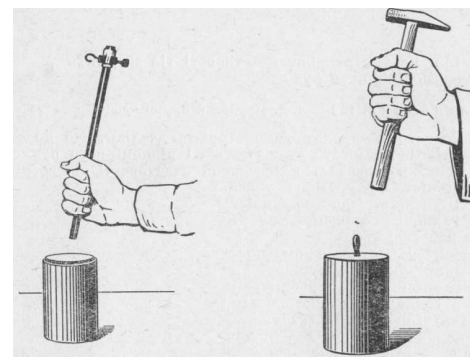
3. Біля кінця похилої платформи розташовують мішечок з піском. Візок розміщують на верхньому кінці платформи і відпускають. З'їжджаючи вільно вниз, візок потрапляє у пісок і швидко зупиняється. Насипають пісок на стіл тонким шаром і знову пускають візок з попередньої висоти. Тепер він проходить до зупинки більшу відстань. Прибирають пісок зовсім і повторюють дослід. Візок проходить до зупинки ще більшу відстань. Отже, рух візка зберігається тим довше, чим менше перешкод він зустрічає на своєму шляху.

4. На край ящика-підставки або підйомного столика кладуть кінець смужки, вирізаній з цупкого паперу, а на смужку ставлять склянку з водою. Лівою рукою беруть за кінець смужки, що виступає за ребро ящика-підставки, а ребром правої руки ударяють по смужці. Смужка висмикується з-під склянки, яка залишається в спокої.



5. Щоб краще показати використання властивості тіл зберігати стан рівномірного прямолінійного руху, доцільно спочатку на стержень універсального штатива надіти кільце, поклавши між ним і стержнем паперову смужку. Товщину смужки підбирають так, щоб кільце могло з невеликим тертям переміщуватись уздовж стержня.

Для демонстрування беруть рукою нижній кінець стержня (кільце повинно міститись на верхньому кінці) і ударяють ним по дощечці, покладеній на ковадло або на гирю. При ударі



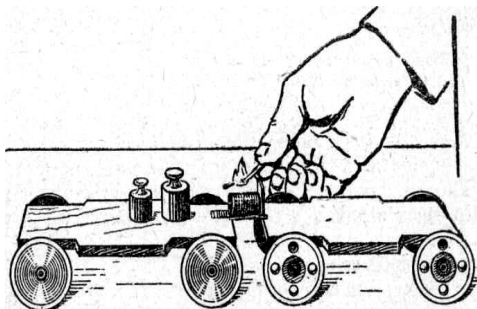
стержень зупиняється, а кільце, зберігаючи швидкість руху, переміщується вздовж стержня. Довжину переміщення кільця можна регулювати, змінюючи силу тертя між кільцем і стержнем. Цього досягають, змінюючи товщину паперової прокладки. Зрозуміло, що довжина переміщення кільця залежить також від швидкості стержня в момент удару.

Після цього демонструють насаджування молотка на рукоятку, для чого рукояткою з надітим на неї молотком ударяють кілька разів по поставленій на демонстраційний стіл гирі або по ковадлу.

Дослід 2. Порівняння мас тіл

Посередині дошки встановлюють візки, один з яких має прикріплену до нього пружину. Візки зв'язують міцною ниткою так, щоб пружина була стиснута зв'язаними візками. Перепалюють сірником нитку і спостерігають відкочування візків у протилежні сторони. З рівності шляхів, пройдених візками, роблять висновок про рівність набутих ними прискорень.

Дослід повторюють, поклавши на один з візків важок. Тепер візок більшої маси відкочується на меншу відстань. Звідси роблять висновок про те, що прискорення, набуті візками, обернено пропорційні їх масам. Для досліді придатні будь-які саморобні або фабричні однакові візки, на одному з яких закріплено пружину, другий візок повинен мати упор для цієї пружини.

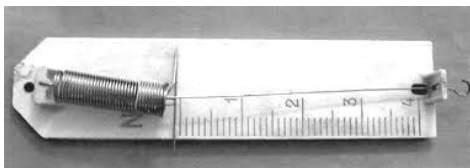


Дослід 3. Вимірювання сил

Спочатку роздають учням на руки лабораторні динамометри. Стисло пояснюють будову динамометра і звертають увагу на правила користування ним. Граничне навантаження приладу – 4 Н.

Потім показують трубчастий динамометр з граничним навантаженням 5 Н. Його зачіплюють одним гачком за стрижень штатива, а на інший гачок вішають три вантажі приблизно в 3 Н. Під дією вантажів пружина розтягується, і учні бачать внутрішню трубку, на якій нанесена кольорова шкала, проградуйована в ньютонках. При цьому саму пружину учням не видно, оскільки вона розташована усередині двох трубок, одна з яких вільно входить в іншу.

Нарешті, знайомлять учнів з демонстраційним динамометром, що має круглу шкалу. Механізм приладу складається з двох пружин, надітих на стрижні, які сполучені між собою зубчатою рейкою. Рейка має зчеплення з шестернею, на осі



головного фокуса лінзи. Пояснюють, що таке фокусна відстань лінзи, і вимірюють її демонстраційною масштабною лінійкою.

Закріплюють на екрані збірну лінзу з меншим радіусом кривизни і показують, що вона більше заломлює промені.

Повертають трохи освітлювач так, щоб середній промінь був напрямлений уздовж побічної оптичної осі; тоді паралельні йому бічні промені, заломившись у лінзі, проходять через точку побічної оптичної осі, яку називають побічним фокусом лінзи.

Вводять поняття про фокальну площину і пояснюють, що вона є геометричним місцем усіх фокусів лінзи.

Таким самим способом вводять поняття про оптичний центр, оптичні осі і уявний фокус розсіювальної лінзи.

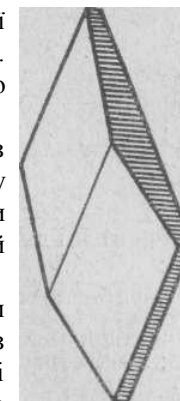
Дослід 4. Утворення інтерференційних смуг.

Інтерференція від біпризми Френеля

Біпризма Френеля - це скляна призма, заломлюючий кут якої близький до 180° . Цим кутом її встановлюють до джерела світла. Вона діє як дві призми, складені своїми основами, внаслідок чого утворюються два уявних когерентних джерела світла.

Складаючи установку, розсувну щілину з набору з інтерференції і дифракції світла закріплюють на поворотному кільці однієї з двох круглих ширм, що є в наборі. В оправі щілини є для цього два пази, а на кільці ширми – два гвинти. На другій ширмі так само закріплюють біпризму Френеля.

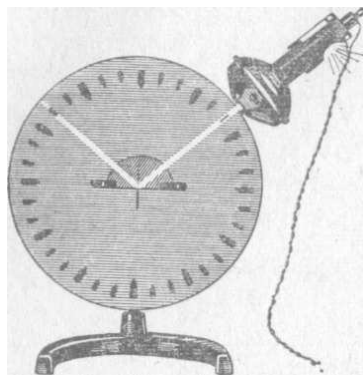
Проекційну лампу освітлювача ліхтаря повертають ребром світної поверхні до конденсора і засвічують ліхтар. Ширму з щілиною закріплюють у рейтері оптичної лави ліхтаря і встановлюють у такому місці, щоб вона була рівномірно освітлена збіжним пучком світла, який виходить з конденсора. Щілину встановлюють вертикально і розсувають на 1–1,5 мм. Ширму з біпризмою закріплюють у рейтері і встановлюють на відстані 40 см від щілини. Користуючись клаптиком паперу, регулюють положення біпризми так, щоб світна смужка від щілини накладалася на ребро біпризми по всій його довжині (ширма при цьому повинна бути перпендикулярною до оптичної осі конденсора). Від точності збігу вертикальних площин, в яких містяться щілина і заломлююче ребро біпризми, залежить успіх досліді. Перевіряють це так. Біля біпризми ставлять настільний екран і повільно повертають щілину або біпризму навколо оптичної осі конденсора в той або інший бік доти, поки на екрані не з'явиться вузька яскраво освітлена смужка з чіткими паралельними краями, а всередині її тоненькі забарвлені рисочки (якщо щілина і ребро біпризми хоч трохи перехрещуються, то смужка матиме розмите потовщення посередині). Після цього екран переносять на відстань 1,5–2 м від біпризми і, щоб збільшити ширину інтерференційних смуг, встановлюють його під кутом до



від кута падіння), а при переході в оптично менш густе середовище заломлений промінь віддаляється від перпендикуляра (кут заломлення більший від кута падіння).

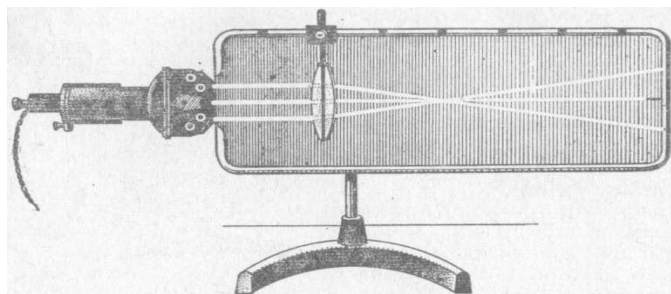
Дослід 2. Повне відбивання

Для демонстрування використовують установку, описану в попередньому досліді. На бічну циліндричну поверхню скляного півциліндра в напрямі радіуса його основи спрямовують середній промінь освітлювача (бічні промені освітлювача відповідним повертанням його дзеркалець усувають). При поступовому збільшенні кута падіння спостерігають поступове збільшення інтенсивності відбитого світлового потоку і зменшення інтенсивності заломленого потоку. При певному куті падіння заломлений промінь ковзає вздовж плоскої грані, тобто кут заломлення дорівнює 90° . Пояснюють, що кут падіння, для якого кут заломлення дорівнює 90° , називається граничним кутом. При дальшому збільшенні кута падіння заломлений промінь зникає і світло повністю відбивається всередині скла.



Дослід 3. Лінзи

На підставці приладу для вивчення законів оптики встановлюють прямокутний екран і на ньому закріплюють збірну лінзу. Через оптичний центр



лінзи спрямовують три промені: середній (у напрямі головної оптичної осі) і два найближчі до нього, бічні. Спостерігають, що промені проходять крізь лінзу без заломлення. Учням пояснюють, що точка лінзи, крізь яку промені проходять без заломлення, називається оптичним центром лінзи. Вводять поняття про головну і побічні оптичні осі лінзи. Зауважують, що середній з демонстрованих променів напрямлений по головній, а бічні – по побічних оптичних осях лінзи.

Щоб ввести поняття про головний фокус збірної лінзи, спрямовують на неї три промені освітлювача: середній по головній оптичній осі і два найближчі до нього бічні паралельно середньому. Демонструють, що промені, заломившись, перетинаються в одній точці, яка лежить на головній оптичній осі. Дають означення

якої закріплена стрілка. Під дією сили пружини деформуються, рейка переміщується і повертає шестерню, а разом з нею і стрілку. Весь механізм закритий металевією кришкою, з якої виходять два стрижні, що дозволяють одночасно прикладати дві сили, направлені в протилежні сторони. Звертають увагу на шкалу динамометра. Вона має нуль посередині, а праворуч і ліворуч від нуля нанесені 12 поділок ціною в 1 ньютон кожна. Показують, що шкалу можна повертати. Це зроблено для того, щоб можна було встановлювати стрілку на нулі навіть в тих випадках, коли пружини приладу вже знаходяться під деяким навантаженням. Потім до динамометра підвішують вантажі і звертають увагу на відповідність його показів прикладеній силі. Повідомляють також, що при вимірюванні сил стрижні динамометра завжди розташовують в напрямі дії сил.



Дослід 4. Другий закон Ньютона

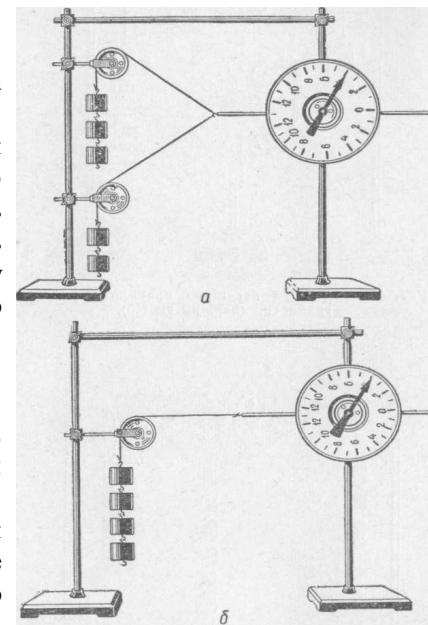
Пояснюючи другий закон Ньютона, доцільно експериментально встановити залежність прискорення, набутого тілом, від величини сили, яка діє на нього, і від маси тіла і записати встановлену залежність.

Для демонстрації даних залежностей можна використати наявні в школі установки (машина Агвуда, прилад з кінематики і динаміки конструкції Румянцева, конструкції Халдея тощо)

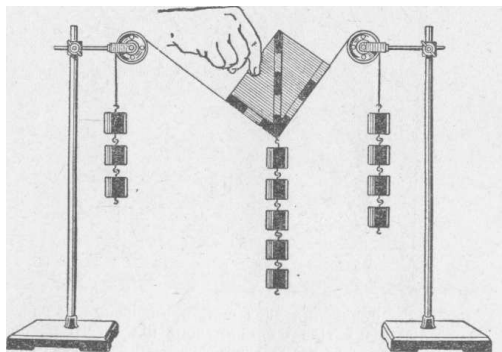
Дослід 5. Додавання сил, що діють на тіло під кутом одна до одної

1. Складають установку так, як показано на малюнку а. Динамометр закріплюють у муфті штатива. Звертають увагу учнів на те, що на динамометр діють дві сили під кутом, які розтягують пружину динамометра з силою 4 Н. Пояснюють, що ці дві сили можна замінити однією силою, результат дії якої буде такий самий, і здійснюють це (мал. б).

2. Якщо у фізкабінеті немає демонстраційних динамометрів з круглим циферблатом, дослід можна показати, використавши іншу установку. Гачок верхньої гирки зрівноважувальної сили не прив'язують до шнура, а чіпляють за нього



(щоб він міг вільно ковзати по шнуру). Відповідний паралелограм з картону прикладають до шнура і звертають увагу учнів на те, що величини і напрями складових сил і рівнодійної точно збігаються. Змінюють величину зрівноважувальної сили і констатують, що відповідно змінюється і кут між складовими силами. Змінюючи величини складових сил, демонструють зміну кута між ними і величини рівнодійної сили. Звертають увагу учнів на те, що величина рівнодійної менша, ніж сума, і більша, ніж різниця складових сил.



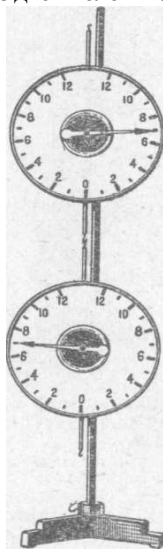
Дослід 6. Третій закон Ньютона

Стержень універсального штатива видовжують, скрутивши його з двох половин. На стержні за допомогою двох муфт закріплюють два демонстраційні динамометри з круглими циферблатами. Гачки динамометрів зчеплюють.

Для демонстрування ослаблюють гвинт муфти, на якій закріплено верхній динамометр, і повільно піднімають цей динамометр угору, звертаючи увагу учнів на однаковість показів обох динамометрів. З того, що стрілки динамометрів відхиляються в протилежні сторони, роблять висновок про протилежність напрямів сил взаємодії динамометрів.

Аналогічно можна продемонструвати рівність сил взаємодії при натисканні верхнім динамометром на нижній. Для цього стержні динамометрів повертають один до одного, закріплюють їх на видовженому стержні універсального штатива і насаджують полички; далі відповідним поворотом шкали кожного динамометра встановлюють нульові поділки проти кінців стрілок. Ослаблюють гвинт муфти, що втримує верхній динамометр, і натискають цим динамометром на нижній, демонструючи однаковість сил їх взаємодії.

Розповідаючи учням про третій закон Ньютона, доцільно показати не тільки описані вище досліди, що доводять рівність за величиною і протилежність напрямів сил взаємодії двох тіл, а й продемонструвати кілька простих дослідів, які показують, що всякій дії одного тіла на друге завжди відповідає протилежно напрямлена протидія. Хоч у цих дослідах і не встановлюється кількісна рівність між силами взаємодії двох тіл, проте методична цінність їх у тому, що вони дають можливість учням глибше усвідомити неможливість існування дії без протидії.

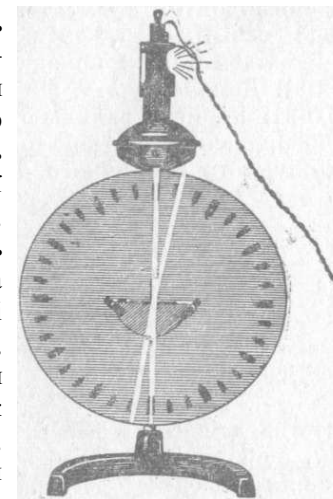


Хвильова і квантова оптика

Дослід 1. Закони заломлення світла

1. На оптичній шайбі закріплюють скляний циліндр, повернувши його плоску бічну грань до освітлювача, причому матова основа півциліндра повинна бути повернута до поверхні шайби.

На бічну плоску грань півциліндра спрямовують два промені – середній і крайній бічний (останній – за допомогою відповідного повертання дзеркальця освітлювача). Промені повинні попасти в центр основи півциліндра, причому середній промінь треба спрямовувати перпендикулярно до плоскої бічної його грані. Спостерігають, що промінь, перпендикулярний до бічної грані, проходить крізь неї без заломлення, а другий промінь, що падає на бічну грань під кутом, відмінним від нуля, на межі двох середовищ – повітря і скла – заломлюється, наближаючись до перпендикуляра. Вводять поняття про кут заломлення і пояснюють учням, як вимірювати цей кут, користуючись поділками, нанесеними на шайбу. Підкреслюють, що при переході світлового променя з повітря в скло кут заломлення менший від кута падіння. Формулюють закони заломлення світла.



Поворотом відповідного дзеркальця освітлювача усувають бічний промінь і, повертаючи тримач разом з освітлювачем, показують, що при збільшенні кута падіння середнього променя збільшується і кут заломлення. Пояснюють, що кут падіння і кут заломлення однакові лише тоді, коли вони дорівнюють нулю, тобто коли падаючий промінь перпендикулярний до елемента поверхні, на який він падає, і що в цьому випадку промінь переходить з одного середовища в інше без заломлення.

2. Заломлення світла при переході з скла в повітря демонструють так. Скляний півциліндр закріплюють на шайбі, повернувши його бічною циліндричною поверхнею до освітлювача. На бічну циліндричну поверхню півциліндра спрямовують середній промінь і один з крайніх бічних променів освітлювача в напрямі радіусів основи півциліндра, причому середній промінь повинен бути перпендикулярним до плоскої бічної його поверхні. Пояснюють, що оскільки промені перпендикулярні до відповідних їм елементів бічної циліндричної поверхні півциліндра, то вони проходять крізь неї без заломлення. Виходячи з скла в повітря, промінь, що падає похило до плоскої бічної грані, заломлюється, причому кут заломлення більший від кута падіння.

Досліди 1 і 2 дають можливість ввести поняття про оптичну густину середовищ і встановити правило, за яким при переході променя в оптично густіше середовище заломлений промінь наближається до перпендикуляра (кут заломлення менший

Встановлюють позаду приймача підсилювач низької частоти з приєднаним до нього динаміком.

Для ознайомлення учнів із зібраною установкою повідомляють, що джерелом електромагнітних хвиль завдовжки 3 см служить генератор, який завдяки рупорній антені дає гостронаправлене випромінювання. Коливання, що виробляються генератором, модульовані звуковою частотою. Приймач також має направлену дію. У його хвилеводі встановлений кремнієвий діод, який служить детектором. Виділені детектором електричні коливання звукової частоти підсилюються і перетворюються динаміком в звук.

1. *Пропускання і поглинання електромагнітних хвиль.* Через деякий час після включення блоку живлення в мережу динамік починає звучати. Повертаючи спочатку рупор генератора, а потім рупор приймача, показують гостру спрямованість випромінювання і прийому. Потім приводять генератор і приймач в початкове положення і розміщують між приймачем і генератором металевий екран. При цьому спостерігають ослаблення і припинення прийому.

Повторюють дослід з екранами з ізолюючих матеріалів і переконуються, що вони не мають такої сильної екрануючої дії.

2. *Відбивання.* Генератор і приймач повертають під кутом вгору, після чого прийом припиняється. Беруть алюмінієву пластину і знаходять для неї таке положення, при якому відновлюється гучний прийом. Повертаючи пластину, показують, що найгучніший прийом спостерігається, коли кут падіння електромагнітного променя рівний куту відбивання і коли падаюче і відбите проміння знаходиться в одній площині з перпендикуляром до відбивної поверхні, поставленим в точці падіння.

3. *Заломлення.* Скориставшись попередньою установкою генератора і приймача, беруть в руку трикутну призму з діелектрика і поміщають її на місце пластини, що відбиває. При цьому спостерігають відновлення прийому. Дослід дозволяє визначити хід променя і зробити висновок про його заломлення на гранях призми.

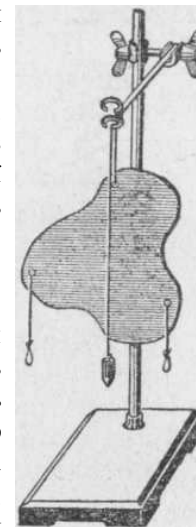
4. *Інтерференція.* Генератор і приймач розміщують один проти одного. Потім підносять знизу металеву пластину в горизонтальному положенні. Поступово піднімаючи пластину, знаходять почергове ослаблення і посилення прийому. Користуючись кресленням на дошці, пояснюють спостережуване явище.

5. *Поперечність електромагнітних хвиль.* Одержавши гучний прийом в попередній установці, повертають генератор навколо поздовжньої осі його хвилеводу і спостерігають припинення прийому при повороті на 90° . Те ж спостерігається при повертанні приймача.

Між генератором і приймачем встановлюють поляризаційні ґрати. Повертаючи ґрати в її оправі, спостерігають ослаблення прийому, коли стержні ґрат розташовуються уздовж вектора напруженості електричного поля. Ці досліди свідчать про те, що електромагнітні хвилі поперечні.

а) Ударяють дерев'яним молотком по цвяху без шляпки, поставленому на дошку. Показують, що цвяху входить не тільки в дошку, а й у молоток; отже, дія молотка на цвяху спричинює протилежно напрямлену дію цвяху на молоток, тобто протидію. Слід підкреслити, що сила дії молотка на цвяху прикладена до цвяху, а сила дії цвяху на молоток - до молотка, тобто сили взаємодії завжди прикладені до різних тіл і через це зрівноважуватись не можуть. На це треба звертати увагу і при демонструванні інших дослідів, які підтверджують третій закон Ньютона.

б) Щоб показати, що тіло, падаючи на демонстраційний стіл, не тільки завдає удару столу, а й саме зазнає його з боку стола, з пластиліну виготовляють кульку і пускають її з якомога більшої висоти. Кулька при ударі об стіл деформується, що й доводить сказане.



Дослід 7. Центр мас тіла

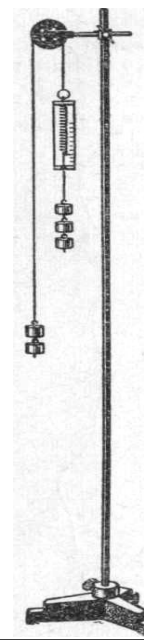
Пофарбовану чорною фарбою пластинку довільної форми з прив'язаними в кількох місцях біля краю нитками підвішують за одну з ниток до лапки штатива. Перед пластинкою підвішують висок. Лінію підвісу проводять на поверхні пластинки крейдою і повторюють це, підвісивши пластинку за другу нитку. Точка перетину цих ліній є центром мас тіла, у чому учні впевнюються, установивши пластинку на вістрі підставки для магнітної стрілки (у цій точці заздалегідь роблять маленьку заглибину).

Після цього слід показати центри мас різних геометричних фігур (круг, квадрат, прямокутник, трикутник тощо). Радимо заздалегідь пофарбувати фігури чорною фарбою, нанести на них білою фарбою осі симетрії і в центрі мас зробити заглибини для встановлення фігур на вістрі підставки.

Дослід 8. Вага тіла під час прискореного піднімання та падіння

Згвинчують стержні універсального штатива. Угорі на видовженому стержні закріплюють у муфті нерухомий блок, через який перекидають мідну дrottину діаметром 0,2–0,3 мм. На одному кінці дrottини роблять петлю, а до другого підвішують динамометр Бакушинського. Шкалу динамометра закривають аркушем білого паперу, який прикріплюють кнопками, а до кінця дrottини-показчика динамометра припаюють вирізану з жерсті стрілку, яку фарбують у чорний або червоний колір.

До петлі дrottини підвішують два важки по 100 г; до гачка динамометра підвішують таку саму кількість важків і переважок (20–50 г). Червоним олівцем на папері відмічають положення стрілки. Динамометр з підвішеними до нього важками піднімають угору, до



блока. Відпускають важки. При русі важків покази динамометра зменшуються, що й доводить зменшення їх ваги. Вагу переважка експериментально підбирають так, щоб система важків рухалась не дуже швидко (учні повинні бачити покази динамометра під час руху) і щоб прискорення було достатнім для помітної зміни ваги важків.

Якщо до лівої системи важків підвісити переважок, який зумовлює піднімання динамометра і підвішених до нього важків угору, то динамометр покаже збільшення ваги цих важків.

б) Установка для проведення досліду зображена на малюнку. Щоб нитка, перекинута через блоки, не стягувала стрижні динамометрів, між стрижнями необхідно вставити розпірку з дроту. Кінці розпірки треба зігнути кільцем і надіти на стрижні поверх блоків. Очевидно, в цій установці натяг горизонтальної ділянки нитки не впливатиме на покази динамометрів, тому кожний з них вимірюватиме силу натягу нитки з вантажем, що висить на ній, тобто вагу вантажу.

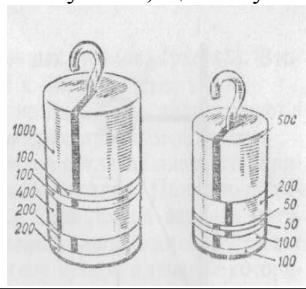
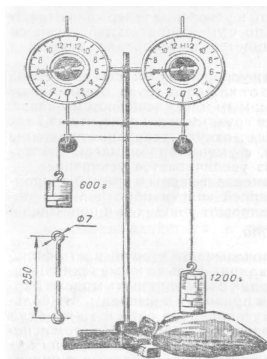
Поки важчий вантаж в 12 Н стоїть на столі, обидва динамометри показуватимуть вагу лівого вантажу, тобто 6 Н. Якщо тепер, узявшись рукою за менший вантаж, підняти правий вантаж угору, обидва динамометри показуватимуть 12 Н, тобто вагу правого вантажу.

Після цього, узявши рукою правий вантаж, піднімають його до блоку і відпускають. Під час прискореного руху вантажів обидва динамометри показують однакове значення - приблизне по 8 Н. Отже, лівий вантаж при прискореному русі вгору знаходиться в стані перевантаження і його вага на 2 Н більше початкової, а правий вантаж при прискореному русі вниз важить на 4 Н менше.

Рушійна сила в цьому досліді, дорівнює різниці $12\text{ Н} - 6\text{ Н} = 6\text{ Н}$, надає обом вантажам однакове прискорення, отже, вона розподіляється на два вантажі пропорційно їх масам. Лівий вантаж одержує прискорення під дією сили в 2 Н, а правий - під дією сили в 4 Н.

Поступово зменшують масу лівого вантажу і помічають, що прискорення руху збільшується, а покази динамометрів під час руху зменшуються, що вказує на зменшення ваги правого вантажу. Далі знімають лівий вантаж і, відпустивши нитку, дають правому вантажу вільно падати. Очевидно, що під час його падіння динамометр показуватиме нуль. Це значить, що вантаж знаходиться в стані невагомості, коли діюча на вантаж сила тяжіння надає йому прискорення вільного падіння.

Коли демонструється вільне падіння правого вантажу, треба на стіл покласти невеликий мішок з



(ЛЕП) – споживач» збирають її модель. До затискачів магнітоелектричної машини з щітками, встановленими для отримання змінної напруги, приєднують лампу на 3,5 В. При обертанні якоря машини лампа яскраво спалахує. Електрична енергія, що виробляється машиною, в цьому випадку майже вся йде на розжарювання нитки лампи і лише невелика її частина марно витрачається на нагрівання обмотки якоря.

Інша справа, коли електростанція знаходиться від споживача на великій відстані.

Лампу відсовують від генератора на інший кінець демонстраційного столу і сполучають з генератором двома дротами опором по 30 Ом. Для цього можна взяти дві ніхромові спіралі для електроплитки або два шматки будь-якого тонкого дроту з великим питомим опором, причому лінію передачі натягують між двома ізолюючими штативами уздовж демонстраційного столу.

Тепер при найшвидшому обертанні якоря машини нитка лампи розжарюється ледве помітно (саме з таким розрахунком і підбирають для досліду опір лінії передачі). Лампа горить погано тому, що до її опору додався опір лінії, що підводить струм.

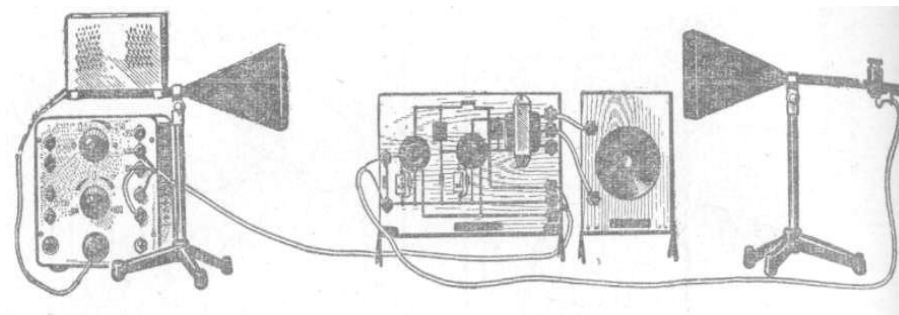
Після цього початок і кінець лінії передачі приєднують до високовольтних обмоток двох трансформаторів, а низьковольтні обмотки приєднують до затискачів машини з одного боку і до затискачів лампи – з іншою. Таким чином, лінія передачі залишилася незмінною, проте при обертанні якоря машини лампа знову горить майже повним розжаренням.

Завдяки підвищувальному трансформатору енергія, необхідна для живлення лампи, передається під напругою 120 В, тобто під напругою, збільшеною в тридцять разів. Отже, при тій же потужності сила струму в дротах лінії повинна бути в тридцять разів менше, а втрата потужності в них зменшується в дев'ятсот разів.

Дослід 15. Випромінювання і приймання електромагнітних хвиль. Властивості електромагнітних хвиль

На кінцях демонстраційного столу встановлюють на однаковій висоті генератор і приймач рупорними антенами один до одного.

Вставляють штепсельну вилку екранованого шнура в панельку універсального випрямляча ВУП.

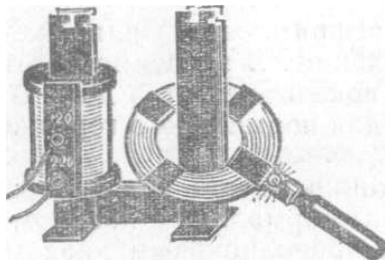


форму (два латунні кільця з напівциліндричними виступами), що дає змогу (при переміщенні щіток) добувати постійний або змінний струм. Якщо щітки розмістити на колекторі, як показано на першому малюнку, то машина даватиме змінний струм. Якщо ж їх змістити, то струм буде постійний

Дослід 13. Будова і принцип дії трансформатора

Вивчення трансформатора слід почати з демонстрації трансформаторів різного типу з тих, що є у фізичному кабінеті. Потім, скориставшись розбірним універсальним трансформатором, показати дві його обмотки і осердя, звернувши увагу на особливості будови осердя.

Дія трансформатора ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Щоб це показати, на незамкнуте осердя універсального трансформатора одягають котушку «120–220» і одну з її обмоток приєднують до затискачів регулятора напруги, рукоятка якого поставлена на нуль. На вільну частину осердя одягають плоску котушку з комплекту універсального трансформатора, замкнувши на лампу.

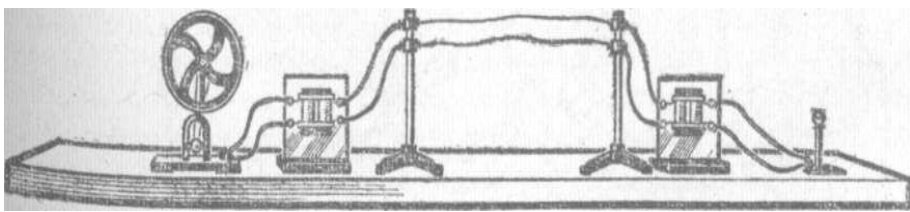


Вмикають регулятор напруги в мережу і збільшують напругу, щоб нитка лампи світила нормальним розжаренням. Знімаючи котушку з лампою і знов одягаючи її на осердя, показують, що найяскравіше лампа горить, коли котушка опущена вниз і охоплює весь змінний магнітний потік. У міру переміщення котушки вгору все більша частина магнітного потоку розсіюється і частина його, охоплена котушкою, зменшується. Розжарення лампи слабшає.

Потім опускають котушку вниз і, понизивши напругу, зменшують розжарення лампи. При замиканні осердя ярмом розжарення лампи різко збільшується. Пояснюється це тим, що магнітний потік посилюється і тепер майже весь зосереджений в осерді. При переміщенні котушки з лампою яскравість останньої вже не змінюється.

Дослід 14. Передача електроенергії на відстань за допомогою підвищувального та знижувального трансформаторів

Найважливіше застосування трансформатора – це передача електричної енергії на великі відстані. Для демонстрації системи «генератор – лінія електропередачі



піском. Окрім вантажів в 1200 і 600 г, можливі й інші поєднання: 900 і 450 г; 600 і 300 г. Для усіх розрахунків зручно, щоб різниця їх мас ділилася на 3.

У цьому досліді краще користуватися набірними вантажами в 1 кг і 2 кг. Кожний з них складається з підставки з гачком, на який насаджуються циліндрові гири різної величини. Набірні вантажі зображені на малюнку.

Дослід 9. Залежність дальності польоту тіла від кута кидання.

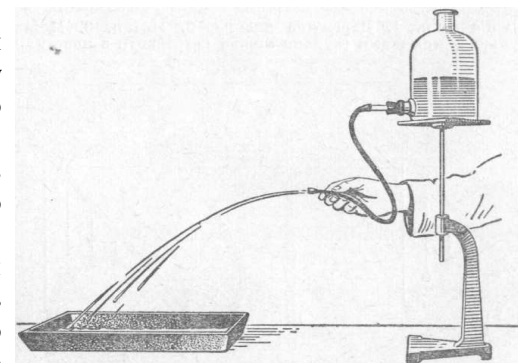
1. Складають установку, зображену на малюнку і, спрямувавши відтягнутий кінець трубочки горизонтально, дістають водяний струмінь, який являє собою речовинну траєкторію руху тіла, кинутого горизонтально (параболу).

Після цього струмінь спрямовують під кутом до горизонту.

Змінюючи кут, під яким спрямовують струмінь, дістають при незмінній початковій його швидкості різну дальність його руху.

Слід показати, що найдалі струмок витікатиме тоді, коли його спрямувати під кутом 45° до горизонту. Доцільно також показати, що для кутів 30° і 60° дальність руху струменя буде однакою. Останні досліді ускладнюються тим, що в кінці струмінь розбивається на краплини.

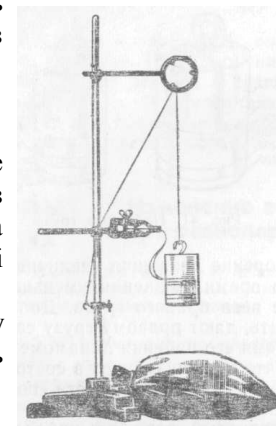
2. Балістичний пістолет закріплюють на штативі і, спрямовуючи його під різними кутами до горизонту (15° , 30° , 45° , 60° , 75°), роблять постріли, однаково стискаючи при кожному пострілі пружину, щоб надати снаряду однакової початкової швидкості. Позначають точки падіння якими-небудь покажчиками, наприклад переставними стрілками з набору по кінематиці й динаміці.



Дослід 10. Невагомість.

На міцному шнурі, пропущеному через кільце штатива, підвішують вантаж в 2 кг, що складається з окремих циліндричних гирь. На іншому кінці шнура роблять петлю, яку зачіпляють за гачок муфти на стрижні штатива, як показано на малюнку.

Між гирями набірної вантажу закладають смужку газетного або промокального паперу і вільний її кінець міцно затискають в лапці штатива.



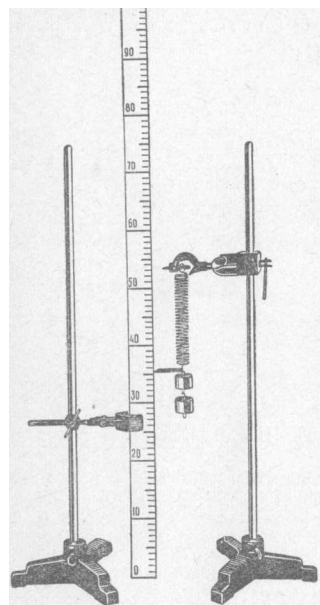
Відчепивши петлю шнура, поволі опускають вантаж. Останній натягує, і розриває паперову смужку. З цього можна зробити висновок, що паперова смужка була достатньо сильно притиснута гирею. Замінюють порвану смужку паперу такою ж цілою смужкою, відчіплюють шнур і відпускають його. Вантаж вільно падає, а паперова смужка, звільнившись, повисає на лапці штатива.

Дослід показує, що при вільному падінні тиск гирі на опору відсутній, тобто гиря при падінні знаходиться в стані невагомості.

Дослід 11. Залежність сили пружності від деформації.

Для демонстрування того, що видовження спіральної пружини прямо пропорційне навантаженню, складають установку, зображену на малюнку.

Спочатку демонструють, що видовження пружини тим більше, чим більша сила, яка її розтягує. Потім, підвішуючи до вільного кінця пружини 1, 2, 3 однакові важки, впевнюються, що видовження зростає в стільки разів, у скільки разів зростає розтягуюча сила. Звідси очевидно, що, знаючи видовження в певних одиницях і величину сили, яка спричинює видовження на одиницю, можна виміряти силу. Так учнів підводять до ідеї вимірювання сили вимірюванням деформації тіла під дією цієї сили.



Дослід 12. Сили тертя ковзання і кочення

Візок перевертають догори колесами і ставлять платформою на дошку, поставлену на ящики-підставки. До нитки, прив'язаної до платформи візка, причіплюють динамометр. Платформу візка навантажують важком і рівномірно тягнуть по дошці. Звертають увагу учнів на те, що в момент виходу візка з стану спокою динамометр показує більшу силу, ніж при рівномірному його русі. Пояснюють, що покази динамометра в момент виходу візка з стану спокою визначають величину сили, яка зрівноважує силу тертя спокою, а покази при рівномірному русі – величину сили, яка зрівноважує силу тертя ковзання.

Перевертають візок і навантажують його тим самим важком. Рівномірно переміщують візок, тягнучи за динамометр. Визначають силу тертя кочення, яка менша від сили тертя ковзання.

Дослід 13. Відцентрові механізми

Модель центрифуги являє собою металевий стержень, до верхнього кінця якого приварена металева планка з вилками на кінцях. На вилах шарнірно підвішені

Дослід 13. Утворення змінного струму під час обертання рамки в магнітному полі. Принцип дії генератора змінного струму

1. На рамці приладу, зображеного на малюнку, встановлюють колектор змінного струму, що складається з двох кілець. До кілець підводять щітки до тісного дотику. Колектор і кінці щіток повинні бути заздалегідь почищені наждачним папером.

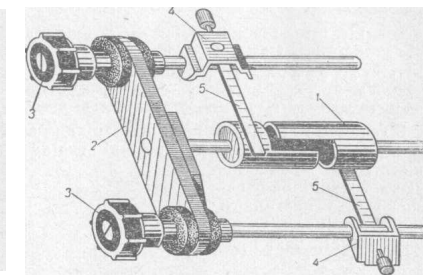
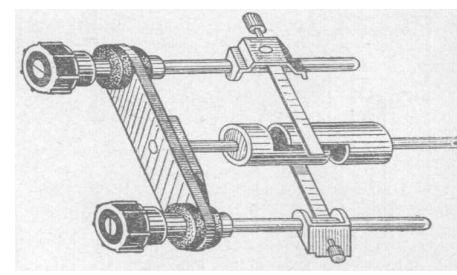
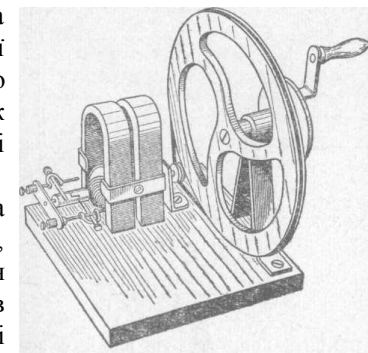
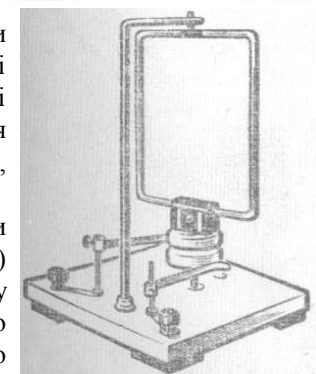
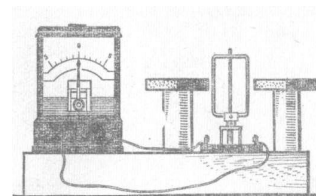
Розмістивши по обидві сторони рамки штабові магніти різнойменними полюсами, як це показано на малюнку, з'єднують затискачі приладу із затискачами низькоомної обмотки гальванометра. Повільно і рівномірно повертають рукою рамку приладу і спостерігають, як стрілка гальванометра відхиляється по чергову то в праву, то в ліву сторону від нуля шкали, фіксуючи тим самим виникнення змінного струму.

Не міняючи установки, ставлять усередині рамки приладу залізний циліндр (порожню консервну банку) як осердя і показують помітне збільшення сили струму

Дана установка і дослід з нею слугують основою для пояснення принципу дії генератора змінного струму.

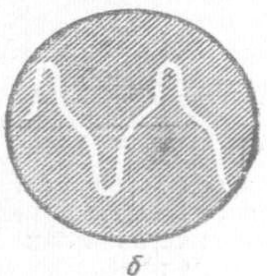
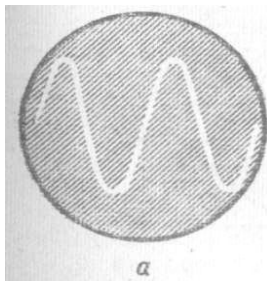
2. Шкільна магнітоелектрична машина призначена для демонстрування будови і дії найпростішого генератора змінного і постійного струмів, а також може бути використана як джерело електричного струму при проведенні деяких дослідів.

Магнітне поле в машині створюється двома постійними підковоподібними магнітами, повернутими однойменними полюсами в один бік. Між полюсними наконечниками цих магнітів розміщений якір з обмоткою, кінці якої під'єднані до колектора. Колектор машини має складну



Проте доцільно продемонструвати також змінний струм, в якому зміни відбуваються по інших законах, і порівняти одержані осцилограми.

Для порівняння осцилограм їх треба демонструвати одну за одною без переналаштування осцилографа. Тому бажано, щоб частоти і амплітуди струмів, що підлягають порівнянню, були по можливості однаковими. Такі струми можна одержати від освітлювальної мережі через трансформатор, що знижує напругу до 4 В (мал.а), і від шкільної магнітоелектричної машини (мал.б), яка при нормальному обертанні ручного приводу дає змінний струм частотою близько 50 Гц.



Дослід 11. Електричний резонанс

Установка складається з котушки на 12 В від універсального трансформатора з незамкнутим осердям, батареї конденсаторів і лампочки, сполучених послідовно і підключених до низькоомного виходу звукового генератора. До цих же затискачів приєднаний гучномовець з своїм регулятором гучності. Гучномовець служить звуковим індикатором частоти.

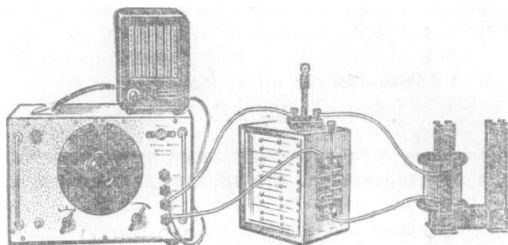
Перед дослідом установку наперед настроюють в резонанс. Для цього котушку трансформатора вмикають повністю, а на батареї встановлюють ємність 2 мкФ. Включивши генератор, обертають лімб в діапазоні 2000-20000 Гц, поки яскравість лампи не стане максимальною. Це буде при частоті близько 3000 Гц.

Дослід демонструють в наступній послідовності.

Вмикають генератор і, коли лампа спалахує, закорочують по черзі спочатку конденсатор, потім котушку. У обох випадках лампа світить однаково тьмяно. Це значить, що при частоті 3000 Гц індуктивний і ємнісний опори рівні. Змінюючи в невеликих межах частоту, показують, що при будь-якій зміні частоти резонанс порушується. Зміну частоти відзначають по висоті тону гучномовця.

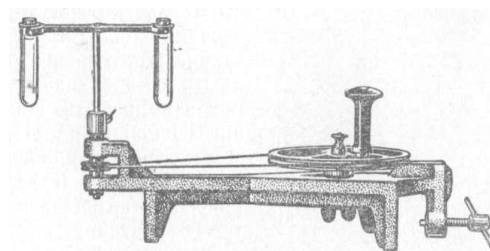
Зменшують індуктивність контура, включивши половину витків котушки, і спостерігають порушення резонансу. Для відновлення резонансу, частоту доводиться збільшувати (приблизне до 5500 Гц).

Відновлюють колишні умови і зменшують ємність конденсатора до 1 мкФ. Це знову порушує резонанс, який відновлюється приблизно таким же збільшенням частоти.



жерстяні держакі з вставленими в них скляними пробірками. Пробірки наповнюють водою, в якій збовтано невелику кількість дрібно потовченої крейди, і, витягнувши їх з держаків, за допомогою проєкційного ліхтаря показують на екрані їх вміст. Знову вкладають пробірки в держакі і деякий час швидко обертають модель центрифуги. Після цього показують у проєкції на екран, що вода в пробірках майже очистилась від крейди і стала прозорою.

Пояснюється це тим, що частинки крейди, відлітаючи за рахунок інерції якнайдалі від осі обертання, осідають на дно пробірок, які при обертанні набувають горизонтального положення.

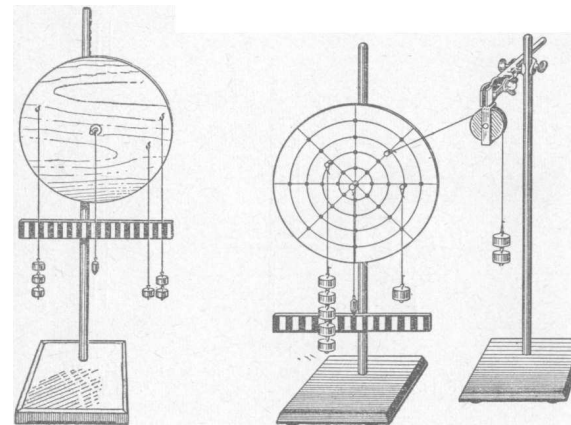


Дослід 14. Рівновага тіл під дією кількох сил

Дерев'яний диск діаметром 250 мм з металевою втулкою закріплюють на осі в муфті штатива (за вісь можна взяти цвях). Під диском на штативі закріплюють лінійку з кольоровими поділками або демонстраційний метр для визначення плечей сил. До осі диска підвішують висок.

При демонструванні досліду в заздалегідь просвердлені отвори вставляють маленькі дрюгачі або шпильки і підвішують до них певну кількість гирьок. Дослід треба показати 2-3 рази, змінюючи величини сил і плечей.

Щоб напрям сили був довільний, гирки підвішують до шнура, перекинутого через блок, закріплений на штативі біля приладу. Плече сили, як перпендикуляр, опущений з осі на напрям сили (або на його продовження), вимірюють прямокутним косинцем або за допомогою концентричних кіл, накреслених на поверхні диска через однакові відрізки радіуса, як показано на малюнку.



Дослід 15. Види рівноваги

1. Для демонстрування різних видів рівноваги тіла, що має точку опори, зручно

скористатися приладом, зображеним на малюнку. Перед згинанням штаби заліза посередині вздовж неї роблять маленьку канавку. Горизонтальна частина штаби має довжину близько 10 см, на вигини припадає по 20 см.

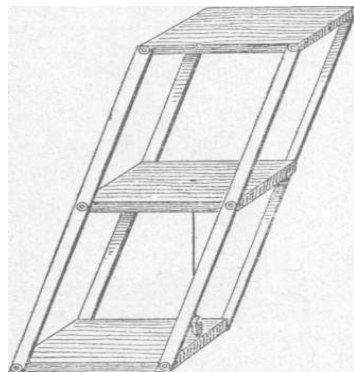
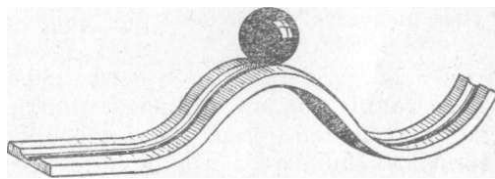
Для демонстрування стійкої рівноваги кульку кладуть на середині вгнутої поверхні, трохи відхиляють від положення рівноваги і звертають увагу учнів на те, що кулька знову повертається в положення рівноваги (рівновага стійка). Потім встановлюють кульку на опуклій поверхні (там треба зробити маленьку заглибину). При найменшому відхиленні від положення рівноваги кулька ще більше віддаляється від нього (рівновага нестійка). На горизонтальній поверхні кулька буде в рівновазі де завгодно (байдужа рівновага).

Перед дослідом потрібно перевірити горизонтальність кришки стола.

При стійкій рівновазі центр ваги тіла займає найнижче положення, а його потенціальна енергія при цьому має мінімальне (з усіх можливих) значення. Це можна показати за допомогою описаного приладу. Можна також використати підвішену до цвяха лінійку.

2. Стійке і нестійке положення призми на шарнірах. Умови рівноваги тіла, що має площу опори, демонструють за допомогою приладу, що зображено на малюнку. Три дерев'яні (або металеві) квадратні пластинки шарнірно (одним шурупом) з'єднані по кутах вузькими металевими штабками. До центра ваги призми підвішений маленький висок.

При демонструванні призми надають різного нахилу і спостерігають, що вона перебуває в стійкій рівновазі доти, поки нормаль з центра ваги перетинає площу її основи.



стрілка відхиляється сильніше. Цим підтверджується залежність ЕРС самоіндукції, що виникає в котушці, від швидкості зміни сили струму. За напрямом відхилення стрілки можна судити про напрям струму самоіндукції і встановити, що зміна сили струму і ЕРС самоіндукції мають протилежні знаки.

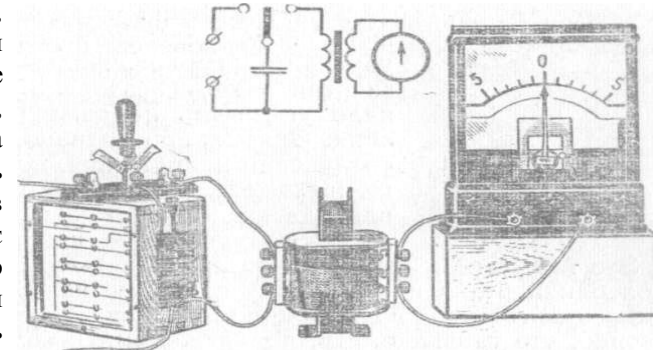
Потім показують, що ЕРС самоіндукції залежить також і від властивостей самого провідника. Для цього, не міняючи установки, помічають, на скільки відхиляється стрілка гальванометра при швидкому русі повзунка реостата, а потім замість всієї котушки включають тільки третину її обмотки (1200 витків) і показують, що при тій же швидкості руху повзунка величина відхилення стрілки зменшилася приблизно в 3 рази. Якщо з котушки видалити осердя, то при повторенні досліду відхилення стрілки стане ще меншим.

Дослід 9. Вільні електромагнітні коливання низької частоти в коливальному контурі та залежність частоти від ємності та індуктивності контуру

Індикатором коливань служить гальванометр від демонстраційного амперметра з внутрішнім опором 385 Ом. З котушкою коливального контура він зв'язаний індуктивно за допомогою обмотки дросельної котушки на 40 витків.

Спочатку заряджають конденсатор і, перемкнувши його на котушку, показують, що розряд конденсатора має коливальний характер, оскільки стрілка гальванометра при цьому здійснює декілька затухаючих коливань з частотою близько 2 Гц. Дослід повторюють кілька разів і пояснюють спостережуване явище, вдаючись до механічної аналогії. При цьому зіставляють енергетичні перетворення в електричному контурі і в механічній коливальній системі; порівнюють роль індуктивності і маси, ємності і пружності, електричного і механічного опорів.

Далі показують, що, оскільки коливання в контурі не «нав'язуються» ззовні, а є вільними, частота коливань залежить тільки від параметрів самого контура і є власною частотою даного контура. Для цього зменшують спочатку ємність батареї, потім кількість витків котушки в контурі і, збуджуючи коливання, одержують помітне збільшення частоти коливань стрілки.

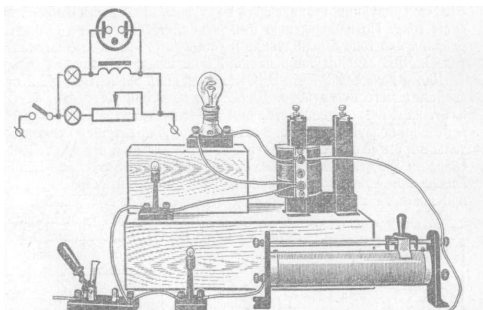


Дослід 10. Осцилограми змінного струму

Пристаюючи до глибшого вивчення властивостей змінного струму, показують за допомогою осцилографа, що графік змінного струму, має синусоїдальну форму.

ФІЗИКА ДЛЯ ФІЗИКІВ. спецвипуск № 8

реостат з опором не менше 50 Ом. До затискачів котушки приєднана неонові лампи. Для живлення установки потрібне джерело постійного струму напругою 12–15 В (батарея акумуляторів або випрямляч).



1. Після збирання установки вмикають струм і підбирають таку напругу, щоб лампа у верхній вітці горіла нормальним розжаренням. Яскравість горіння нижньої лампи регулюють реостатом, добиваючись, щоб обидві лампи горіли однаково. Неонову лампу відключають. На цьому закінчують підготовку установки.

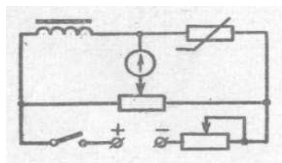
При вмиканні струму лампи спалахують не одночасно: нижня спалахує у момент ввімкнення, а верхня – із запізненням на 1 с. Цим дослідом показують, що при замиканні кола навколо осердя індукується вихрове електричне поле, протидіюче наростанню струму в котушці. Дослід повторюють кілька разів.

Корисно показати, що при наступних ввімкненнях і вимкненнях струму верхня лампа зовсім не спалахує, якщо частота вмикання достатньо велика.

2. При розмиканні струму навколо осердя знову індукується вихрове електричне поле, яке підтримує зникаючий струм. Проте у момент розмикання основного кола обидві вітки утворюють замкнуте коло, яке протидіє різкому припиненню струму в котушці. Тому ЕРС індукції в котушці недостатньо велика і виявити її важко.

Щоб показати явище самоіндукції при розмиканні кола, треба відключити нижню вітку (вивернути з патрона лампу) і до котушки приєднати неонову лампу. Тепер при розмиканні кола різке припинення струму в котушці індукуює настільки сильне вихрове поле, що неонові лампи яскраво спалахують, хоча напруга, необхідна для її запалення, набагато більше напруги, що подається від джерела струму, що живить установку.

Для демонстрації залежності ЕРС самоіндукції від швидкості зміни сили струму в провіднику використовують установку, зібрану за схемою, зображеною на малюнку. У одне з плеч містка Уїтстона включають дросельну котушку з незамкнутим осердям. Коли міст збалансований, змінюють силу струму, що живить дві паралельні вітки моста. При цьому стрілка гальванометра відхиляється, що свідчить про порушення балансу, тобто про виникнення ЕРС самоіндукції у витках котушки.



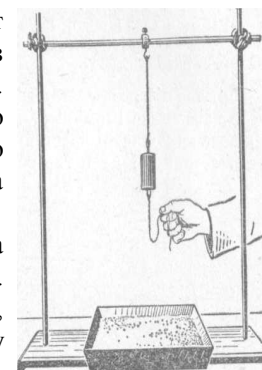
Зміну сили струму здійснюють шляхом плавного пересування повзунка реостата в колі джерела. При повільному рівномірному русі повзунка спочатку в одну, а потім в іншу сторону стрілка гальванометра однаково слабо відхиляється в одну, а потім в іншу сторону. При більшій швидкості руху

Закони збереження в механіці

Дослід 1. Закон збереження імпульсу

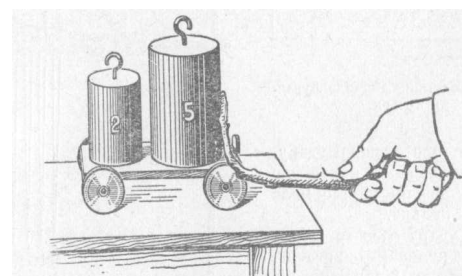
1. Спочатку демонструють досліди, які показують як залежить зміна швидкості руху тіла від величини сили, що діє на тіло, часу її дії та маси тіла.

а) На універсальному штативі за допомогою муфти закріплюють стержень з насадженим на ньому кільцем з гачком. До гачка на міцній нитці підвішують гиру в 1 кг. До нижнього гачка цієї гири прив'язують нитку. Під гиру підставляють посудину з піском. Ривком тягнуть за нижню нитку і спостерігають, що ця нитка рветься. Якщо ж за нижню нитку тягнути повільно, то рветься верхня нитка.



Якщо час дії сили короткий, а маса гири значна, то зміна швидкості гири близька до нуля, і розривається нижня нитка. Якщо ж збільшити час дії сили, повільно тягнучи за нитку, то зміна швидкості стає більшою, гири виходить із стану спокою, тому розривається верхня нитка.

б) На підставку ставлять візок, а на нього гиру. Гири завдають короточасного різкого удару, направленого в той бік, куди може рухатись візок. Візок майже не виходить зі стану спокою. Потім демонструють, що легке, але тривале натискання гнучкою гілочкою на гиру примушує візок рухатись. Порівняно незначна деформація гілочки доводить, що на візок діє невелика сила.



2. Збереження імпульсу при взаємодії двох тіл зручно демонструвати за допомогою двох візків. Візки без додаткових вантажів повинні мати однакову масу. Оскільки маси візків однакові, то про кількість руху кожного з них можна судити за їх швидкостями, які достатньо оцінювати на око.

а) Візки встановлюють так, щоб вони були повернені один до одного вільними торцями. До торця одного з візків приліплюють пластилінову кульку (діаметром 2–3 см) і розводять візки до упорів. Двома руками одночасно і приблизно з однаковою силою штовхають їх назустріч один одному. Стикаючись, візки зупиняються. Перед взаємодією вектори імпульсу візків рівні і направлені протилежно, отже, їх векторна сума рівна нулю. Після взаємодії загальний імпульс візків, як випливає з досліду, також залишається рівним нулю.

Якщо поштовхи, одержані візками, неоднакові, то після зіткнення зчеплені візки поволі рухаються в ту сторону, куди рухався візок, пущений з більшою швидкістю. В цьому випадку загальні імпульси руху візків до взаємодії і після взаємодії також рівні.

б) Візки ставлять один від одного на деякій відстані. Одержавши поштовх, перший візок котиться і натрапляє на нерухомий візок. Зчепившись, обидва візки котяться з швидкістю, яка приблизно в два рази менша швидкості першого візка. І в цьому випадку загальні імпульси руху візків до зіткнення і після зіткнення рівні між собою.

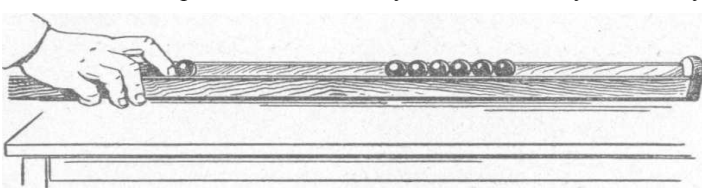
Пластилінову кульку видаляють, візок з пружиною перевертають пружиною вперед і штовхають візки назустріч один одному з однаковими швидкостями, як і в першому досліді. Після зіткнення візки рухаються назад з тими ж швидкостями. В цьому випадку загальний імпульс руху візків до і після зіткнення рівний нулю.

Один візок відводять від іншого. Штовхають перший візок. Натрапивши на нерухомий, він зупиняється, передавши повністю свій імпульс другому візку.

Один з візків навантажують додатковими вантажами, щоб його маса збільшилася удвічі, і повторюють будь-який з описаних вище дослідів.

3. На жолобі встановлюють поряд 4–6 сталевих кульок. Однією кулькою, яку

штовхають уздовж жолоба, завдають удару решті. Усі кульки залишаються на місці, крім



крайньої з сторони, протилежної удару. Ця кулька відскакує приблизно з такою ж швидкістю, яку мала вдаряюча кулька.

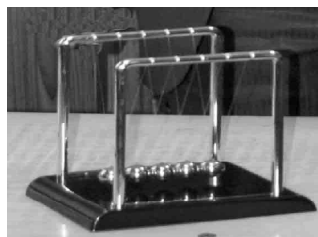
Якщо удару завдати двома або трьома кульками одночасно, то відскакують відповідно дві або три кульки.

Ці досліди доводять збереження імпульсу при пружному ударі.

Непружний удар демонструють, поставивши зі сторони вдаряючої кульки, поряд з іншими, пластилінову кульку, яка при ударі деформується. Удар по пластиліновій кульці майже не порушує спокою решти кульок.

Аналогічний дослід можна продемонструвати з кількома сталевими кульками, підвішеними на нитках. Відхиляють спочатку одну, потім дві і нарешті три кульки і пускають їх. Спостерігають відскакування з сторони, протилежної удару, відповідної кількості кульок. Решта кульок залишається в спокої. Оскільки кулька (або кульки), яка відскочила, опускається і ударяє по інших кульках то процес відскакування кульки (або кульок) повторюється багаторазово.

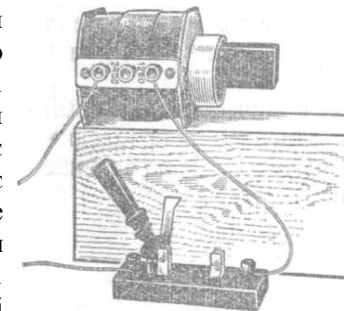
Непружний удар демонструють, використавши пластилінову кульку.



Дослід 2. Реактивний рух

1. Дуже поширеним приладом для демонстрування реактивного руху є сегнерове колесо. Цей прилад складається з циліндричної і конічної посудини. Циліндрична посудина для збирання води, що витікає з конічної посудини, має в

різке зсовування кільця до кінця ярма. При вимкненні струму кільце повертається до котушки. Спостережуване відштовхування і притягання кільця пояснюється тим, що при вмиканні струму в осерді котушки виникає магнітне поле, унаслідок чого в кільці виникає індукційний струм. За правилом Ленца магнітне поле виниклого індукційного струму повинне бути направлене проти наростаючого поля котушки. Отже, струм в котушці та індукційний струм в кільці направлені в протилежні сторони.



Дослід 7. Залежність ЕРС індукції від швидкості зміни магнітного потоку

1. Залежність ЕРС індукції від швидкості переміщення провідника в магнітному полі.

Магніт вставляють у котушку і виймають з неї спочатку повільно, а потім швидким рухом. Спостерігають, що ЕРС індукції прямо пропорційна швидкості переміщення провідника відносно силових ліній поля.

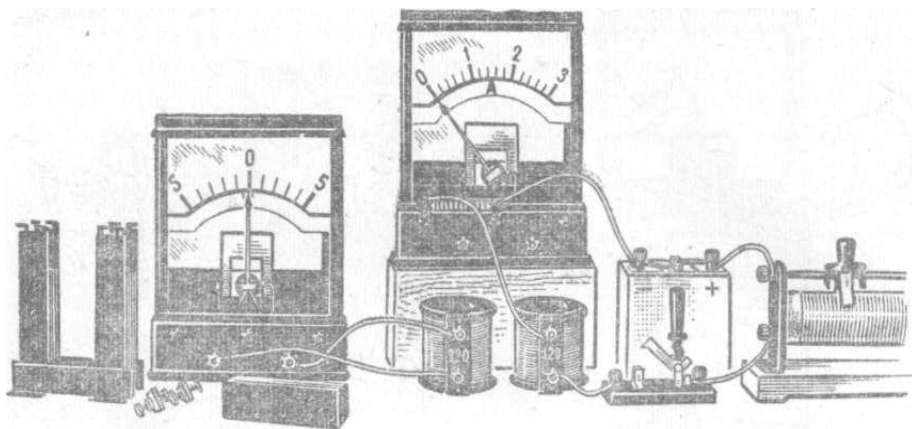
2. Залежність ЕРС індукції від довжини провідника (від кількості витків). Сполучивши моток проводу з гальванометром, швидко одягають його на один з полюсів підковоподібного магніту, встановленого вертикально, і фіксують відхилення стрілки. Взявши частину мотка, повторюють дослід. На основі спостереження роблять висновок, що величина ЕРС індукції прямо пропорційна кількості витків.

3. Залежність ЕРС індукції від кута між напрямом руху провідника і напрямом магнітних силових ліній (від напрямку руху провідника).

Мотку надають приблизно прямокутної форми (не від'єднуючи його від гальванометра). Тримаять його в руці так, щоб площини його витків були вертикальні, однією його стороною впоперек швидко перетинають магнітні силові лінії сильного підковоподібного магніту і звертають увагу учнів на міру відхилення стрілки. Потім переміщення мотка з такою самою швидкістю повторюють послідовно похило до напрямку силових ліній і вздовж них. Спостерігають, що в першому випадку дістаємо найбільшу величину ЕРС індукції, а в останньому випадку вона зовсім не виникає. Учні підводимо до висновку, що ЕРС індукції прямо пропорційна синусу кута між напрямом руху провідника і напрямом магнітних силових ліній.

Дослід 8. Залежність ЕРС самоіндукції від швидкості зміни сили струму в колі та індуктивності провідника

Установка складається з двох паралельних віток з однаковими лампами на 3,5 В і 0,28 А. Послідовно з лампою у верхній вітці ввімкнена дросельна котушка з 3600 витків із замкнутим осердям від універсального трансформатора, а в іншій вітці—



6. Вмикають струм. Поволі і по можливості рівномірно збільшують його до 2 А. Протягом цього часу гальванометр показує наявність більш менш постійного індукційного струму. Потім так само зменшують струм до мінімуму і спостерігають індукційний струм протилежного напрямку.

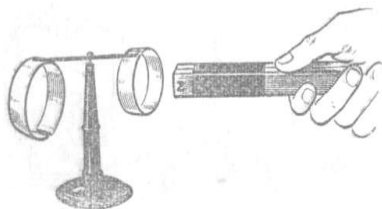
Дослід 6. Правило Ленца

При вивченні правила Ленца корисно продемонструвати 2–3 досліди, в яких зміна магнітного потоку усередині замкнутого контура обумовлена в одному випадку відносним механічним рухом, а в іншому – зміною струму в сусідньому контурі.

1. Для проведення першого досліду застосовують прилад, що складається з двох кілець, що скріплені легкою планкою і зрівноважені на вістрі. Розміри і вага обох кілець однакові, але одне з них розрізане. Встановивши прилад на підставці, складають до купи два сильних прямих магніти, повернувши їх однойменними полюсами в одну сторону, і швидко вводять всередину цілого кільця. Спостерігають, що кільце при цьому відштовхується від магніта. Коли магніт з кільця виймають, останнє рухається вслід за магнітом.

Потім дослід повторюють з розрізаним кільцем і показують, що при будь-якому русі магніта кільце залишається нерухомим.

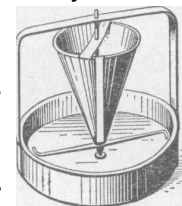
2. Для проведення другого досліду в дросельну котушку вставляють ярмо від осердя універсального трансформатора так, щоб його кінець виступав з котушки на 4–5 см. Щоб ярмо при ввімкненні струму не втягувалося в котушку, його заклинюють дерев'яною планкою (можна використовувати дерев'яну лінійку). На виступаючий кінець ярма впритул до котушки одягають алюмінієве кільце.



центрі дна підп'ятник, на який спирається вершина останньої. Дротяна вісь конічної посудини входить в отвір, просвердлений у П подібній обоймі, яка прикріплена до стінок циліндричної посудини. Завдяки такій конструкції конічна посудина може легко обертатись.

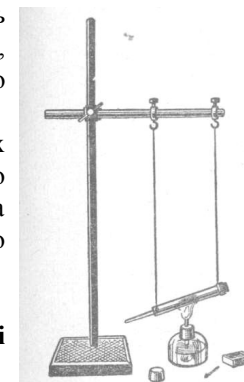
Обидві посудини і обойма найчастіше виготовляються з жерсті. Біля вершини конічної посудини в її стінках зроблені два отвори, в які впаяні трубки. Кінці трубок зігнуті в одному напрямі.

Для демонстрування в конічну посудину наливають воду. Внаслідок реакції струменів води, що витікають з отворів трубок, посудина обертається в бік, протилежний напрямку витікання струменів.



2. Гумову дитячу кульку надувають і сопло її затискають пальцями. Швидко відпускають кульку і спостерігають її рух, який відбувається внаслідок дії сили реакції повітряного струменя, що виходить з сопла кульки.

3. Трубку для дослідів з парою підвішують на двох дротинах до штатива, наливають у неї воду і щільно закривають гумовим корком. Потім нагрівають її на спиртівці. Коли пара виштовхне корок, трубка різко відхилиться в бік, протилежний напрямку руху корка.



Дослід 3. Перехід потенціальної енергії в кінетичну і навпаки

Явище переходу потенціальної енергії в кінетичну і навпаки достатньо показати на наступних дослідах.

1. Пружинний маятник з пружини від «Відерка Архімеда» і гири в 1 кг підвішують на штативі, приводять в коливання і надають можливість учням протягом деякого часу спостерігати за повільними коливаннями вантажу. Потім зупиняють вантаж і, узявши його в руку, поміщають то в середнє, то у верхнє, то в нижнє положення. Одночасно вказують сили, діючі на вантаж в кожному з цих положень, швидкості його руху, а також взаємні перетворення кінетичної і потенціальної енергії вантажу і пружини.

У цьому досліді загасання коливань дуже невелике. Тому на ньому не слід поки зупиняти увагу учнів. Коливання гири треба припиняти раніше, ніж стане помітним зменшення амплітуди.

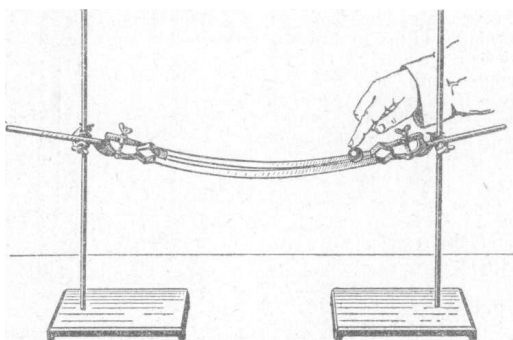
2. Вантаж, підвішений на нитці до рами класної дошки, відхиляють на кут біля 45° і спостерігають його коливання в площині, паралельній площині дошки. Потім відзначають на дошці крейдою нижнє і верхнє положення вантажа і через ці мітки проводять горизонтальні прямі.

Потім відхиляють вантаж до відміченого верхнього рівня і пускають його. Вантаж, пройшовши через нижнє положення, знову досягає попереднього рівня.

Дослід повторюють, але в площині коливань маятника встановлюють затримку

(до дошки приставляють олівець або інший стрижень). Показують, що в цьому випадку нитка огинає затримку, але вантаж піднімається на попередню висоту.

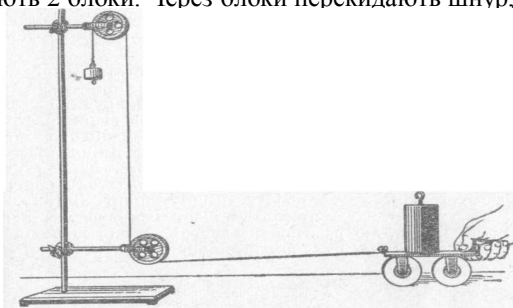
3. Сегментний маятник, за допомогою якого легко і зручно демонструвати перетворення потенціальної енергії в кінетичну і навпаки, складається з жолобка, вигнутого по дузі сегмента, і металевої кульки. Жолобок легко виготовити, затиснувши в лапках двох штативів дві пластмасові лінійки; між ними повинна бути щільна шириною, трохи меншою від діаметра кульки. Якщо зближувати штативи і водночас повертати лапки, то вийде жолоб, вигнутий по дузі сегмента.



Для демонстрування з верхньої точки жолоба пускають кульку, яка деякий час рухається жолобом то в один, то в другий бік. Пояснюють, які перетворення енергії відбуваються при цьому: потенціальна енергія перетворюється в кінетичну при опусканні кульки, а кінетична в потенціальну - при її підніманні. Підкреслюють, що рух кульки тривав би необмежено довго, якби не було тертя та інших опорів.

Дослід 4. Зміна енергії тіла під час виконання роботи

1. У муфтах штатива закріплюють 2 блоки. Через блоки перекидають шнур, один з кінців якого прив'язують до візка, поставленого на демонстраційний стіл. На другому кінці шнура біля верхнього блока роблять петлю.



На візок ставлять гирю в 2 кг і, утримуючи візок рукою, підвішують до петлі шнура важки з набору. Звертають увагу учнів на те, що підвішені важки мають потенціальну енергію, яка залежить від їх положення відносно землі. Відпускають візок і спостерігають його переміщення, зумовлене опусканням підвішеного до шнура важка.

На переміщення візка і гирі треба затратити роботу, яку виконує важок, коли опускається. Отже, підняте над землею тіло здатне виконати роботу, тобто має запас потенціальної енергії.

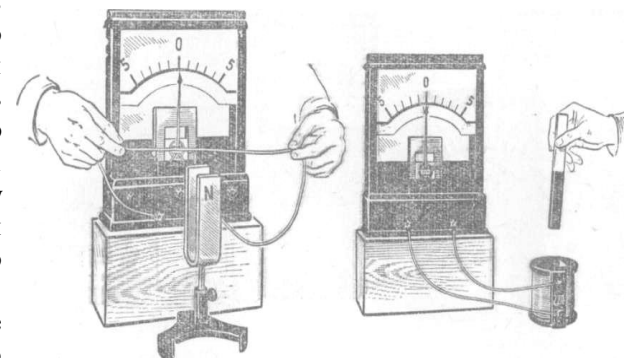
2. У затискачі штатива закріплюють лінійку і біля її кінця, який трохи відтягують пальцем руки, на підставку ставлять візок. Звертають увагу учнів на те, що лінійка

Дослід 4. Відхилення електронного пучка магнітним полем

Для демонстрації відхилення електронного пучка в магнітному полі вмикають електронно-променеву трубку (дослід 9, стор.51) і отримують на екрані досить яскраву пляму, що світиться. Потім підносять збоку трубки підковоподібний магніт і спостерігають зміщення плями. Змінюють напрям магнітного поля і спостерігають відхилення плями в протилежну сторону.

Дослід 5. Електромагнітна індукція

1. До затискачів демонстраційного гальванометра з малим опором приєднують довгий відрізок гнучкого ізоляованого дроту і рухають його вниз і вгору між полюсами підковоподібного магніта.



По слабкому, але помітному відхиленню стрілки гальванометра виявляють виникнення індукційного струму в замкнутому колі і визначають його напрям. Потім, ґрунтуючись на одержаних результатах, встановлюють правило правої руки.

2. Дріт згортають в петлю і, то надаючи петлю на полюс магніта, то піднімаючи її, помічають, що стрілка гальванометра відхиляється сильніше. Повторюють дослід, поступово збільшуючи кількість витків.

3. До гальванометра приєднують котушку на 220 В від універсального трансформатора і збуджують в ній індукційний струм рухом прямого магніта. Показують, що при повільному русі магніта відхилення стрілки незначне, а при швидкому – стрілка відхиляється сильніше. Складають до купи однойменними полюсами два магніти і одержують при колишній швидкості їх руху сильніший індукційний струм. Визначають напрям магнітного поля індукційного струму в котушці і порівнюють його з напрямом поля магніта, коли останній вводять і видаляють з котушки. Результат такого дослідження приводить до встановлення правила Ленца.

4. Збирають установку, зображену на малюнку. Котушки на 220 і 120 В ставлять поряд (без осердя) і за допомогою реостата доводять струм в правій котушці приблизно до 2 А. Вмикаючи і вимикаючи струм, спостерігають виникнення в лівій котушці короточасного слабкого індукційного струму.

5. Вимикають струм. Збільшують опір реостата до 50 Ом, насаджують котушки на осердя і замикають його ярмом. При включенні і виключенні струму стрілка гальванометра відхиляється майже на всю шкалу.

напрями. Під їх дією рамка повертається доти, поки її площа не буде перпендикулярна до напрямку поля. У такому положенні рамки сили, прикладені до її сторін, лише розтягують рамку.

Щоб рамка не коливалась у міжполюсному просторі магніту, її відтягують донизу за допомогою нитки, прив'язаної до нижньої сторони рамки. Другий кінець нитки прикріплений до гирки, яка стоїть на столі.

Дослід 3. Розмагнічування за допомогою нагрівання

Для демонстрування розмагнічування при нагріванні до точки Кюрі (для заліза близько 768°C) намагнічують половину леза безпечної бритви. Зануривши його в ошурки, демонструють, що лезо стало магнітним.

Очищають лезо від ошурків і закріплюють його на одному кінці мідної дротинки, зігнутої у вигляді канцелярської скріпки. Тримаючи рукою або прищипкою за другий кінець дротинки, нагрівають лезо в полум'ї спиртівки до світложовтого кольору. Для швидкого й одночасного по всій довжині нагрівання леза гніт спиртівки треба розпушити або використати полум'я двох–трьох запалених таблеток "сухого спирту".

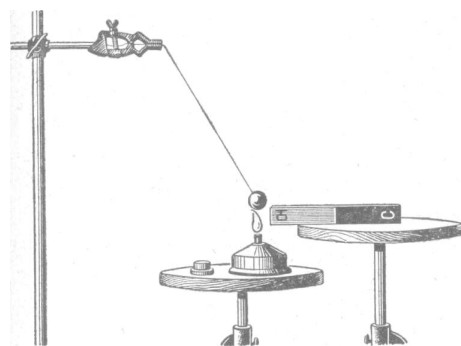
Коли лезо охолоне, демонструють втрату ним магнітних властивостей: воно не притягує ошурків.

Точка Кюрі для нікелю значно нижча (365°C), ніж для заліза (768°C). Тому нагрівання нікелевих магнітів для розмагнічування здійснити простіше, ніж сталевих. Зокрема, у цьому досліді потрібного ефекту можна досягти за допомогою полум'я сірника.

Дослід виконують так. З нікелевого анода зіпсованої радіолампи вирізають пластинку діаметром приблизно 20 мм. В пластинці проколюють отвір, яким підвішують її до дротини. Другий кінець цієї дротини затискують у лапці штатива.

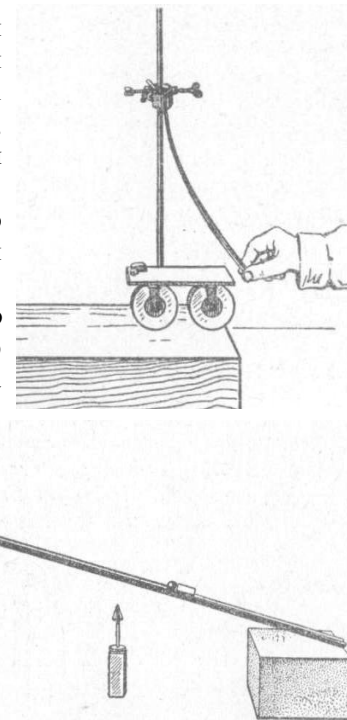
Трохи нижче підвішеної пластинки на підйомному столику розташовують постійний магніт так, щоб один з його полюсів був під пластинкою, але не доторкався до неї. Підйомний столик разом з магнітом переміщують убік.

При цьому пластинка відхиляється від вертикалі. Бажано, щоб кут відхилення був близько $10\text{--}15^{\circ}$, а тому слід користуватися відносно сильним магнітом. Потім пластинку нагрівають у полум'ї спиртівки і спостерігають, що в нагрітому стані вона вже не утримується магнітом і повертається до положення рівноваги. Якщо після охолодження пластинку наблизити до магніту, вона знову залишається у відхиленому положенні.



внаслідок зміни взаємного положення її частин набула потенціальної енергії і здатна виконувати роботу. Відпускають лінійку, яка штовхає візок і приводить його в рух. Підкреслюють, що робота, яка потрібна для переміщення візка, виконується за рахунок потенціальної енергії зігнутої лінійки.

3. Жолоб закріплюють похило за допомогою штатива. Щоб учні краще бачили жолоб, нижній його кінець доцільно поставити на підставку. Приблизно на відстані $1/3$ довжини жолоба від його нижнього кінця кладуть алюмінієвий циліндр (калориметричне тіло). Розміщують кульку на верхньому кінці жолоба і відпускають її. Вона скочується і, досягнувши тіла, переміщує його, тобто виконує роботу.



Механічні коливання і хвилі

Дослід 1. Вільні коливання вантажу на нитці та вантажу на пружині

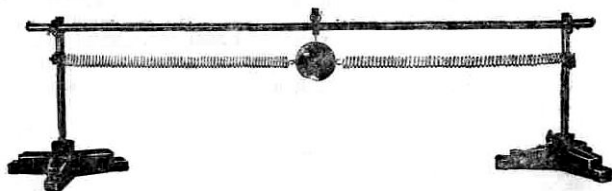
Для початкового ознайомлення з коливальним рухом можна обмежитися демонстрацією коливання тіла під дією сили тяжіння і сили пружності. Як тіло зручно взяти дерев'яну кулю діаметром 50–70 мм з двома гачками.

Спочатку показують просту коливальну систему – нитяний маятник, підвішений на стійці, зібраній з універсального штатива. Маятник відводять рукою від положення рівноваги і відпускають, спостерігаючи вільні коливання. Учням пояснюють, що в будь-якій коливальній системі вільні коливання підтримуються тільки в результаті дії внутрішніх сил та інерції тіла.

Спостерігаючи за коливаннями маятника, встановлюють, що амплітуда поступово зменшується і коливання вешті-решт припиняються (затухають). Дослід показує, що вільні коливання є затухаючими.

Після цього демонструють коливання горизонтального пружинного маятника, зібравши установку, як показано на малюнку. Її збирають з металевих стрижнів від універсального штатива. Щоб виключити дію сили тяжіння, в отвір кулі щільно вставляють тонкий стрижень, прикріплений іншим кінцем до обох блоку, надітого

на горизонтальний стрижень рами. Кулю відводять рукою від положення рівноваги і відпускають.



Деформовані пружини повертають кулю в положення рівноваги, але внаслідок інерції вона рухається далі і знову розтягує одну пружину і стискає іншу. Тільки після 10–15 коливань куля зупиняється. Дослід повторюють кілька разів, звертаючи увагу на те, що в даній системі коливання підтримуються в результаті дії сили пружності та інерції тіла. Сила пружності є внутрішньою силою.

Потім показують виникнення коливального руху при одночасній дії на тіло двох різних сил: сили тяжіння і сили пружності.

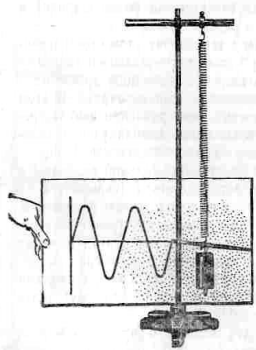
Дослід демонструють на вертикальному пружинному маятнику. Для збільшення періоду коливань, а отже, і наочності досліду кулю підвішують на двох пружинах, сполучених послідовно. В стані рівноваги на кулю діють дві сили: сила тяжіння і сила пружності пружини. Ці сили рівні по величині, але протилежні за напрямом. Отже, їх рівнодіяння рівна нулю. При будь-якому відхиленні кулі від положення рівноваги по вертикалі результуюча сила стає відмінною від нуля, оскільки сила тяжіння залишається постійною, а сила пружності змінюється пропорційно видовженню пружини.



Дослід 2. Записування коливального руху

1. Механічний запис наочно демонструють за допомогою вертикального пружинного маятника, що здійснює повільні коливання з періодом близько 1,2 с. Для цього до нижнього кінця пружини, закріпленої на демонстраційному штативі, підвішують гирю масою 1 кг. До гирі прикріплюють горизонтально невеликий пензлик.

Пружину повертають навколо вертикальної осі так, щоб металевий кінчик пензлика злегка притиснувся до стійки штатива. Це необхідно зробити для усунення крутильних коливань, які виникають при вертикальних коливаннях маятника. Пензлик змочують чорнилом і приступають до демонстрації досліду. До стрижня штатива притискають зі зворотного боку лист фанери, на якому прикріплений білий папір. Спочатку при нерухомому маятнику фанеру спирають об триниго і переміщують в горизонтальному напрямі, стежачи весь час



Електромагнітне поле

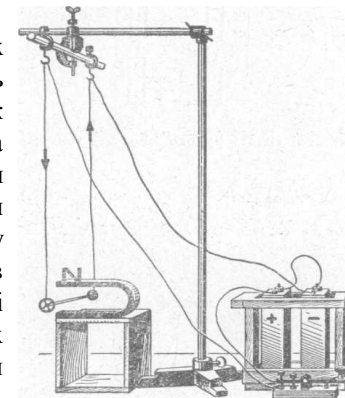
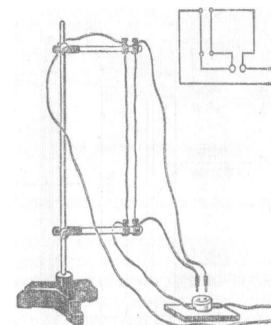
Дослід 1. Взаємодія паралельних струмів

Добрі результати можна одержати, якщо скористатися стрічками з алюмінієвої фольги, що йде на виготовлення паперових конденсаторів. Фольгу від рулону, виїнятого з коробочки конденсатора, розгортають разом з папером, що пристав до неї. Треба, не відшаровуючи паперу, відрізати від фольги дві вузькі стрічки шириною 10 мм і завдовжки 50 см. Шар паперу між двома смужками з фольги додасть стрічці більшу міцність.

Кінці кожної стрічки закладають в наконечники, за допомогою яких обидві стрічки затискають в ізолюючих стрижнях на універсальному штативі, як показано на малюнку. Така стрічка витримує короточасний струм до 8 А.

Стрічки не слід натягувати. Злегка згинаючи, їх зближують на відстань 0,5–1 см і кінці приєднують до випрямляча через штепсельну розетку, як показано на малюнку. Замість штепселя можна скористатися двополюсним перемикачем. При ввімкненні струму в межах 5–8 А стрічки відштовхуються, а при вимкненні знову зближуються. Щоб змінити напрям струму в одному з провідників, достатньо штекери в розетці поміняти місцями. Тепер струми в провідниках матимуть однакові напрями і провідники притягнуться один до одного.

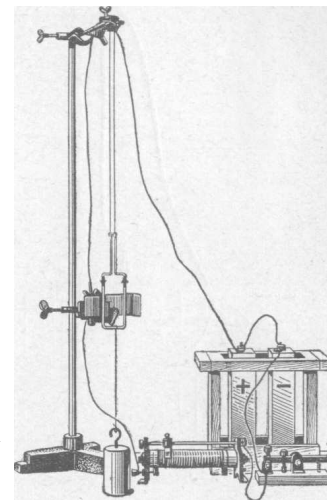
При проведенні досліду не слід вмикати струм на довгий час.



Дослід 2. Дія магнітного поля на струм

1. Рух провідника в магнітному полі можна продемонструвати на установці, зображеній на малюнку.

2. Легка алюмінієва рамка підвішена в полі дугоподібного магніту на двох гнучких провідниках, які водночас є також струмопідводами. При пропусканні струму по рамці на кожну з її двох вертикальних сторін діє сила, напрям якої визначається за правилом лівої руки. Ці сили паралельні, але оскільки напрями струму в сторонах рамки протилежні, то вони мають протилежні



Дослід 9. Будова і дія електронно-променевої трубки

Електронно-променева трубка дозволяє одержати вузький сфокусований пучок електронів, яким можна керувати. На цьому ж приладі можна продемонструвати основні властивості електронних пучків: свічення люмінофора під їх дією, прямолінійне поширення, відхилення в електричному і магнітному полях.

За принципом фокусування і відхилення електронного пучка трубки бувають двох видів:



з електростатичним управлінням і з магнітним. Як і будь-який електровакуумний прилад, трубка має скляний балон, витягнутий у напрямі променя. Повітря з балона викачане до високого вакууму. Усередині скляного балона, в його вузькій частині, розміщується електронно-оптична система (електронний прожектор), де формується вузький електронний пучок (показують тільки загальний вид цієї частини трубки). Електронний пучок спрямовується на флюоресцюючий екран в широкій частині трубки, що є тонким шаром люмінофора, нанесеного на внутрішню поверхню балона. Як люмінофори застосовують різні речовини, наприклад ортосилікат цинку, що дає зелене свічення, сульфід цинку в з'єднанні з деякими іншими елементами, що дає біле свічення, та ін.

Електронний пучок на шляху до екрану проходить між двома парами взаємно перпендикулярних відхиляючих пластин. При подачі на пластини різниці потенціалів електронний пучок відхиляється у бік позитивно зарядженої пластини (електростатичне відхилення).

Потім включають випрямляч в мережу і після прогрівання ламп спостерігають на екрані пляму, що світиться.

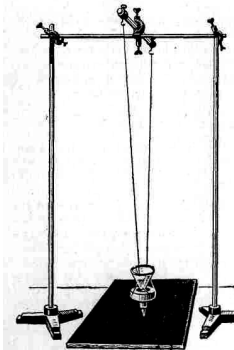
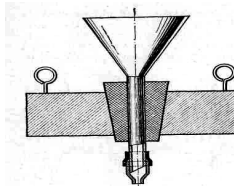
Змінюючи величину від'ємного потенціалу на керуючому електроді (повертають на підставці ручку «яскравість»), спостерігають зміну яскравості свічення плями на екрані при збереженні її розміру (відповідний для спостереження розмір плями діаметром 8–10 мм заздалегідь підбирають обертанням ручки «фокус»).

Потім показують фокусування електронного пучка, змінюючи змінним резистором (ручка з написом «фокус») позитивний потенціал на аноді трубки. При цьому ручку яскравості встановлюють на деяку середню величину, оскільки при великій яскравості погіршується фокусування (при великому числі електронів). На екрані спостерігають зміну розмірів плями, яку можна звести до невеликої крапки.

за тим, щоб пензлик викреслював на папері пряму лінію. Потім фанеру повертають в початкове положення, а маятник приводять в коливання. На нерухомому папері одержують вертикальну лінію, рівну по довжині двом початковим амплітудам.

Після цього маятник знову приводять в коливання, а фанеру по можливості рівномірно переміщують у горизонтальному напрямі. Одержують на папері хвилясту лінію – графік коливань пружинного маятника. Запис можна повторити на окремих листах паперу, показавши при цьому залежність виду графіка від швидкості руху фанери, від величини амплітуди і частоти коливання маятника.

2. Записувати коливання можна також за допомогою піску, що рівномірно висипається з пісочниці, яка рухається разом з маятником. Такий маятник відомий під назвою маятника Айрі. Власне маятником є масивне (1–2 кг) металеве тіло, підвішене на біфілярному (двонитковому) підвісі. При застосуванні біфілярного підвісу маятник не обертається і коливається в одній площині. В отвір тіла маятника за допомогою гумової пробки вставляють скляну лійку. Вихідний отвір лійки повинен мати діаметр близько 1,2 мм. Для цього на кінець лійки насаджують і закріплюють гумовим кільцем відтягнуту скляну трубочку. Без такого звуження отвору лійки запис коливань маятника буде не чіткий, бо пісок швидко висипається.



Підвіс маятника Айрі повинен бути довгим, щоб забезпечити великий період коливань (1,5–2 сек). Коливання записують на фанерному щитку (40x80 см), пофарбованому в чорний колір. Поверхня щитка повинна бути плоскою і шорсткою, щоб пісок тримався краще. Для утворення розгортки коливань маятника в часі фанерний щиток, на який висипається пісок, рівномірно рухають у напрямі, перпендикулярному до площини коливань маятника.

Послідовність виконання досліду така.

1. Запустивши маятник, залишають щиток нерухомим. Утворюється пряма лінія, яка визначає напрям осі зміщень. Тут доцільно дати маятникові можливість зробити кілька коливань, а потім звернути увагу учнів на розподіл піску на щитку. Більша кількість піску на кінцях прямої свідчить про те, що швидкість руху маятника при великих зміщеннях менша, ніж при проходженні положення рівноваги.

2. Рухаючи щиток при нерухомому маятнику (який перебуває в положенні рівноваги), записують напрям осі часу.

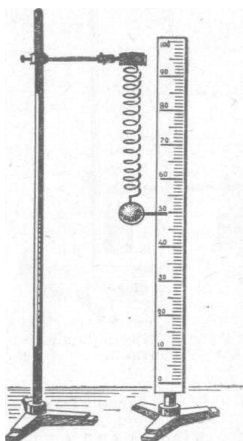
3. Записують коливання маятника, рівномірно рухаючи щиток. Треба звернути увагу учнів на те, що вигляд синусоїди залежить від амплітуди коливань маятника і від швидкості поступального руху щитка.

Дослід 3. Залежність періоду коливання вантажу на пружині від її жорсткості та маси вантажу

Збирають установку, зображену на малюнку. За допомогою секундоміра визначають період коливань маятника. Потім збільшують масу маятника в 3–4 рази і знову визначають період його коливань. Роблять висновок про те, що період коливань пружинного маятника збільшується із збільшенням його маси і навпаки.

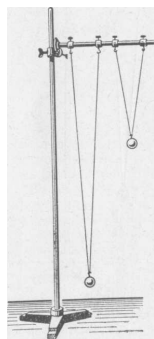
Не змінюючи маси маятника, підвищують його до пружин з різними пружними властивостями і пересвідчуються, що період коливань маятника залежить від пружних властивостей пружини.

Тягарці маятників треба підібрати так, щоб зміна періодів коливань була помітна на око. Пружні властивості пружин можна оцінити, порівнявши їх відносне видовження при навантаженні однаковими тягарцями.



Дослід 4. Залежність періоду коливання вантажу на нитці від її довжини

Спочатку якісно з'ясовують залежність періоду коливань маятника від його довжини. Це найзручніше зробити за допомогою двох маятників різної довжини. Запустивши одночасно обидва маятники, пересвідчуються в тому, що довший маятник має період більший, ніж коротший. Потім укорочують коротший маятник так, щоб його довжина стала в чотири рази меншою від довжини довгого. При такому відношенні довжин маятників (1 : 4), короткий маятник зробить два коливання за час, за який довгий зробить тільки одне. Цей прийом зручний тому, що не треба вимірювати періоди коливань кожного маятника окремо.



Корисно, застосувавши формулу для обчислення періоду коливань маятника, знайти довжину такого маятника, який має період у 3 рази менший, ніж довгий маятник. Результат обчислення перевіряють на досліді. Можна накреслити графік залежності періоду коливань маятника від його довжини.

В умовах школи показати залежність періоду коливань маятника від прискорення сили земного тяжіння без спеціального маятника не можна. Для збільшення прискорення доводиться використовувати ще й силу, що діє з боку магніта на феромагнітні тіла. Тому кулька маятника в цьому досліді повинна бути сталевую.

Під кулькою маятника на віддалі 5–10 мм від неї встановлюють електромагніт від шкільного розбірного трансформатора, що складається з котушки і половини осердя. Спочатку спостерігають коливання маятника, не вмикаючи струм в обмотку електромагніту. Потім вмикають струм і спостерігають різке зменшення періоду коливань маятника. Амплітуда початкових коливань маятника не повинна бути великою.

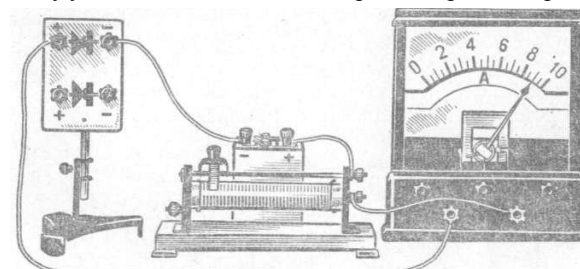
При замиканні кола гальванометр виявляє невеликий струм. Величина цього струму залежить (за законом Ома) від напруги джерела струму і початкової, так званого холодного, опору термістора, тобто його опору при кімнатній температурі. Після цього термістор поволі нагрівають над полум'ям спиртівки (полум'я не повинне торкатися приладу) і спостерігають поступове збільшення струму.

Далі показують зворотний процес – охолодження термістора: знімають термістор з штатива і занурюють в посудину з снігом або холодною водою. Стрілка гальванометра швидко переміщується у зворотний бік і через деякий час зупиняється майже біля нуля шкали.

Дослід 8. Однобічна електрична провідність напівпровідникового діода. Залежність сили струму в напівпровідниковому діоді від напруги.

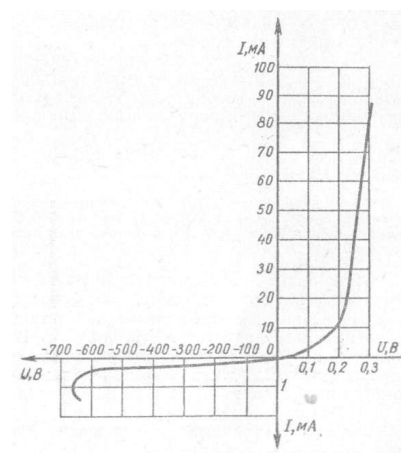
Перед демонстрацією досліді учням слід дати поняття про електронно-діркові переходи і способи їх отримання, а також розглянути фізичну суть процесів, що приводять до утворення запірного шару. Ці відомості необхідні для кращого розуміння досліді.

Розглянувши будову діода, складають коло, ввімкнувши напівпровідниковий діод в пропускну напругу, і одержують установку, зображену на малюнку. Гальванометр фіксує певне значення сили струму.



Після цього змінюють полярність включення діода. Струм в колі зменшується майже до нуля. Це вказує на значне збільшення опору запірного шару і його односторонню електропровідність.

Будують вольт-амперну характеристику діода. З графіка видно, що прямий струм, починаючи з деякого значення, залежить від напруги майже лінійно, а зворотній, навпаки, майже не залежить від прикладеної напруги. Отже, прямий опір переходу з підвищенням зовнішньої напруги спочатку плавно зменшується, а потім залишається майже сталим. Зворотній же опір зростає майже пропорційно прикладеній напрузі.



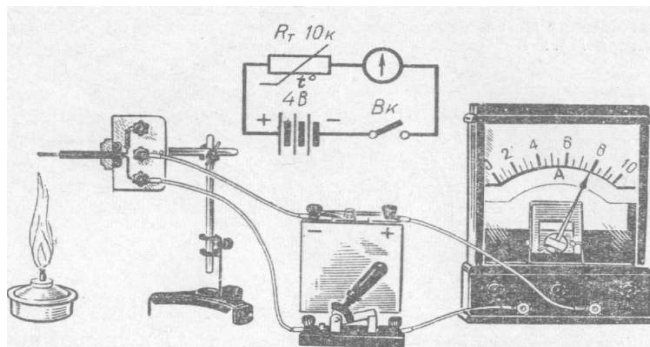
проводить електричного струму. Для цього вмикають високовольтний перетворювач і поступово збільшують напругу на електродах до максимальної, яку дає перетворювач. Гальванометр не виявляє струму.

Потім зменшують напругу приблизно наполовину і вмикають насос. При цьому уважно спостерігають за показами гальванометра. Починаючи з деякого моменту гальванометр показує наявність струму в колі, а потім в затемненому класі стає помітним і свічення в трубці. Спочатку розряд має форму тонких фіолетових перебігаючих ниток, що світяться, потім – шнура малинового кольору, що сполучає обидва електроди. При подальшому зниженні тиску шнур, що світиться, блідне, розширюється, займаючи майже всю трубку. Поступово впускаючи повітря в трубку, корисно повторити цей процес в зворотному порядку.

При роботі з хорошим ротаційним вакуум-насосом можна прослідити і подальші стадії розряду, тобто добре помітний темний катодний простір і позитивний анодний стовп, а потім і утворення окремих шарів – страт. Якщо ж застосовувати насос Комовського, то у ряді випадків вдається досягти лише такого розрідження, коли з'являється свічення, що займає майже всю трубку, – тліючий розряд. Розряд в трубці виникає внаслідок того, що в розрідженому повітрі збільшується довжина вільного пробігу електронів. Розганячись, електрони набувають енергію, достатню для іонізації нейтральних молекул. Джерелом електронів є катод, який бомбардується позитивними іонами. Ці іони і вибивають з катода електрони (вторинна електронна емісія).

Дослід 7. Залежність опору напівпровідників від температури. Дія терморезистора

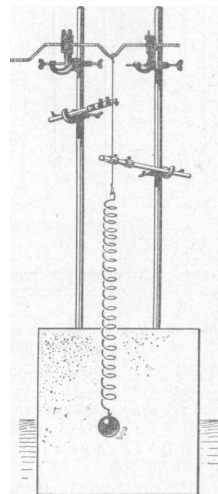
П е р е д демонстрацією досліду учнів знайомлять з будовою термістора ММТ-4 за учбовою таблицею «Термістор», де прилад зображений крупним планом в розрізі. Букви ММ означають напівпровідниковий матеріал, з якого зроблений термістор (оксиди марганцю і міді); Т – термістор; 4 – умовне позначення конструктивного оформлення.



Після розгляду таблиці збирають установку, показану на малюнку. Термістор закріплюють на підставці в горизонтальному положенні і вмикають в електричне коло послідовно з демонстраційним гальванометром, батареєю акумуляторів (напругою близько 4 В) і вимикачем.

Дослід 5. Вимушені коливання

Складають установку за малюнком. У верхній частині двох штативів розміщують колінчастий вал, виготовлений з дроту товщиною 3–4 мм. "Підшипниками" вала є два корки, затиснуті в лапи-тримачі. На коліно вала надівають петлю з міцної нитки, до другого кінця якої підвішують вертикальний пружинний маятник.



Щоб коливання нитки не спричинили бічних коливань маятника в площині, перпендикулярній до площини рисунка, нитку пропущено крізь отвори в ізоляційних стояках. Замість стояків можна використовувати дві дротини з кільцями, зігнутими на їх кінцях.

Спочатку відтягують маятник рукою і спостерігають його вільні коливання. Потім обертають колінчастий вал, змушуючи маятник коливатися з частотою обертання вала. Треба, щоб ця частота була відмінна від власної частоти маятника. Спочатку маятник виконує досить складні рухи, але швидко починає коливатися з частотою обертання вала. Змінюючи її, можна примусити маятник коливатися з різними частотами, відмінними від власної. Якщо вал обертати з частотою власних коливань, то можна спостерігати швидке зростання його амплітуди – резонанс коливань.

Дослід 6. Резонанс маятників

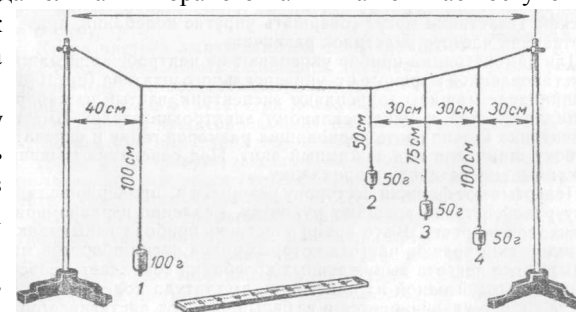
Збирають установку за малюнком і проводять дослід в такій послідовності.

Нитку беруть рукою за середину і приводять в коливання з невеликою амплітудою. Частоту коливань підбирають таку ж як і частота власних коливань одного з маятників. Амплітуда коливань вибраного маятника починає поступово збільшуватися, в той час, як решта маятників тільки злегка погойдуються.

Змінюючи частоту коливань нитки, проробляють описаний дослід по черзі з кожним з маятників і пояснюють суть явища.

Всі маятники зупиняють, а маятник 1 змушують коливатися (він виконує роль вібратора). Помічають, що найбільше коливається маятник 4, який має з вібратором однакову частоту.

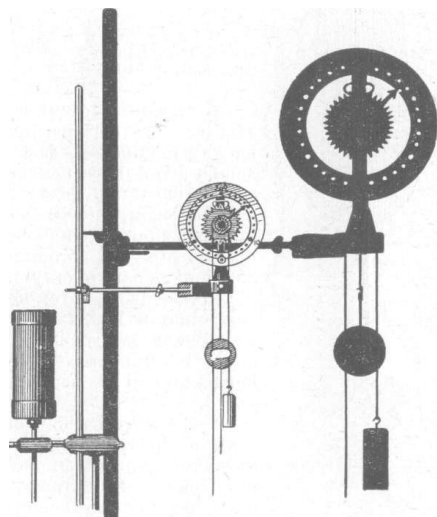
Довжину маятника 1 зменшують до 75 см і знову повторюють дослід. Тепер резонує маятник 3. Нарешті, довжину маятника 1 зменшують до 50 см і демонструють резонанс маятника 2.



Дослід 7. Застосування маятника в годиннику

Демонстраційна модель, що ілюструє застосування маятника в годиннику для стабілізації його ходу, дає можливість продемонструвати роботу анкерного спуску. Демонструвати модель треба в тіньовій проекції, бо лише тоді можна добре побачити взаємодію частин механізму і з'ясувати роль маятника.

Після демонстрування бажано відключити якір спуску від храпового колеса і показати, що в цьому разі стрілка моделі рухається прискорено. Слід пояснити, що в переносних годинниках використовують інші типи спусків, в яких хід годинника регулює крутильний маятник-балансир. За допомогою епідіаскопа можна показати роботу такого маятника в кишеньковому годиннику, знявши задню кришку останнього.



Дослід 8. Поширення поперечних і поздовжніх хвиль

1. Довгу гумову трубку діаметром близько 10 мм заздалегідь наповнюють сухим піском і прив'язують одним кінцем до ручки віконної рами; вільний кінець беруть в руку і злегка натягують упоперек класу. По спокійній трубці ударають рукою на відстані 20-30 см від кінця. Вигин, що утворився, порівняно повільно переміщується по трубці і, дійшовши до закріпленого кінця, повертається назад. Удари повторюють кілька разів, фіксуючи увагу учнів лише на хвилі, що біжить в прямому напрямі.

Замість трубки можна взяти гумовий шнур або зволожену мотузку такого ж діаметра. В процесі демонстрації досліду з'ясовують, що: 1) окремі точки трубки коливаються в напрямі, перпендикулярному розповсюдженню хвилі; 2) чим далі точки розташовані від джерела коливань, тим пізніше приходять вони в коливальний рух.

Процес розповсюдження коливань в пружному середовищі називають хвильовим рухом, а напрям розповсюдження коливань – променем.

Показують, що швидкість розповсюдження хвилі залежить від величини сили зчеплення між частинками середовища, тобто від пружних властивостей середовища. Для цього збільшують натяг гумової трубки і знову збуджують окремі хвильові імпульси. Переконаються, що швидкість розповсюдження хвилі тим більша, чим сильніше натягнута трубка.

2. Після цього переходять до детального з'ясування механізму утворення поперечних хвиль, користуючись при цьому хвильовою машиною.

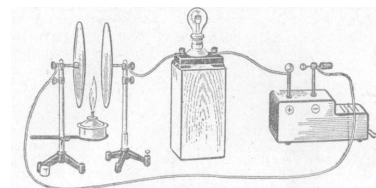
джерелом постійного струму, звертаючи увагу на те, що вугільний електрод сполучається з негативним полюсом батареї.

Через кілька хвилин електроди виймають і показують, що вугільний електрод покритий шаром міді. Звертають увагу на міцність шару міді (не стирається), на його колір, порівнюють яскравість кольору цієї міді з бурим і бруднішим кольором окисленої міді мідного електрода.

Потім змінюють полярність електродів і через кілька хвилин показують, що вугільний електрод став зовсім чистий, а мідь з нього перейшла на мідний електрод, на якому чітко видно межу відкладеної хімічно чистої (рафінованої) міді.

Дослід 5 Несамостійний розряд

1. Якщо в іонізованому газі створити електричне поле, то разом з безладним тепловим рухом виникає направлений, впорядкований рух іонів, тобто електричний струм. При цьому позитивні іони рухаються у напрямі поля, а негативні – в протилежну сторону.



Для виявлення електричного струму в іонізованому повітрі збирають установку за малюнком. Пластини розбірного конденсатора встановлюють на відстані приблизно 10 см одна від одної і до них через неонову лампу на підставці підключають високовольтний перетворювач.

На початку досліду поступово подають таку напругу на пластини конденсатора, щоб утворилося дуже слабке свічення неонові лампи, помітне лише вчителю.

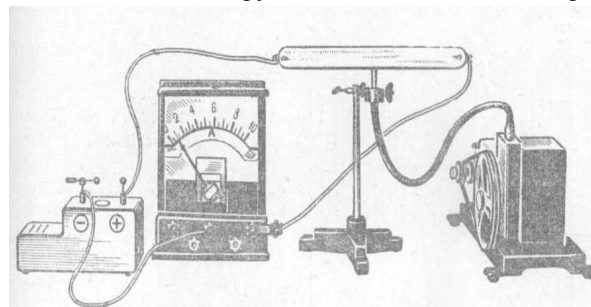
Потім обережно підносять знизу між пластинами конденсатора запалену спиртівку і спостерігають, як неонові лампа починає світитися.

Збільшують полум'я спиртівки і помічають яскравіше свічення лампи. Особливо добре помітне свічення, якщо дослід проводити в напівзатемненому класі.

Дослід 6. Самостійний розряд у газах за зниженого тиску

Двоелектродну трубку з приєднаним гумовим шлангом від вакуумного насоса закріплюють в лапці штатива. Послідовно з трубкою вмикають в коло через обмежувальний резистор 2-3 МОм гальванометр, встановлений на ізолюючій підставці. Джерелом струму служить високовольтний перетворювач.

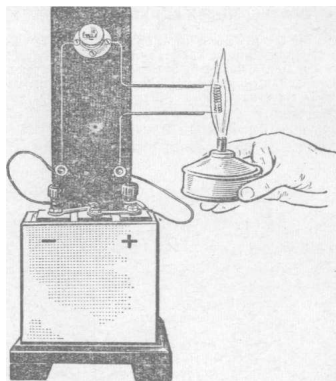
Спочатку показують, що повітря при нормальному тиску не



0,3–0,5 мм і завдовжки приблизно 0,5 м.

Деталі приладу сполучені послідовно товстим дротом, і місця з'єднань мають хороші контакти. Це зменшує загальний опір кола. Чим більшу частину загального опору (включаючи і джерело струму) складає опір спіралі, що нагрівається, тим краще виходитиме дослід.

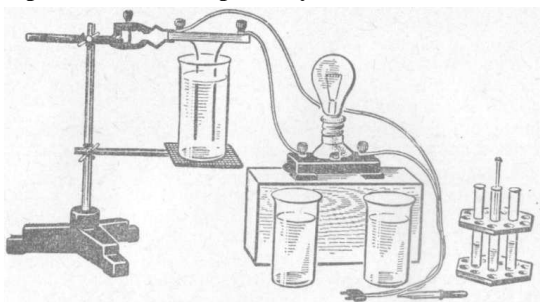
Підключивши джерело струму – батарею акумуляторів – до затискачів на стійці, спостерігають свічення лампи. Потім підносять до спіралі запалену спиртівку і звертають увагу, як у міру нагрівання дроту лампа починає світитися слабше. Нарешті, свічення зовсім припиняється, – це свідчить про збільшення опору розжареної спіралі в порівнянні з опором холодної.



Дослід 3. Порівняння електропровідності води і розчину солі

Складають установку, як показано на малюнку.

Спочатку поміщають електроди в склянку з дистильованою водою і бачать, що лампа не світиться. Дистильована вода не проводить електричний струм. Щоб переконатися, що на електродах є напруга, сполучають їх за допомогою провідника на ізолюючій ручці. Лампа спалахує.



Після цього розчиняють у воді небагато кухонної солі і спостерігають появу свічення лампи, спочатку слабке, а у міру додавання солі яскравіше.

Дослід показує, що із збільшенням концентрації розчину збільшується число дисоційованих молекул або іонів, тобто росте кількість носіїв електрики.

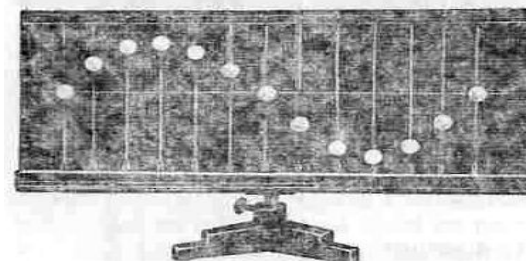
Проте не всі розчинені у воді речовини дисоціюють. Щоб переконатися в цьому, в третій склянці з дистильованою водою розчиняють 1–2 чайні ложки цукру і спостерігають за лампою, яка протягом всього дослідження не спалахує.

Нарешті, демонструють слабку електропровідність звичайної питної води, в якій завжди є невелика кількість розчинених солей.

Дослід 4. Електроліз розчину сульфату міді

У кришці склянки закріплюють вугільний стержень і мідну пластинку. Наливши в склянку насиченого розчину мідного купоросу і звернувши увагу учнів на те, що мідна пластинка має тьмяний відтінок, а вугільний стержень зовсім чистий і чорний на колір, вставляють електроди в розчин. Після цього електроди сполучають з

3. Уявлення про поперечну хвилю створюють за допомогою хвильової машини. В цьому випадку кульки опускаються до нижньої планки приладу. Узявшись за ручку нитяного затиску, обертають її по колу, накресленому на щитку. При цьому маятники з кульками здійснюють коливальний рух і створюють картину розповсюдження поперечних хвиль.



У поперечній хвилі частинки коливаються уздовж напрямку розповсюдження хвилі. Внаслідок цього частинки середовища то зближуються, то віддаляються одна від одної; процес розповсюдження поперечної хвилі супроводжується переміщенням областей згущування і розрідження.

4. Хвилі на поверхні води, як відомо, не можна віднести точно до поперечних. Не дивлячись на це, вони дуже зручні для вивчення багатьох закономірностей хвильового руху. Для демонстрації користуються хвильовою ванною з прозорим або дзеркальним дном; досліди проводять в затемненому класі.

На борту ванни закріплюють вібратор, а на вібраторі – насадку з однією кулькою, яка повинна торкатися поверхні води. Для ослаблення віддзеркалення хвиль на пологі краї ванни кладуть смужки з якої-небудь м'якої тканини і добре їх змочують.

Учні повідомляють, що світлі і темні кільця, що розходяться, є гребенями і западинами хвиль; частинки води, розташовані в різних точках одного і того ж кільця, коливаються в однакових фазах і утворюють фронт хвилі. Такі хвилі називають круговими.

Корисно показати, що спостережувані хвилі близькі до поперечних. Для цього на поверхню води кидають декілька дрібних шматочків паперу або сірників. Тіні на екрані від цих предметів залишаються майже нерухомими: хвилі, що розповсюджуються, не захоплюють їх за собою, а примушують здійснювати, головним чином, вертикальні коливання.

Із спостережень за розповсюдженням кругових хвиль (по незмінності форми фронту хвилі) можна зробити висновок про те, що вони розповсюджуються у всіх напрямках з однаковою швидкістю. Враховуючи цей факт, легко показати зв'язок між довжиною хвилі, частотою і швидкістю розповсюдження коливань. Для цього збільшують частоту коливань вібратора і спостерігають зменшення довжини хвилі.

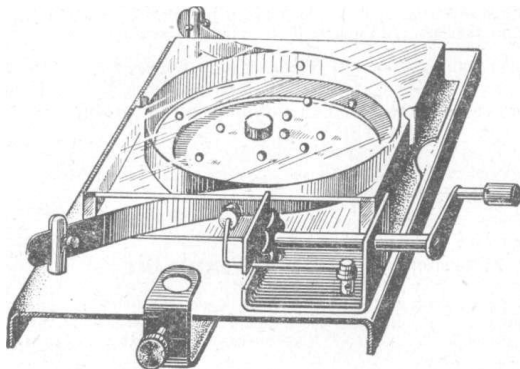
Потім до вібратора замість кульки прикріплюють плоску насадку і розташовують її паралельно поверхні води. Збуджують вібратор і спостерігають хвилі з прямолінійним фронтом. Змінюючи частоту коливань вібратора, демонструють зміну довжини хвилі.

Молекулярна фізика й термодинаміка

Властивості газів, рідин, твердих тіл

Дослід 1. Модель броунівського руху

Для демонстрування цього досліду використовують прилад під назвою "Прилад для демонстрування моделі броунівського руху", який являє собою металеву рамку з круглим отвором. Отвір рамки закритий двома квадратними скляними пластинками. Між ними є зігнута в кільце пластинчаста пружина, яка може вільно вібрувати, якщо ударяти молоточком по її кінцю, закріпленому на рамці. Усередині пружини між скляними пластинками є 10 маленьких сталевих кульок і невеликий гумовий корок. На рамці збоку пружини прилаштовано ударний механізм, який складається з молоточка і храпового колеса, закріпленого на осі з рукояткою. При обертанні рукоятки храпове колесо чіпляється за дріт пружини молоточка, який ударяє по кінцю пластинчастої пружини і приводить її в коливання. Ударяючись об пружину, кульки, що є всередині кільця пружини, приходять у швидкий хаотичний рух, ударяють об корок і переміщують його в різних напрямках. Кульки імітують молекули води, а гумовий корок – частинку фарби, що перебуває у воді в завислому стані.

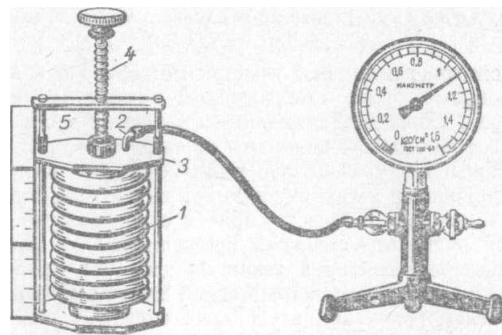


Дослід 2. Ізотермічний процес

Перед дослідом показують учням окремо прилад для вивчення газових законів, зображений на малюнку разом з манометром. Звертають увагу на основну частину приладу – закритий гофрований циліндр 1 (сильфон), який з'єднується із зовнішнім повітрям тільки через невеликий зігнутий патрубок 2, упаяний в металеву кришку 3. Сильфон за допомогою гвинта 4 можна розтягувати, причому об'єм повітря усередині приладу змінюється пропорційно висоті.

Вимірюється об'єм газу в умовних одиницях за прикріпленою до приладу шкалою.

Для проведення досліду сильфон сполучають гумовою трубкою з манометром, як показано на малюнку. Відкривають



вольтметр з достатнім наближенням показує ЕРС джерела струму. Стрілка амперметра знаходиться на позначці нуля.

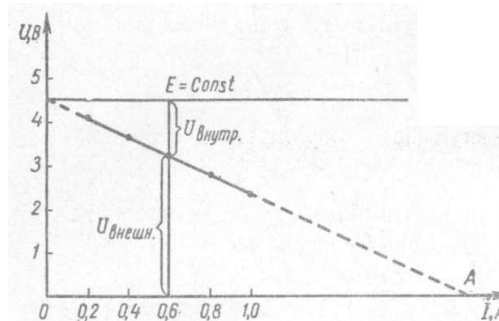
Потім коло замикають і спостерігають, що покази вольтметра трохи зменшилися, а амперметр показує деяку силу струму. Спад напруги на затискачах батарейки підтверджує наявність внутрішнього опору джерела струму. Різниця між величиною ЕРС і напругою на затискачах батарейки дорівнює спаду напруги всередині джерела струму.

Після цього, пересуваючи повзунок реостата, опір поступово зменшують і спостерігають, що напруга на затискачах батарейки зменшується, а величина струму в колі зростає. Це свідчить про збільшення спаду напруги у внутрішній частині кола. Отже, при зміні навантаження кола, напруга на різних його ділянках перерозподіляється.

При виведенні реостата спостерігають, що напруга на затискачах батарейки найменша; це означає, що напруга у внутрішній частині кола найбільша.

За допомогою реостата змінюють 4–5 разів значення опору. Покази амперметра і вольтметра записують в таблицю.

За результатами досліду будують графік залежності напруги від величини струму в електричному колі. Доповнивши графік горизонтальною прямою $E = \text{const}$, пояснюють учням розподіл напруг на зовнішній і внутрішній ділянках кола. Для будь-якого значення струму в межах графіка ордината до похилої прямої дає значення падіння напруги в зовнішньому колі ($U_{\text{зовн.}}$), а відрізок від неї до горизонтальної прямої $E = \text{const}$ показує спад напруги у внутрішньому колі ($U_{\text{вн.}}$). При цьому сума спадів напруги залишається величиною сталою. Це було показано в досліді.



Продовживши похилу пряму до перетину з горизонтальною віссю координат (точка А), можна знайти величину струму короткого замикання. Напруга на затискачах джерела в цьому випадку стає рівною нулю, а струм досягає свого максимального значення, яке визначається величиною внутрішнього опору джерела.

Одержані експериментально чисельні дані для побудови графіка дають можливість визначити внутрішній опір джерела.

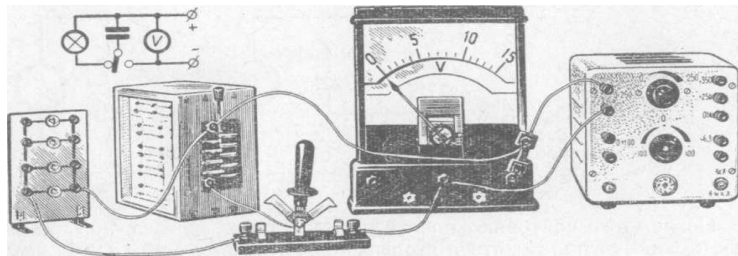
Дослід 2. Залежність опору металів від температури

Саморобний прилад складається з дерев'яної стійки заввишки 50 см, шириною 8 см і змонтованих на ній деталей: патрона для електричної лампи на 6 В, двох затискачів для підключення джерела струму і спіралі із сталевого дроту діаметром

ФІЗИКА ДЛЯ ФІЗИКІВ. спецвипуск № 8

переходить у внутрішню енергію нитки лампи розжарювання і енергію випромінювання.

Збільшують
ємність
батареї в 2
рази і при тій
же напрузі
знову
заряджають
конденсатор.



Тепер при розряді лампа спалахує яскравіше, ніж в першому випадку. Підключивши дві лампи, повторюють дослід. За спостереженнями можна сказати, що тепер розжарення ниток ламп приблизно таке ж, як і в першому випадку, тобто енергія конденсатора збільшилася в 2 рази.

Потім показують, що енергія зарядженого конденсатора залежить і від різниці потенціалів на його пластинах. З цією метою за напруги 50–60 В повторюють дослід з половиною ємності батареї конденсаторів (30 мкФ) і спостерігають свічення однієї лампи. Збільшують напругу в 2 рази і, підключивши відразу 2 лампи, спостерігають досить яскравий їх спалах. Це підтверджує збільшення енергії зарядженого конденсатора більше ніж в 2 рази. Після цього підключають 4 лампи, які спалахують так, як і в першому випадку.

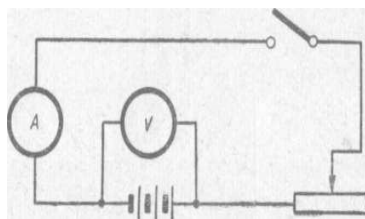
Таким чином, дослід показує залежність енергії зарядженого конденсатора від його ємності і різниці потенціалів.

Електричний струм

Під час пояснення матеріалу “Електричний струм. Електричне коло. Джерела і споживачі електричного струму. Послідовне і паралельне з’єднання” рекомендуємо нагадати учням досліди, які демонструвалися в 9 класі (див. журнал “Фізика для фізиків” № 2 2010 р.

Дослід 1. Закон Ома для повного кола

Аналізуючи формулу закону Ома для всього кола і ознайомлюючи учнів з поняттями електрорушійної сили та напруги на затискачах джерела струму, корисно проробити такий дослід. За схемою з батарейки кишенькового ліхтарика, вольтметра, амперметра, реостата з повзунком і ключа складають електричне коло; вводять половину опору реостата. При розімкненому зовнішньому колі спостерігають покази вольтметра. У цьому разі

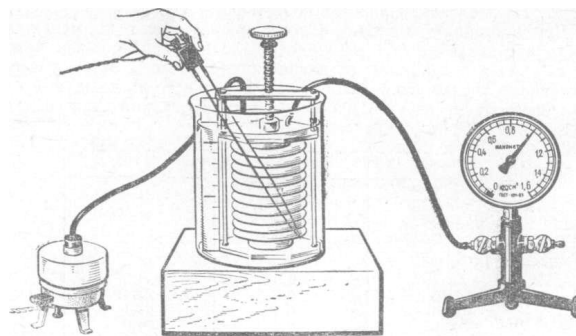


у манометра обидва крани і за допомогою гвинта розтягують або стискають циліндр так, щоб об’єм повітря в ньому став, наприклад, 7,5 ум.од. Потім закривають вільний кран манометра і приступають до демонстрації.

Кілька разів повільно змінюють об’єм повітря в приладі і спостерігають за показами манометра. Переконаються, що із зменшенням (або із збільшенням) об’єму тиск збільшується (або зменшується) в стільки ж разів. Результати вимірювань записують на класній дошці в таблицю. Одержані результати дають можливість зробити висновок, що при незмінній масі газу і постійній температурі добуток об’єму газу на тиск є величина постійна, тобто об’єм газу обернено пропорційний тиску.

Дослід 3. Ізобарний процес

Збирають установку за малюнком. Для цього циліндр змінного об’єму сполучають гумовою трубкою з демонстраційним манометром і поміщають в посудину з водою. У воду наперед кидають шматочки льоду або снігу, щоб температура повітря в циліндрі на початку досліду була 0 °С. Тиск повітря в циліндрі зручніше взяти рівним атмосферному, для чого циліндр на початку досліду сполучають із навколишнім середовищем, тобто відкривають обидва крани у манометра.



Коли повітря в циліндрі охолоне до 0 °С (у воду для контролю опускають на короткий час термометр електричного термометра), вільний кран манометра закривають. Записують початковий об’єм. Потім через воду пропускають пару або наливають гарячу воду. Тиск повітря всередині циліндра починає підвищуватися. Тоді змінюють за допомогою гвинта об’єм повітря в циліндрі так, щоб тиск залишався весь час постійним, рівним початковому. Ретельно перемішують воду в посудині і через кожні 5 °С вимірюють: за шкалою приладу об’єм повітря в циліндрі в умовних одиницях, а за допомогою електричного термометра температуру. Результати вимірювань записують на класній дошці в таблицю.

Для того, щоб скоротити час виконання досліду, треба охолоджувати воду льодом або снігом до початку уроку. Крім того, можна наперед приготувати гарячу воду і, підливаючи її в посудину з холодною водою, зробити декілька вимірювань об’єму повітря при різних температурах.

Дослід 4. Ізохорний процес

Наперед беруть об'єм циліндра 7–9 ум. од. і збирають установку, описану в попередньому досліді. Відкривають крани у демонстраційного манометра і опускають сифон у посудину з водою, в якій плавають шматочки льоду або снігу.

Коли циліндр і повітря, що міститься в ньому, охолоне до 0°C (для контролю опускають у воду на короткий час термометр електричного термометра), кран у манометра закривають.

Наливають у посудину гарячу воду. У міру нагрівання повітря, про що судять по демонстраційному електричному термометру, спостерігають за манометром поступове збільшення тиску в циліндрі. Через кожні 5°C з записують на класній дошці в таблицю температуру і тиск повітря. Роблять висновок, що при постійному об'ємі тиск повітря змінюється прямо пропорційно температурі.

Дослід 5. Залежність між об'ємом, тиском і температурою

Збирають установку за малюнком до досліду 3. Закривають вільний кран у манометра (він показує 1 атм.) і, не наливаючи спочатку воду в посудину, вимірюють за шкалою приладу об'єм повітря в циліндрі, а електричним термометром – температуру повітря (вона рівна кімнатній). Результати вимірювань записують на класній дошці в таблицю. Потім в посудину наливають теплу воду ($50\text{--}60^{\circ}\text{C}$) і довільно змінюють об'єм повітря в циліндрі за допомогою гвинта. Коли циліндр прогріється, знову вимірюють об'єм, тиск і температуру повітря. Результати вимірювань також записують в таблицю.

Нарешті, переносять циліндр в холодну воду (приблизно на 10°C нижче кімнатної) або міняють воду в посудині. Знову довільно змінюють об'єм повітря в циліндрі і вимірюють об'єм, тиск і температуру.

Користуючись одержаними результатами, обчислюють значення добутку тиску на об'єм, розділені на температуру для кожного стану. Переконаються, що всі три значення мало відрізняються один від одного, не дивлячись на значні зміни відповідних параметрів стану повітря.

Дослід 6. Властивості насиченої пари

Щоб показати залежність тиску насиченої пари від температури, одну з куль закріпленого в лапці штатива кип'ятильника Франкліна поливають гарячою, а другу холодною водою. Рівень води в першій кулі кип'ятильника при цьому знижується, а в другій – підвищується, що є наслідком збільшення тиску насиченої пари в першій кулі і зниження його в другій.

Якщо кип'ятильника Франкліна немає, дослід можна показати за допомогою саморобного приладу. У-подібну трубку приблизно наполовину наповнюють водою, яку кип'ятять протягом 2–3 хв, щоб витіснити з колін трубки повітря парою. Забирають пальник і швидко закривають обидва коліна гумовими корками. Очевидно, що простір над водою в обох колінах заповнений насиченою водяною

сполучають з корпусом електрометра, а нерухомі (статор) із стрижнем. За допомогою наелектризованої палички заряджають пластини статора конденсатора при повністю введених всередину рухомих пластин, так щоб стрілка електрометра відхилилася приблизно на 2–3 поділки. Помітивши положення стрілки, зменшують ємність конденсатора і спостерігають, як при незмінній величині заряду збільшуються покази електрометра. Потім знову вводять пластини ротора всередину, тобто збільшують ємність, і спостерігають, як стрілка електрометра приходить в початкове положення.

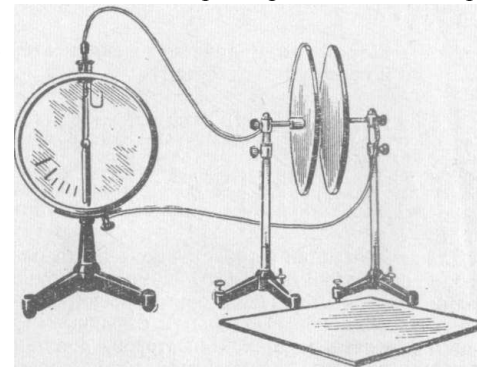
Дослід 6. Залежність ємності плоского конденсатора від площі пластин, відстані між ними та діелектричної проникності середовища

Збирають установку за малюнком. За допомогою гвинтів на ізолюючих штативах пластини конденсатора встановлюють паралельно одна одній і розсовують на відстань 2–3 см. До пластин приєднують електрометр.

Добре наелектризованою паличкою заряджають пластину, сполучену із стрижнем електрометра. Відхилення стрілки повинно бути приблизно до половини шкали. Потім, не міняючи відстані між пластинами, зсовують одну з них убік.

Звертають увагу учнів на збільшення показів електрометра, що свідчить про зменшення ємності конденсатора при зменшенні площі пластин, що взаємно перекривають одна одну.

Після цього демонструють залежність ємності конденсатора від зміни відстані між пластинами. Наближаючи або віддаляючи одну з пластин, стежать за показами електрометра. Із спостережень переконуються, що ємність конденсатора змінюється обернено пропорційно до відстані між пластинами.



Потім, залишивши відстань між пластинами незмінною, вносять в проміжок між ними діелектрики з різними діелектричними проникностями, наприклад пластини з органічного скла або ебоніту. Спостерігаючи за показами електрометра, роблять висновок про зміну ємності конденсатора при зміні діелектрика.

Дослід 7. Енергія зарядженого конденсатора

Збирають установку за малюнком. Від випрямлювача подають напругу близько 60 В. Включають половину ємності батареї (30 мкф) і заряджають її, замикаючи на короткий час коло зарядки перемикачем. Потім перемикають батарею на розрядку через одну лампу і спостерігають, як при цьому лампа не дуже яскраво спалахує.

Пояснюють учням, що електрична енергія зарядженого конденсатора

до кулі, гільза дістає від неї однойменний з кулею заряд і притягується до стержня; процес повторюється, і гільза коливається між кінцем стержня і кулею.

Дослід чітко виявляє відмінність між дією електричного поля на діелектрик і провідник.

Дослід 5. Будова і дія конденсатора постійної та змінної ємності

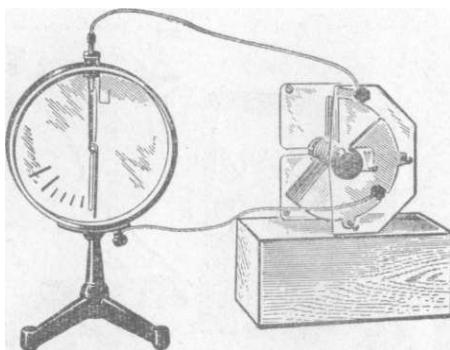
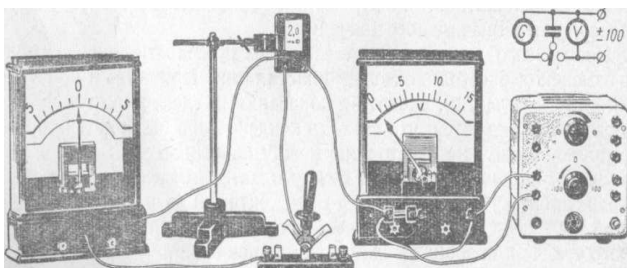
Для демонстрації конденсаторів постійної ємності зручно скористатися наступними конденсаторами: паперовим конденсатором великої ємності (2–4 мкф), електролітичним конденсатором і слюдяним. Спочатку показують загальний вид різних конденсаторів, а потім окремі деталі: обкладки, діелектрик, корпус, прохідні ізолятори.

Після ознайомлення з будовою конденсаторів заряджають конденсатор ємністю 2 мкф від джерела постійної напруги 50–100 В і розряджають його через гальванометр. При цьому пояснюють, що про величину електричного заряду можна судити не тільки за показами електрометра при відштовхуванні однойменних зарядів, але і за відхиленням стрілки гальванометра. Імпульс струму викликає відхилення стрілки гальванометра на деякий кут, пропорційний величині заряду, що пройшов через прилад.

Щоб переконатися в цьому, збирають установку, де як індикатор застосовується демонстраційний гальванометр від амперметра. Прилад включається в коло середнім контактом і контактом із знаком плюс. Вольтметр береться з шкалою на 15 поділок і включається з додатковим опором. Спочатку кілька разів заряджають і розряджають конденсатор при одній і тій же напрузі (наприклад, при 60 В) і показують, що стрілка гальванометра кожного

разу відхиляється на одне і те ж число поділок, наприклад на 4. Потім зменшують напругу в 2, 3, 4 рази, тобто надають конденсатору менші заряди, і спостерігають, що покази гальванометра теж стають в 2, 3, 4 рази менші, тобто вони пропорційні величині заряду при постійній ємності конденсатора.

Після цього показують будову і дію конденсатора змінної ємності. Рухомі пластини конденсатора (ротор)



парою і не містить повітря. Коли вода охолоне, прилад готовий до демонстрування. Його закріплюють в лапці штатива і поливають одне з колін гарячою, а друге холодною водою. Спостерігають явища, аналогічні до описаних для кип'ятильника Франкліна.

Нахиляючи трубку кип'ятильника Франкліна (U-подібну трубку), спостерігають, що рідина в обох кульках кип'ятильника (або в колінах саморобного приладу) встановлюється на однаковому горизонтальному рівні; отже, насичена пара при зміні об'єму не виявляє пружності і тиск її залишається незмінним.

Корисно взяти другу (таку, як у саморобного приладу) U-подібну трубку, наповнити її до половини водою і, закривши обидва коліна гумовими корками, показати, що повітря в них при нахиланні трубки виявляє пружність, зумовлену зміною об'єму, – вода в колінах не встановлюється на однаковому горизонтальному рівні.

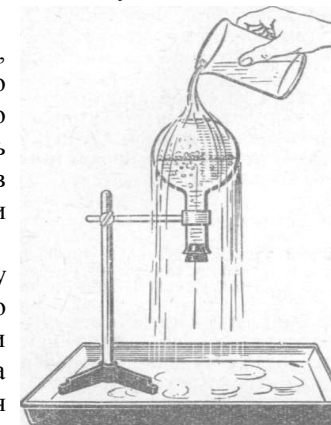
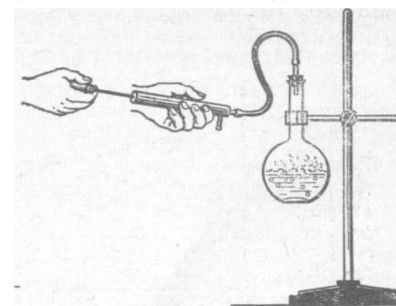
Дослід 7. Кипіння води за зниженого тиску

1. У круглодонній колбі, затисненій в лапці штатива і заповненій до половини водою, нагрівають воду до кипіння. Потім нагрівник забирають, а колбу щільно закривають корком, сполученим гумовою трубкою з повітряним насосом.

Через 1–2 хв, коли вода охолоне, ручним насосом викачують повітря і пари води. Тиск в колбі поступово зменшується, і вода бурхливо закипає. Якщо припинити викачування, то кипіння припиняється. Таким прийомом протягом 5 хв можна примусити воду кипіти кілька разів через різні проміжки часу. Дослід показує, що із зменшенням тиску вода кипить при зниженій температурі.

2. У круглодонну колбу, як в першому варіанті, наливають до половини воду і нагрівають її до кипіння. Потім, не знімаючи з нагрівника, швидко закривають колбу гумовим корком, перевертають горлом вниз і затискають в лапці штатива. Під штатив з колбою підставляють кювету для роботи з рідинами (деко).

Через 1–2 хв, коли вода трохи охолоне, колбу штучно охолоджують: поливають її холодною водою або накривають зверху мокрим рушником. При цьому тиск насиченої пари в колбі знижується і вода бурхливо закипає. Залишають колбу охолоджуватися



ще 3–5 хв. і знову повторюють дослід. Таким чином, можна примусити воду кипіти навіть при кімнатній температурі.

Колбу для цих дослідів треба брати круглодонну, оскільки плоскодонна часто не витримує тиску під час демонстрації. Щоб після другого дослідів вийняти з колби корок, який атмосферний тиск сильно втягує в шийку, треба воду в колбі нагрівати майже до кипіння.

Дослід 8. Будова і принцип дії психрометра

1. Психрометр і гігрометри відносяться до числа лабораторних приладів. З метою підготовки до фізичного практикуму на уроці треба познайомити учнів з призначенням і будовою цих приладів.

Знімають з нижньої частини психрометра оберігаючи металеву скобу і показують, що прилад складається з двох однакових термометрів, розміщених на панелі. Між термометрами закріплена скляна зігнута трубка для води, що закінчується внизу невеликою воронкою. Воронка розташована під одним з термометрів. Кулька цього термометра обгорнута марлею, кінець якої опущений у воронку і, таким чином, змочується водою.

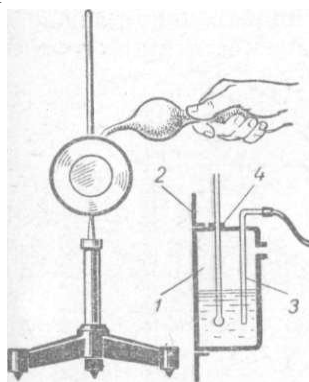
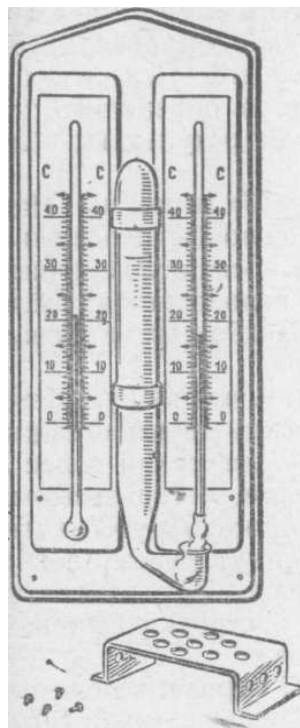
Щоб забезпечити тривале змочування термометра, скляну трубку наповнюють водою. Вода у міру випаровування безперервно поступатиме з трубки у воронку, а потім через марлю до термометра.

Звертають увагу учнів на те, що підвішувати психрометр треба в такому місці, де є потік повітря (на протязі). Крім того, треба стежити, щоб вода змочувала всю марлю, що охоплює кульку термометра.

Після цього, зробивши відліки за сухим і змоченим термометром і, обчисливши різницю температур, показують учням, як користуватися психрометричною таблицею для знаходження відносної вологості повітря.

2. Користуючись малюнком, розглядають спочатку будову шкільного гігрометра. Звертають увагу учнів, що камера 1 відділена від полірованого кільця 2 теплоізолюючою прокладкою.

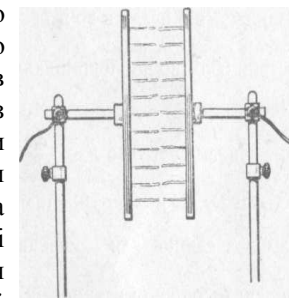
Після цього наливають в камеру небагато спирту. За допомогою гумової груші починають продувати повітря і спостерігають, як поверхня камери поступово покривається нальотом роси: вона стає



радіальне розташування паперових смужок (мал. а). Потім заряджають обидва султани однойменними (мал. б) і різнойменними зарядами (мал. в) і показують викривлення смужок при відштовхуванні і притяганні.

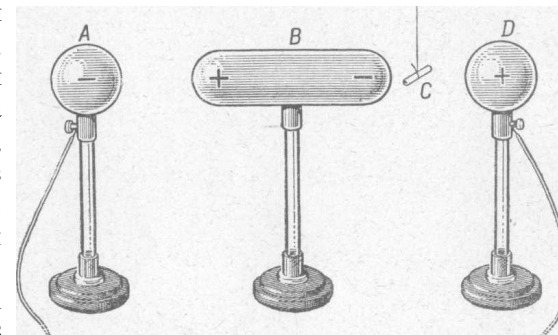
Дослід 3. Електричне поле двох заряджених пластин

Для демонстрації однорідного електричного поля між двома зарядженими пластинами користуються дисками розбірного конденсатора, закріпленими на ізолюючих штативах. Заздалегідь вирізають з щільного паперу круги за розмірами дисків і прикріплюють їх до дисків канцелярськими скріпками. На поверхні кругів приклеюють одним кінцем по 10–15 вузьких смужок з цигаркового паперу завдовжки 10–12 см. Встановивши диски на відстань, дещо більшу подвійної довжини паперових смужок, сполучають пластини конденсатора з кондукторами електрофорної машини. При обертанні машини всі смужки витягуються і розташовуються горизонтально, показуючи напрям силових ліній електричного поля між двома зарядженими пластинами.



Дослід 4. Провідники і діелектрики в електричному полі

Між двома ізольованими металевими кулями А і D, сполученими з кондукторами високовольтного генератора (або електрофорної машини), встановлюють стержень В з діелектрика (плексигласу, ебоніту тощо) діаметром 1–2 см і довжиною 10–15 см. Між однією з куль А або D і відповідним кінцем стержня В (трохи ближче до останнього) підвішують на ізолювальній нитці гільзу С з цигаркового паперу.



Подають на кулі напругу і спостерігають притягання гільзи до кінця стержня В, що поляризується в утвореному електричному полі. Оскільки заряди поляризованого діелектрика зв'язані, то гільза після притягання до стержня залишається нерухомою.

Якщо стержень з діелектрика замінити приблизно таким самим за розмірами металевим стержнем на ізоляційній підставці або обгорнути стержень з діелектрика станіолом і повторити дослід, то гільза коливатиметься між кінцем стержня і кулею. Діставши від стержня (дотиканням до нього) індукований різнойменний із зарядом кулі заряд, гільза відштовхується від стержня і притягується до кулі. Доторкнувшись

11 клас

Електричне поле

Дослід 1. Будова і дія електроскопа

Для дослідів з електростатики використовують електроскоп з паперовими листочками і набір, що складається з двох однакових електрометрів з алюмінієвими майже зрівноваженими стрілками, які обертаються в підшипниках.

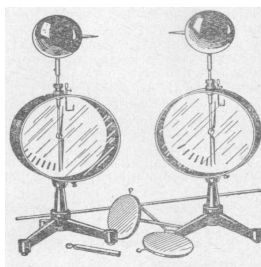
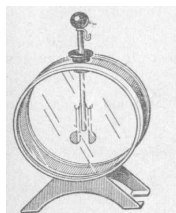
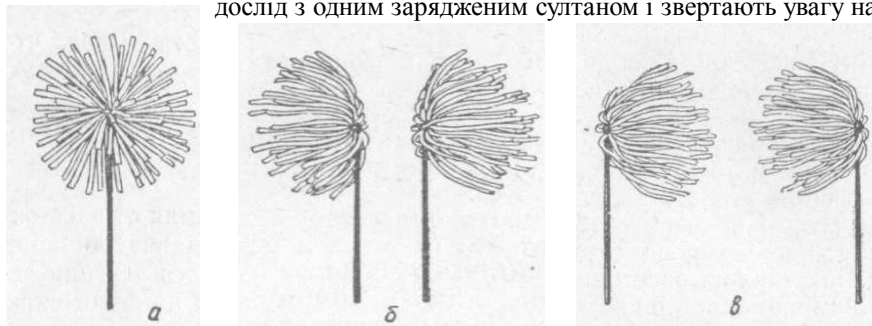
До електрометрів додаються такі деталі:

1. Дві знімні металеві нікельовані кулі з отворами вгорі.
2. Дві конденсаторні круглі пластини, одну з поверхонь кожної з яких покрито ізоляційним лаком. Одна з пластин має муфту з гвинтовим затискачем для закріплення на стержні електрометра, а друга – ізоляційну ручку.
3. Два вістря, що можуть бути вставлені в спеціальні отвори в бічних стінках куль.
4. З'єднувальна дротина-місток з ізоляційною ручкою.
5. Пробна металева кулька з ізоляційною ручкою.

Ознайомивши учнів з будовою і призначенням деталей електроскопа та електрометра, треба продемонструвати їх дію. Для цього кулю електроскопа (або електрометра) заряджають, сполучаючи її з кондуктором високовольтного генератора або проводячи по ній кілька разів наелектризованою паличкою. Спостерігають відхилення листочків електроскопа (або стрілки електрометра).

Дослід 2. Електричне поле заряджених кульок

Проста демонстрація електричних силових ліній виконується за допомогою султанів, які встановлюються на ізолюючих штативах і заряджаються добре наелектризованою паличкою або від електрофорної машини. Спочатку показують дослід з одним зарядженим султаном і звертають увагу на



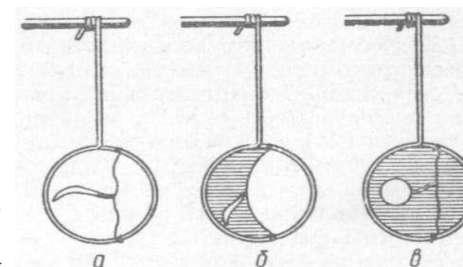
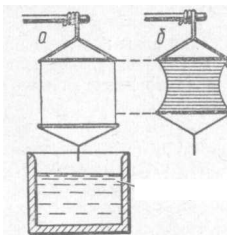
темнішою за світле кільце, що оточує камеру. Потім припиняють продування повітря і стежать за поступовим зникненням роси.

Звертають увагу учнів, що помітити момент зникнення нальоту і повного відновлення дзеркальної поверхні камери зручніше, ніж його появу. В цьому випадку результати виходять точнішими.

На уроці треба визначити точку роси і показати, як користуватися таблицею тиску насиченої пари.

Дослід 9. Скорочення поверхні мильних плівок

Вивчення явища поверхневого натягу проводиться на дослідах з мильними плівками на каркасах. Для цього підвішують на штативі «гойдалки», тобто дві прямі дротини діаметром 0,3 мм і завдовжки приблизно 50 мм, заздалегідь зв'язані між собою тонкими нитками, як показано на малюнку а. Потім підносять знизу плоскопаралельну кювету або хімічну склянку з мильним розчином, щоб весь каркас занурився в розчин. Поволі опускають вниз кювету і одержують між дротинами і нитками суцільну мильну плівку. Звертають увагу учнів, що нижня дротина «гойдалок» помітно піднялася вгору, а бічні нитки прийняли форму дуг (мал. б).



Якщо злегка потягнути за нижню нитку, плівка розтягнеться і каркас знову прийме вид правильного прямокутника. Якщо ж нитку опустити, то внаслідок скорочення поверхні плівка знову прийме форму, вказану на малюнку б.

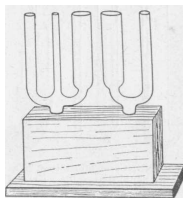
Замінюють «гойдалки» каркасом у вигляді кільця, до якого прив'язана без натягу тонка (краща шовкова) нитка з петелькою в середній частині (мал. а). Як і в попередньому досліді, одержують на поверхні кільця суцільну мильну плівку. Потім проривають її, наприклад, в правій частині і знову бачать значне зменшення поверхні плівки: нитка приймає форму дуги кола (мал. б).

Можна повторити дослід, але прорвати плівку усередині нитяної петельки, тоді утворюється правильне коло (мал. в).

Ці досліди переконують учнів у наявності поверхневого натягу. Плівка у всіх випадках приймає мінімальну поверхню, і сили поверхневого натягу завжди направлені перпендикулярно до будь-якого елементу контура, що обмежує плівку.

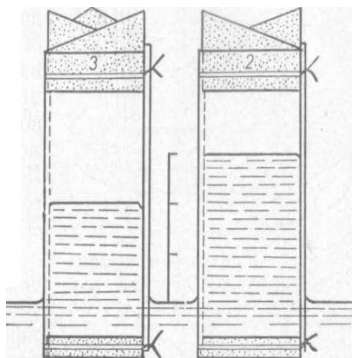
Дослід 10. Капілярне піднімання рідини

1. Капілярні трубки з водою можна продемонструвати за допомогою фабричного набору капілярів. У три сполучені посудини, з яких одна широка, а дві є капілярами, піпеткою наливають стільки забарвленої води, щоб її рівень у найтоншому капілярі не дійшов до верху.

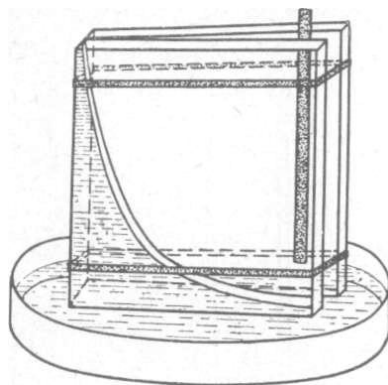


2. У побуті ми часто зустрічаємося з проявами капілярності не тільки в трубках, а й у щілинах між площинами. Це явище можна продемонструвати так.

Між вузькими краями двох скляних пластинок (розміром 10 x 4 см) розміщують по 2–3 смужки паперу із зошита, утворюючи між пластинками щілину шириною близько 0,2 мм. Пластинки щільно зв'язують нитками (або гумовими кільцями) і встановлюють у посудину із забарвленою водою. Щоб обчислити відстань між пластинками, кінчики верхніх вкладок треба випустити з щілини так, щоб їх можна було перелічити.



3. Дві скляні пластинки складають так, щоб між ними утворився двогранний кут; для цього між пластинками затискують вузьку смужку гуми завтовшки 2–3 мм і скріплюють пластинки по краях гумовими кільцями або зв'язують нитками. На підйомному столику встановлюють плоску скляну посудину (кристалізатор, чашку Петрі або блюдце), наливають у неї забарвленої води, вставляють у воду скляні пластинки і спостерігають піднімання води між ними. Поверхня води між пластинками розташовується по гіперболі, а висота піднімання залежить від віддалі між ними. Це можна показати, змінюючи товщину гумових смужок між пластинками.

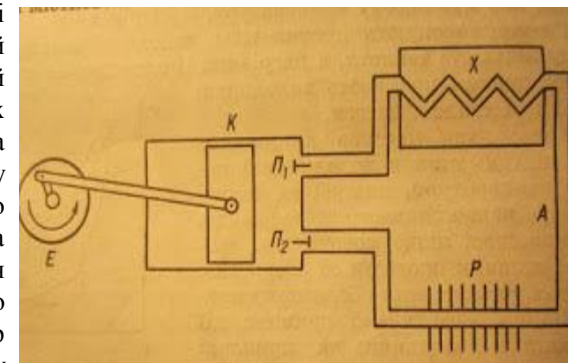


Пластинки розглядають на фоні білого переносного настільного або освітленого ззаду матового екрана. Їх можна вийняти з води і показати на екрані в тіншовій проекції.

Перед дослідом пластинки треба старанно знежирити і промити; брати їх руками після цього можна тільки за краї.

Дослід 5. Будова холодильної машини

У лівій частині холодильника є невеликий компресор К, який приводиться в рух електродвигуном Е. Система холодильного агрегату заповнюється робочою речовиною – рідиною, яка легко випаровується (найчастіше це аміак або фреон). Компресор холодильника засмоктує пару



фреону з кожуха компресора через клапан П1. Канал, яким циркулює фреон, має звуження у вигляді трубки – капіляра А. Під час руху потоку фреону на кінцях капіляра виникає велика різниця тисків, яка необхідна, з одного боку, для збереження високого тиску в конденсаторі, який би не давав рідині можливості випаровуватися в його трубках, а з другого боку, для забезпечення малого тиску у випарнику, що обумовлювало б інтенсивне випаровування поступачої в нього рідини.

Компресор стискає пару фреону і виштовхує її через клапан П2 в конденсатор Р. Робота, виконана компресором при стисканні, збільшує внутрішню енергію фреону, оскільки стискання проходить швидко, майже адіабатно. Температура стиснутого фреону зростає. Для охолодження фреону конденсатор забезпечений радіатором (Р). Радіатор – металева поверхня великої площі, яка має добрий тепловий контакт з трубкою, якою тече фреон. Радіатор охолоджується повітрям кімнатної температури. Фреон віддає певну кількість теплоти радіатору, охолоджується і конденсується. Температура фреону наближається до кімнатної.

Потім фреон просочується через капіляр А. За капіляром міститься змійовик, прокладений в стінках охолоджуваного об'єму Х. Оскільки по другий бік капіляра тиск нижчий, то фреон, який проник сюди, випаровується. На випаровування затрачається певна кількість теплоти, яка відбирається від стінок холодильної камери і від предметів, які в ній містяться. Ця кількість теплоти плюс кількість теплоти, яка виділяється за рахунок роботи двигуна, виконаної над газом за цикл, віддається повітрю кімнати. В результаті цього температура всередині холодильника знижується, а в кімнаті підвищується. Холодильник працює мов насос, перекачуючи внутрішню енергію від одного тіла – холодильної камери – до другого – радіатора, де енергія віддається навколишньому повітрю.

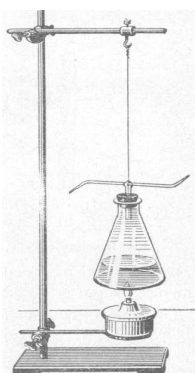
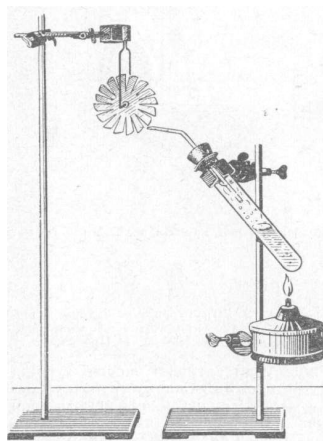
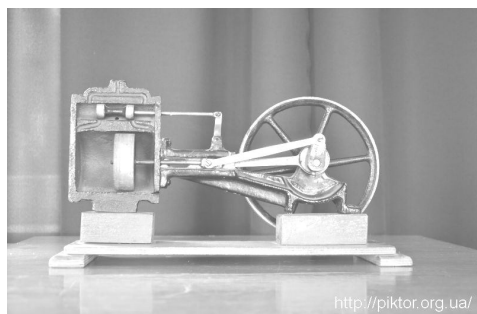
ставлять спиртівку: полум'я спиртівки повинне торкатися трубки.

Через деякий час вода в трубці нагріється, тиск пари сильно зростає і корок з шумом вилетить з трубки. Учням пояснюють, що здійснена парою робота виконувалася за рахунок енергії палива (згоряння спирту). Подібне перетворення енергії палива в механічну енергію відбувається в теплових двигунах.

2. Для демонстрування принципу дії активної парової турбіни складають установку, зображену на малюнку. Скляну трубочку (діаметром 3–4 мм) у вигляді букви Г пропускають крізь отвір у корку, яким закривають пробірку з наливою в неї водою (4–5 мл). Прилад закріплюють на штативі. Поблизу відтягнутого кінця трубочки встановлюють крильчатку, виготовлену з цупкого паперу або жерсті. Віссю турбіни є голка або дротинка, що обертається в двох "підшипниках" – дротяних кілечках. Струміння пари, який виходить із сопла (відтягнутого кінця трубочки), обертає турбіну із значною швидкістю.

3. Для демонстрування принципу дії реактивної турбіни дві скляні трубки, зігнуті під кутом пропускають крізь отвори в корку, яким закривають колбу з наливою в неї гарячою водою. Колбу підвішують на довгій нитці до штатива (найкраще взяти дві паралельні нитки, розташовані на віддалі 3–4 мм). При нагріванні колби пара, що виходить з кінців трубок, примушує прилад обертатись у напрямі, протилежному напрямку витікання пари.

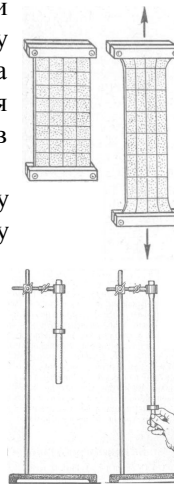
Дослід 4. Моделі різних видів теплових двигунів



Дослід 12. Види деформацій

1. Деформація розтягу і стиску

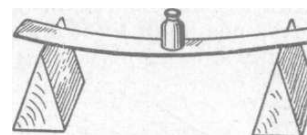
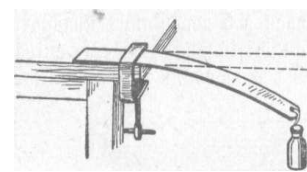
а) Короткі сторони смужки тонкої листової гуми затискають за допомогою шурупів між двома дерев'яними планками. Поверхню смужки фарбою розділяють на квадрати з стороною 2 см. Смужку розтягують і спостерігають, що квадрати перетворилися на прямокутники, смужка стала вужчою і видовжилася. Після припинення дії деформуючої сили форма квадратиків відновлюється.



б) Видовження і одночасне зменшення поперечного розміру при деформації розтягу можна показати й інакше. На середину куску товстостінної гумової трубки натягують металеву шайбу з таким отвором, щоб трубка щільно входила в неї. Трубку розтягують і показують, що вона стає при цьому тоншою і довшою, внаслідок чого шайба перестає триматися на ній і опускається донизу. Припинивши розтягування, трубку перевертають і показують, що шайба залишається на місці (у верхній частині трубки), оскільки форма трубки відновилася. Після цього дослід повторюють.

2. Деформація згину

Насамперед демонструють учням два види деформації згину. Стальну лінійку прикручують струбчинкою до краю стола або підйомного столика, а потім кладуть на два підйомні столики. Користуючись цими установками, наводять учням приклади деформацій з техніки, пояснюють міру деформації згину, яка називається стрілою прогину.



3. Деформація зсуву і кручення

При вивченні деформації зсуву і кручення можна використати фабричний прилад для демонстрування пружних деформацій. Для демонстрування нижню дощечку приладу притискають рукою до стола і, взявшись за верхню, зсувають (деформація зсуву) або прокручують (деформація кручення) дощечки одну відносно одної в паралельних площинах.



Дослід 13. Вирощування кристалів

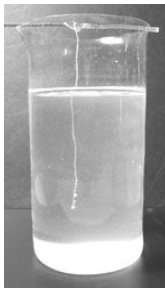
Для вирощування кристалів потрібно скляна банка, дріт, нитка і необхідний запас солі, кристали якої ви збираєтеся вирощувати. Дуже ефектно виглядають кристали мідного купоросу яскраво-синього кольору, хороші і безбарвні кубики харчової солі.

Спочатку готують як можна більш концентрований розчин вибраної солі.

вносячи сіль до склянки з водою до тих пір, поки чергова порція солі не перестане розчинятися при перемішуванні. Після цього злегка підігривають суміш аби добитися повного розчинення солі. Для цього склянку ставлять в каструлю з теплою водою.

Отриманий концентрований розчин переливають в банку або хімічний стакан; туди ж за допомогою дрітної перемички (можна також зробити перемичку із стержня кулькової ручки) підвішують на нитці кристалічну "приманку" – маленький кристал тієї ж солі – так, щоб він був занурений в розчин. На цій "приманці" і буде зростати майбутній експонат вашої колекції кристалів.

Через три доби після початку досліду нитка, опущена в насичений розчин, перетворюється на "намисто" з кристалів хлориду натрію. Посудину з розчином ставлять у відкритому вигляді в тепле місце. Коли кристал виросте чималим, виймають його з розчину, обсушують м'якою ганчіркою або паперовою серветкою, обрізають нитку і покривають грані кристала безбарвним лаком, аби оберекти від "вивітрювання" на повітрі.



Основи термодинаміки

Дослід 1. Зміна внутрішньої енергії тіла внаслідок виконання роботи

1. Кусочок заліза кладуть на дерев'яний брусочок і свердлять деякий час. Щоб показати, що залізо нагрілося, до нього прикладають датчик напівпровідникового термометра, підготовленого для вимірювання температур від 0 до 40°.

2. Універсальний електродвигун закріплюють у тринозі універсального штатива і вмикають його в мережу. Кінець вала двигуна обгортають смужкою гнучкого картону, затискуючи її кінці пальцями і трохи натягуючи. До смужки прикладають датчик напівпровідникового термометра, який показує значне підвищення температури.

Якщо дослід повторити, густо змастивши перед цим картон і виступаючий кінець вала технічним вазеліном, то картон при обертанні вала майже не нагрівається. Цей дослід добре ілюструє значення мащення підшипників.

3. Для цього досліду підбирають товстостінну склянку з достатньо широкими тубусом і горловиною. Горловину і тубус щільно закривають гумовими корками. Через першу пропускають невеликий скляний патрубок, через другу – два кінці від термопари. Патрубок сполучають з насосом, а термопару через підсилювач – з гальванометром.

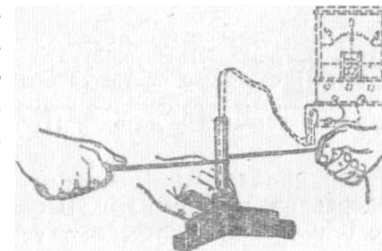
Потім насосом нагнітають в склянку повітря. Звертають увагу, що усередині склянки при цьому ніяких помітних змін не відбувається. Стрілка ж гальванометра відхиляється вправо,



показуючи підвищення температури. Роблять ще декілька рухів ручкою насоса і помічають ще більше відхилення стрілки. Приходять до висновку, що при здійсненні роботи по стисненню повітря відбувається його нагрівання – внутрішня енергія повітря збільшується.

4. Демонструють дослід з нагріванням металеві трубки під час тертя шнуром. Тонкостінну латунну трубку міцно затискають в тринозі універсального штатива. Обернувши один раз навколо трубки міцний м'який шнур, беруться удвох за його кінці. Притримуючи рукою триногу, натирають трубку шнуром, швидко по черзі витягаючи шнур.

Для спостереження за нагріванням слід скористатися термопарою, помістивши її всередину трубки.



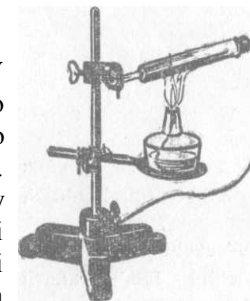
Дослід 2. Необоротність теплових процесів

Досвід показує, що теплові явища майже завжди володіють властивістю необоротності. Так, наприклад, якщо поряд знаходяться два тіла, з яких одне тепліше за інше, то їх температури поступово вирівнюються, тобто тепло "само собою" перетікає від теплішого тіла до холоднішого. Проте зворотний перехід теплоти від холоднішого тіла до нагрітого, який може бути здійснений в холодильній машині, не йде "сам собою". Для здійснення такого процесу потрібна витрата енергії ще якого-небудь тіла, що приводить до зміни стану цього тіла. Отже, умови оборотності не виконуються.

Шматочок цукру, вміщений в гарячий чай, розчиняється в ньому, але ніколи не буває, щоб з гарячого чаю, в якому вже розчинений шматочок цукру, він виділився і знов зібрався у вигляді шматочка. Звичайно, одержати цукор, випарувавши його з розчину, можна. Але цей процес супроводжується змінами в навколишніх тілах, що свідчить про необоротність процесу розчинення. Необоротним є і процес дифузії. І взагалі прикладів необоротних процесів можна навести досить багато. По суті, будь-який процес, що протікає в природі в реальних умовах, є необоротним.

Дослід 3. Принцип дії теплового двигуна

1. Установка для досліду збирається за малюнком. У металеву трубку наливають 3–4 мл води і щільно закривають гумовим корком, якого корисно прив'язати до штатива міцною ниткою завдовжки приблизно 50–60 см. Трубку закріплюють в муфті штатива в дещо похилому положенні, щоб вода в ній виявилася не на дні і розташувалася уздовж бічної стінки для зручності нагрівання. Під трубку на металевому кільці штатива



Рівненський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти
Схвалено до друку радою кабінету природничо-математичних предметів,
технологій РОІППО
(протокол № 3 від 13.06.2014 р.)

Фізика для фізиків

Демонстраційний експеримент у 10 - 11 класах

Навчально-методичне видання.
Серія

спецвипуск № 8

Кабінет редакційно-видавничої діяльності та друкованої пропаганди
передового педагогічного досвіду РОІППО

Редактор А.Б.Трофімчук
Комп'ютерна верстка А.Б.Трофімчук

**Демонстраційний експеримент
у 10 - 11 класах**

Здано до набору 08.07.2014 р. Підп.до друку 22.07.2013 р. Формат 60 84/16. Папір газетний.
Офсетний друк. Обл.-вид.арк.5,3. Тираж 500 пр. Ціна договірна. Віддруковано в ПП "Прінт-
Експрес". 33000, м. Рівне, вул. Петлюри 4/6, тел./факс 63-38-90.