

# ЗМІСТ

## МЕХАНІКА

<b>1. ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ.....</b>	<b>6</b>
1. Відносність руху.	
2. Додавання переміщень, напрямлених під кутом одне до одного.	
3. Падіння тіл в повітрі і в розрідженому просторі. Трубка Ньютона.	
4. Падіння крапель в стробоскопічному освітленні	
5. Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою маятника.	
<b>2. ЗАКОНИ НЬЮТОНА. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ НЬЮТОНА..</b>	<b>12</b>
1. Інертність тіл.	
2. Сила. Другий закон Ньютона.	
3. Третій закон Ньютона.	
4. Рух тіла під дією сили пружності.	
5. Рух тіл під дією кількох сил.	
6. Рух тіла, кинутого горизонтально.	
7. Відцентрові механізми. Модель центрифуги.	
<b>3. ОСНОВИ СТАТИКИ .....</b>	<b>18</b>
1. Додавання сил.	
2. Розкладання сили, прикладеної до кронштейна.	
3. Розкладання сили на дві паралельні складові.	
4. Центр мас і дослідне його визначення.	
5. Види рівноваги і стійкості тіла.	
6. Рівновага сил на механізмах.	
<b>4. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ.....</b>	<b>24</b>
1. Миттєва і тривала дія сили .	
2. Закон збереження імпульсу.	
3. Реактивний рух.	
4. Перетворення енергії: перехід потенціальної енергії в кінетичну і навпаки. Маятник Максвелла.	
<b>5. МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ.....</b>	<b>28</b>
1. Вільні коливання.	
2. Маятник Максвелла.	
3. Незалежність періоду коливань нитяного маятника.	

4. Залежність періоду коливань нитяного маятника від його довжини.
5. Незалежність періоду коливань вертикального пружинного маятника від амплітуди.
6. Залежність періоду коливань вертикального пружинного маятника від його маси.
7. Записування коливань. Маятник Айрі.
8. Резонанс.
9. Поширення поперечних і поздовжніх хвиль. Хвильова машина.
10. Утворення звуку в зубчастій сирені.
11. Явище звукового резонансу.

## **МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА**

### **6. ТИСК. ГІДРОСТАТИКА.....39**

1. Передача тиску рідинами і газами. Закон Паскаля.
2. Сполучені посудини .
3. Будова і дія всмоктувального і нагнітального водяних насосів.
4. Демонстрування закону Архімеда, використовуючи відерце Архімеда.
5. Умови плавання тіл. «Картезіанський водолаз» .

### **7. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ.....44**

1. Рух молекул.
2. Існування міжмолекулярної взаємодії.
3. Існування міжмолекулярних проміжків.
4. Залежність між об'ємом, тиском і температурою деякої маси газу.

### **8. ВЛАСТИВОСТІ РІДИН І ТВЕРДИХ ТІЛ РІДИН І ГАЗІВ.....49**

1. Поверхневий натяг рідини. Утворення мильних плівок на каркасах:
2. Залежність температури кипіння рідини від тиску.
3. Насичена і ненасичена пара.
4. Капілярні явища в природі і техніці.

# МЕХАНІКА

## ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

### ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

### ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Відносність руху
2. Додавання переміщень, напрямлених під кутом одне до одного.
3. Падіння тіл в повітрі і в розрідженому просторі .
4. Падіння крапель в стробоскопічному освітленні .
5. Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою маятника.

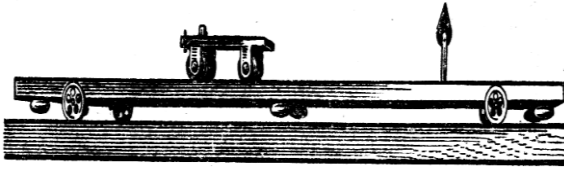
### ХІД РОБОТИ

#### 1. Відносність руху

**Обладнання:** дошка на чотирьох роликах; візок і стрілка-показчик; модель підйомного крана.

На дошці, яка може легко пересуватися на роликах вздовж демонстраційного стола, встановлюють візочок, який в свою чергу можна пересувати уздовж дошки (*мал.1.1*). Досліди з цією установкою повинні служити ілюстрацією до розповіді про відносність руху і спокою.

Пересуваючи візок вздовж нерухомої дошки, показують, що рух візка виявляється тільки завдяки зміні її положення відносно навколишніх предметів, зокрема відносно дошки. Однак і положення дошки змінюється щодо візка, – отже, можна вважати, що і дошка знаходиться в русі відносно візка.



*Мал. 1.1. Відносність руху і спокою.*

Проведений дослід показує, що будь-який рух відносний: тіла рухаються відносно один одного. Спокій також відносний: дошка нерухома відносно столу, але рухається відносно візка.

Помістивши покажчик в якості тіла відліку то на стіл, то на дошку, то на візок, проводять такі досліди:

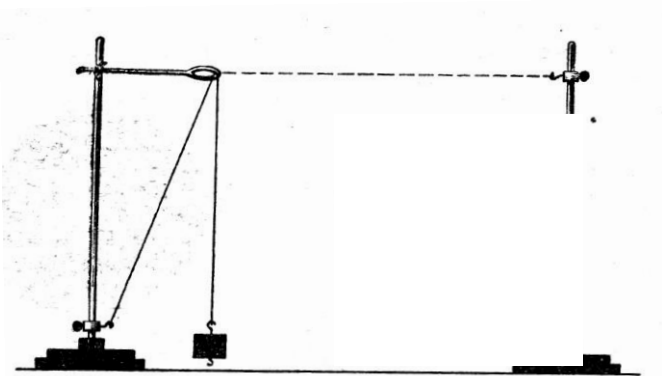
1. пересувають візок уздовж дошки, яка нерухома відносно стола;
2. притримуючи візок, пересувають під ним дошку вздовж стола;
3. пересувають дошку з нерухомим на ній візком;
4. рухаючи дошку вздовж стола, пересувають уздовж дошки і візок в ту ж сторону.

При проведенні кожного з цих дослідів виявляють рух стола, дошки і візка відносно спостерігача, що знаходиться то в одному, то в іншому місці.

## **2. Додавання переміщень, напрямлених під кутом одне до одного.**

**Обладнання:** дошка на чотирьох роliках; візок і стрілка-покажчик (3 шт.); штатив універсальний; вантаж на нитці; диск для дослідів по оберտальному русі.

Установка для демонстрації двох переміщень, напрямлених під кутом, зображена на *мал. 2.1.*



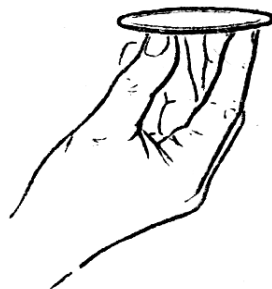
**Мал.2.1. Додавання переміщень, напрямлених під кутом один до одного.**

Спочатку показують рух штатива з вантажем паралельно площині стола. Для цього закріплюють нитку за гачок у основі штатива і рухають штатив з вантажем вліво вздовж стола. Потім повертають штатив в початкове положення і, підтягуючи нитку, показують рух вантажу щодо штатива. Для демонстрації сумарного переміщення нитку закріплюють за гачок другого штатива і знову рухають штатив з вантажем вліво вздовж стола. Переміщаючись разом зі штативом і одночасно піднімаючись вгору, вантаж здійснює переміщення по похилій прямій. Після цього спостерігаються переміщення зображені на дошці у вигляді векторного трикутника.

### **3. Падіння тіл в повітрі і в розрідженому просторі. Трубка Ньютона.**

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

а) Беруть в одну руку металевий диск, а в іншу паперовий і одночасно їх відпускають. Після того як металевий диск торкнеться стола, паперовий ще продовжуватиме падати і досягне стола з великим запізненням. Потім кладуть на руку горизонтально металевий диск і накладають на нього паперовий (*мал. 3.1*). Відпускають диски; вони, зберігаючи горизонтальне положення, падають на стіл разом. Цей дослід показує, що причиною неоднозначності падіння тіл є опір повітря. Достатньо його усунути, легкий паперовий кружок падає так само, як і металевий, для якого опір повітря малий порівняно з силою тяжіння.



**Мал. 3.1. Металевий і паперовий диски перед пуском**

Металевий кружок (діаметр 6-10 см) для цього досліду можна вирізати з будь-якого металу. Діаметр паперового кружка на 1-2 мм менше.

б) У трубці Ньютона (*мал.3.2*) відкривають кран і, тримаючи її в вертикальному положенні краном доверху, звертають увагу учнів на пташине перо, пробку і шматок свинцю, що лежать на дні приладу.

При швидкому обертанні трубки краном вниз (це потрібно повторити 2-3 рази) чути удар свинцевого важка, потім видно, як падає пробка і повільно опускається пір'їнка.

Далі з'єднують товстостінним гумовим шлангом вакуумнасос з вакуумметром, а вакуумметр – з трубкою Ньютона і відкачують повітря. Коли стрілка вакуумметра більше не буде переміщатися, то кран трубки Ньютона закривають.



*Мал. 3.2. Трубка Ньютона.*

Знявши гумовий шланг, знову обертають трубку 2-3 рази. Учні чують стук шматочка свинцю і спостерігають одночасне з ним падіння пір'їнки і пробки.

#### **4. Падіння крапель в стробоскопічному освітленні.**

**Обладнання:** електронний стробоскоп, склянка з тубусом внизу, кран з наконечником, кристалізатором, штатив універсальний, підйомний столик.

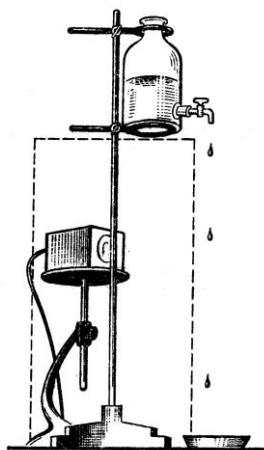
Установка для проведення досліду зображена на *мал. 4.1*. На штативі (як можна вище) закріплюють склянку з водою, що має внизу тубус і кран. Діаметр отвору у крана не повинен бути більше 1-2 мм; в іншому випадку до крана потрібно приєднати наконечник від очної піпетки. Відстань від наконечника до стоячого під ним кристалізатора, близько 50 см.

Для освітлення крапель установлюють на підйомному столику ззаду і трохи збоку електронний стробоскоп, настроєний на частоту близько 10 спалахів в секунду. При такій частоті установка дає найкращий ефект, так

як дозволяє спостерігати тільки три краплі, що здаються висячими в повітрі. Відстані між краплями (починаючи від крана) приблизно 5, 15, 25 см.

Щоб світло стробоскопа не заважало спостереженню, до штатива прикріплюють прямокутний шматок картону на відстані 3-4 см від падаючих крапель, як показано на малюнок пунктиром.

Встановивши вказану вище частоту спалахів, відкривають кран, домагаючись уявній нерухомості крапель, а іще краще повільного руху їх вгору або вниз. Коли крапля повільно рухається вгору, настає момент, коли верхня крапля наче досягає крана. В цей момент особливо явно видно, що відстань між краплями пропорційна числам 1, 3, 5.



*Мал. 4.1. Установка для спостереження падіння крапель при стробоскопічному освітленні.*

Перед дослідом кран повинен бути змазаний і мати абсолютно вільний хід, інакше отримати очікуваний ефект важко. Регулювати так званий рух крапель можна і зміною частоти спалахів стробоскопа. Однак при цьому буде змінюватися не тільки напрямок руху крапель, але відстань між краплями.

## **5. Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою маятника.**

**Обладнання:** математичний маятник із змінною довжиною нитки, масштабна лінійка, годинник.

Період коливань математичного маятника визначається за формулою

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

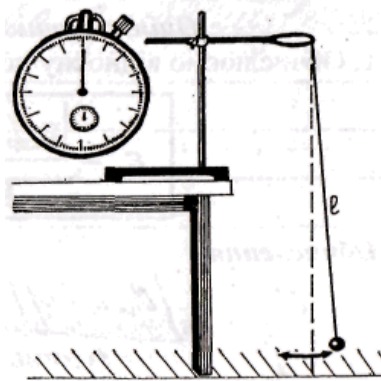
де  $T$  – період коливань,  $l$  – довжина маятника,  $g$  – прискорення вільного падіння. З цієї формули можна визначити прискорення вільного падіння:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$

Коли виміряно час  $t$  певної кількості коливань  $n$ , то

$$g = \frac{4\pi^2 ln^2}{t^2}.$$

Визначити і записати характеристики засобів вимірювання, що використовуються в роботі.



*Мал.5.1. Математичний маятник.*

Виміряти стрічкою довжину нитки маятника. Вимірювання виконати три-чотири рази. Результати вимірювань записати. Обережно відхиливши маятник на невеликий кут (на 5-8 см від положення рівноваги), відпустити його. Якщо коливання відбуваються в одній площині, то пропустивши кілька коливань, пустити в хід секундомір, при чому саме тоді, коли маятник проходить положення рівноваги.

Відлічивши 50 коливань, зупинити секундомір і зняти його покази. Вимірювання часу 50 коливань провести три-чотири рази. При цьому наступні відліки коливань проводити, не зупиняючи маятника після попередніх відліків. Записати результати вимірювань.

Обчислити прискорення вільного падіння. Результати вимірювань обробити із строгим обліком похибок.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що спільного і відмінного в поняттях шлях і переміщення ?
2. Що спільного і відмінного у поняттях швидкість, миттєва швидкість, середня швидкість ?
3. Дайте означення прискорення. Чи можна говорити про миттєве прискорення, середнє прискорення, прискорення при рівномірному русі.
4. Який напрям має прискорення ? Як можна виміряти швидкість, прискорення ? Які способи запису рухів Ви знаєте?



# ЗАКОНИ НЬЮТОНА. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ НЬЮТОНА

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

## ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Інертність тіл.
2. Сила. Другий закон Ньютона.
3. Третій закон Ньютона.
4. Рух тіла під дією сили пружності.
5. Рух тіл під дією кількох сил.
6. Рух тіла, кинутого горизонтально.
7. Відцентрові механізми. Модель центрифуги.

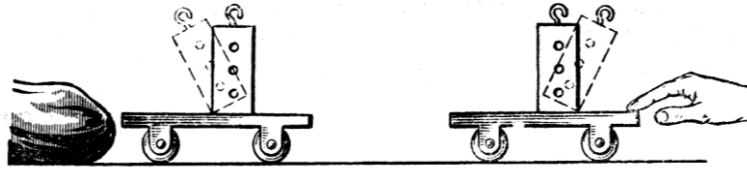
## ХІД РОБОТИ

### 1. Інертність тіл.

**Обладнання:** візочок, брусок дерев'яний, невеликий мішок з піском.

Для проведення досліду скористаємося візочком від приладу по кінематиці і динаміці з вертикально розташованим на ньому дерев'яним бруском (*мал.1.1*). Різким поштовхом візочок приводять в рух, при цьому брусок перекидається. Вернувши візочок в початкове положення, знову встановлюють на ньому брусок і плавно розганяють вздовж стола.

Наштовхнувшись на перешкоду, візочок зупиняється, а стоячий на ній брусок падає вперед.



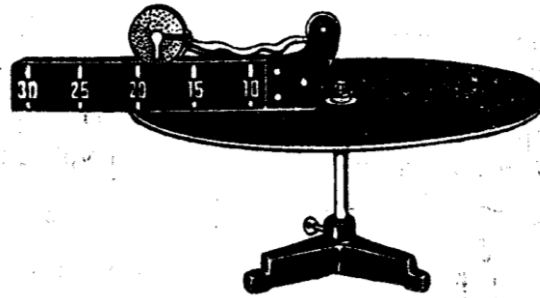
Мал. 1.1. Демонстрування інерції.

## 2. Сила. Другий закон Ньютона.

**Обладнання:** диск, колодка з роликом, каток, ремінь для кріплення.

Встановивши диск горизонтально, закріплюють на ньому колодку з роликом. Каток з масою 500 г прикріплюють ременем до ролика і ставлять на колодку. Довжину ремня підбирають так, щоб радіус обертання катка не перевищував 30 см.

Для демонстрації виникнення доцентрової сили каток ставлять на відстані 10-15 см від осі диска (мал. 2.1) і повільно обертають диск. При повороті диска каток котиться по напрямних, рухаючись по інерції прямолінійно, поки не натягнеться ремінь. Сила натягу ремня є доцентровою силою; вона викривляє траєкторію руху катка, змушуючи рухатися по колу.



Мал. 2.1 Виникнення доцентрової сили.

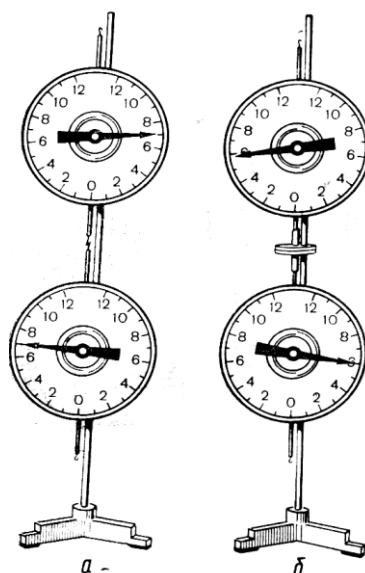
Різні випадки виникнення доцентрової сили:

-на поверхню диска, встановленого горизонтально, кладуть велику пробку або дерев'яний брусок. Охопивши долонею вісь під диском і обертаючи великим пальцем шківом, обертають диск, поступово збільшуючи швидкість. Предмет, який лежить на диску, утримується на ньому силою тертя спокою, яка в цьому випадку виконує роль доцентрової сили. Після досягнення деякої швидкості сили тертя спокою виявляється недостатньою, щоб утримувати тіло на колі, і воно злітає з диска;

-в одному із крайніх отворів диска закріплюють стійку, в яку з допомогою гвинта затискають стержень з трьома кульками на нитках в такому ж положенні, щоб одна із кульок висіла над центром диска. Диск приводять в обертання, плавно збільшуючи його швидкість. Кулька, яка висить над центром диска, залишається в тому ж положенні, а решта дві кульки відхиляються від осі тим більше, чим даліше вони знаходяться від осі обертання. Розкладаючи вектор сили тяжіння кульки на дві складові, показують, що доцентровою силою є рівнодійна сила тяжіння і сили натягу нитки .

### 3. Третій закон Ньютона.

**Обладнання:** два круглих демонстраційних динамометри, штатив з подовженим стояком, дві муфти.



*Мал.3.1. Установка з демонстраційними динамометрами для демонстрування третього закону Ньютона.*

Це один з найпростіших дослідів, за допомогою яких можна продемонструвати третій закон Ньютона. На подвоєному стояку універсального штатива закріплюють два демонстраційних динамометри, зчеплені крючками їх стержнів (*мал. 3.1*). Послабивши гвинт муфти верхнього динамометра, рухають його повільно вгору стежачи за тим, щоб покази обох динамометрів однаково зростали (*мал. 3.1 а*).

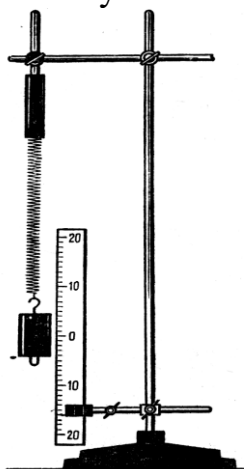
Повторюють дослід, опускаючи нижній динамометр униз і дістають той самий результат (*мал. 3.1. б*), переконуються в рівності й протилежності сил дії й протидії.

#### 4. Рух тіла під дією сили пружності.

**Обладнання:** пружини спіральні з гачком (2шт.), гирі масою 1 і 2 кг з гачками, штатив універсальний, шкала демонстраційна саморобна з нулем посередині.

При демонстрації коливального руху під дією сили пружності важливо, щоб ці коливання були достатньо повільними і слабо затухаючими. Це дає можливість учням без особливого напруження слідкувати за всіма фазами руху: визначити напрямки сили, швидкості і прискорення, спостерігати за їх зміною.

У верхньому кінці стійки штатива підвішують спіральну пружину, а внизу затискають вертикально в лапку штатива саморобну шкалу.



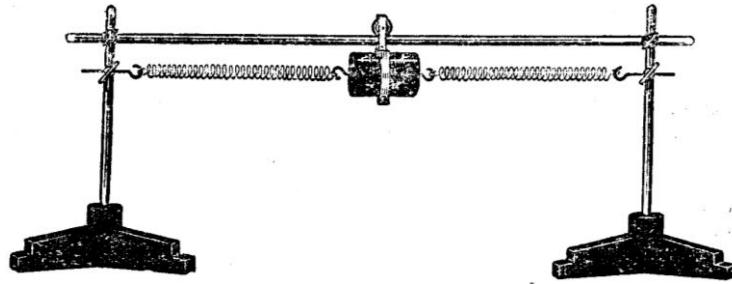
*Мал. 4.1. Установка для демонстрування руху під дією сили пружності і сили тяжіння.*

На вільний кінець пружини підвішують гирю 1 кг і закріплюють шкалу так, щоб її нульова поділка була розташована проти центра тяжіння нерухомої гирі (*мал. 4.1*).

Вантаж приводять в коливальний рух вздовж вертикальної лінії і дають учням час спостереження руху вантажу, звертаючи увагу на його характерні моменти.

В описаному досліді на гирю, крім сили пружності, діє ще й сила тяжіння. Але вона не впливає на характер руху гирі, так як стала за величиною і напрямом, лише зміщує гирю нижче положення рівноваги, поблизу якого відбуваються коливання.

Щоб компенсувати силу тяжіння, з допомогою саморобного хомутика з блоком підвішують гирю масою 2 кг на горизонтально закріпленому стержні штатива (*мал. 4.2*).



*Мал.4.2. Установка для демонстрування руху тіла під дією сили пружності.*

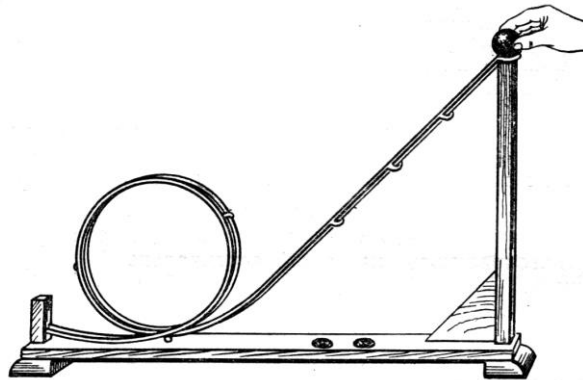
Потім між гачками гирі і вертикальними стійками злегка натягують дві однакові пружини. Приводячи гирю в коливальний рух, повторюють спостереження. В даній установці сила тяжіння весь час врівноважена реакцією опору.

## **5. Рух тіл під дією кількох сил.**

**Обладнання:** відцентрова дорога («мертва петля»).

Задача про рух тіла по «мертвій петлі» завжди викликає інтерес учнів, особливо коли перед її розв'язуванням продемонструвати такий дослід.

Спочатку пускають кульку з найбільшої висоти (*мал.5.1*), а потім, зменшуючи її, добиваються випадання кульки в деякій точці петлі. Роблять потрібні розрахунки і перевіряють їх на досліді. Розбіжність розрахунків з експериментом пояснюється тим, що не враховувались тертя й обертання кульки.



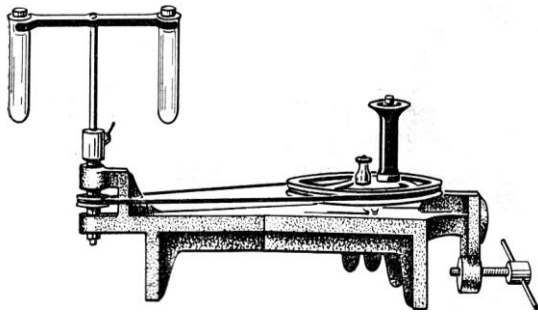
*Мал. 5.1. Відцентрова дорога («мертва петля»).*

## **5. Відцентрові механізми. Модель центрифуги.**

**Обладнання:** модель центрифуги, відцентрова машина, три пробірки, зубний порошок, вода, проєкційний ліхтар.

Модель центрифуги (*мал.7.1*) встановлюють на відцентровій машині. У кожен з трьох пробірок наливають воду (приблизно на  $\frac{3}{4}$  висоти пробірки). У дві пробірки насипають потроху зубного порошку або

потовченої крейди і ретельно перемішують.



*Мал.7.1. Модель центрифуги, встановленої на відцентровій машині.*

Одну з пробірок з крейдою залишають як контрольну, а дві інші вставляють у корзини центрифуги. Швидко обертають центрифугу протягом 1-1,5 хв, потім виймають пробірку з крейдою і демонструють, що вода в ній майже чиста, а крейда осіла на дно пробірки. Потім порівнюють контрольну пробірку з вийнятою з центрифуги, проектуючи на екран за допомогою проекційного ліхтаря.

## **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. При якій умові тіло рухається рівномірно, з прискоренням ?
2. Як рухається тіло під дією сили пружності, сили тяжіння, сили тертя ?
3. Що називається вагою тіла, силою тяжіння тіла ?
4. Коли настає невагомість, перевантаження ? Чим ці стани відрізняються від ваги тіла?
5. Який принцип дії відцентрових механізмів ?
6. Сформулюйте пряму і обернену задачу механіки.
7. Що називають силою? Чим вона характеризується ?
8. Що характеризує маса тіла ?
9. Яка відмінність між інерцією та інертністю ?
10. Сформулюйте наслідки з I-го та III-го законів Ньютона.

# ОСНОВИ СТАТИКИ

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

## ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Додавання сил:
  - а) напрямлених по одній прямій в одному напрямі ;
  - б) напрямлених по одній прямій в протилежних напрямках.
7. Розкладання сили, прикладеної до кронштейна.
8. Розкладання сили на дві паралельні складові.
9. Центр мас і дослідне його визначення.
10. Види рівноваги і стійкості тіла.
11. Рівновага сил на механізмах.

## ХІД РОБОТИ

### 1. Додавання сил:

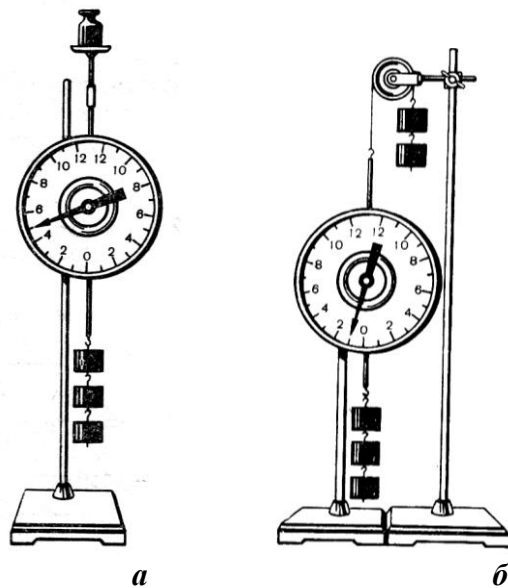
**Обладнання:** динамометр демонстраційний з круглим циферблатом, набір приладів до нього, гиря 200 г, набір важків з двома крючками у футлярі (6 шт.), блок на стержні, штативи лабораторні з муфтами (2 шт.), шнурок бавовняний завдовжки 50-60 см.

#### а) напрямлених по одній прямій в одному напрямку;

В цьому випадку рівнодійна сил дорівнює їх сумі, оскільки вони напрямлені в одному напрямі.

Динамометр закріплюють у муфті штатива (для цього на зворотному боці динамометра є короткий стержень). На верхній рухомий стержень

динамометра насаджують круглий столик (*мал. 1.1.*) з набору до динамометрів. Обертаючи циферблат динамометра навколо осі, установлюють його стрілку на кулі. До нижнього рухомого стержня підвішують три гири по 100 г з двома крючками і звертають увагу учнів на те, що стрілка динамометра повертається за годинниковою стрілкою на 3 поділки (ціна поділки - 1 Н). Знімають гири. На столику ставлять гирю 200 г і помічають, що стрілка повертається також за годинниковою стрілкою на 2 поділки. Знову підвішують знизу три важки: стрілка повертається в той самий бік ще на 3 поділки. Роблять висновок про числове значення напрямку рівнодійної двох сил, що діють на тіло по одній прямій в одному напрямі.



*Мал.1.1. Додавання двох сил, напрямлених по одній прямій  
а) в одному напрямі; б) у протилежних напрямках.*

**б) напрямлених по одній прямій в протилежних напрямках;**

Якщо сили напрямлені в різних напрямках, то їх рівнодійна дорівнює різниці і має напрям більшої сили.

Складають установку як на *мал. 1.1 б.* Підвішують до динамометра три важки і спостерігають, що стрілка його повертається за годинниковою стрілкою на 3 поділки. Знімають важки. До гачка верхнього рухомого стержня динамометра підвішують через блок дві важки і помічають, що стрілка повернулася проти годинникової стрілки на 2 поділки. Знову підвішують 3 важки: стрілка повертається в протилежний бік і встановити на 1-й поділці. Роблять висновок про значення і напрям рівнодійної двох сил, що діють на тіло по одній прямій в протилежних напрямках.

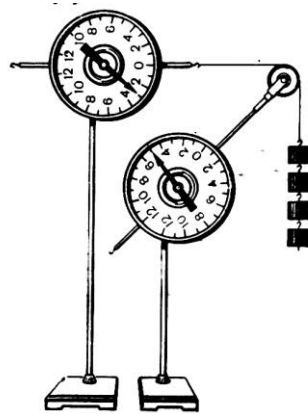


## 2. Розкладання сили, прикладеної до кронштейна.

**Обладнання:** динамометр демонстраційний з круглим циферблатом (2 шт.), набір приладів до динамометра, набір важків з двома ключками у футлярі (6 шт.), гиря 500 г.

Коли грані призми паралельні, вона знаходиться в стані стійкої рівноваги. Коли високих знаходиться на межі основи – рівновага нестійка.

Стрілки треба встановити на нулі. До шарнірно з'єднаних трубок (2) насаджених на стержні динамометра підвішені важки. Обидва динамометри закріплені у штативах шарнірно. Для цього різьбу на стержнях, де їх закріплюють, змащують мастилом, і стержні недогвинчують приблизно на один оберт до упору. Аналогічно демонструють розкладання сил на кронштейні іншої конструкції.



Мал. 2.1. Розкладання сили, прикладеної до кронштейна.

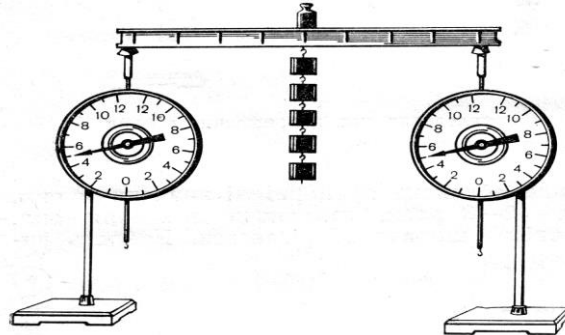
## 3. Розкладання сили на дві паралельні складові.

**Обладнання:** динамометр демонстраційний з круглим циферблатом (2 шт.), набір приладів до динамометра, набір важків з двома ключками у футлярі (6 шт.), гиря 500 г.

Обидва демонстраційні динамометри закріплені у муфтах штативів і на їх верхні рухомі стержні насаджують дерев'яні призми з набору. На нижній край моделі балки чіпляють плоский металевий гачок. Стрілки встановлюють на нулі. На середину моделі балки ставлять гирю і спостерігають, що динамометри показують однакове навантаження (по 2,5 Н). Переставляють гирю на інше місце і констатують, що один з динамометрів показує навантаження, у стільки разів більше, у скільки разів відстань від гирі до нього менша за її відстань від другого динамометра.

Замість гирі можна використати набір важків з двома гачками. Замість моделі двотаврової балки на призмі динамометрів кладуть тоненьку дощечку, яка імітує форму моста. За допомогою динамометра визначають

вагу іграшкового автомобіля і ставлять його на дощечку над одним з динамометрів. Потім пересувають автомобіль уздовж дощечки, стежачи за перерозподілом навантаження між динамометрами.



Мал. 3.1. Розкладання сили на дві паралельні складові.

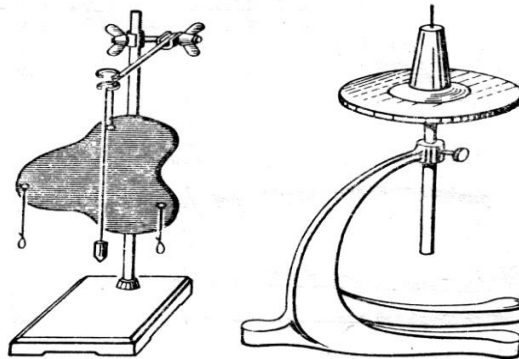
#### 4. Центр мас і його дослідне визначення.

**Обладнання:** пластинка з тонкого металу довільної форми з прив'язаними в кількох місцях біля краю нитками, висок, підставка з вістрям для магнітної стрілки, штатив з муфтою і лапкою, набір фігур для демонстрування центра ваги, підйомний столик, лінійка.

Центр мас – це точка прикладання всіх масових сил, тобто сил, пропорційних до маси елементів тіла на яке ці сили діють, при умові, що всі сили паралельні.

Пофарбовану в чорний колір пластинку видовженої форми з прив'язаними в кількох місцях біля краю нитками підвішують за одну з ниток до лапки штатива. Перед пластинкою підвішують висок. Прямовисну лінію проводять на поверхні пластини крейдою. Потім підвішену пластину за другу нитку і проводять на пластині другу лінію. Точка перетину цих ліній є центром ваги тіла. У цьому учні переконуються, встановивши пластину на вістрі підставки для магнітної стрілки.

Доцільно встановити центр ваги для різних симетричних фігур. Фігури фарбовані чорною фарбою і білою наносять осі симетрії і в центрі ваги зробити заглибини для встановлення фігур на вістрі підставки.



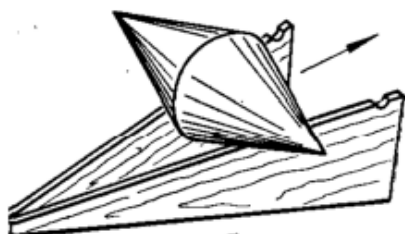
Мал. 4.1. Дослідне значення центра мас тіла.

## 5. Види рівноваги і стійкості тіла.

**Обладнання:** прилад для демонстрування рівноваги тіла, призма на шарнірах, рівень, кусочки картону.

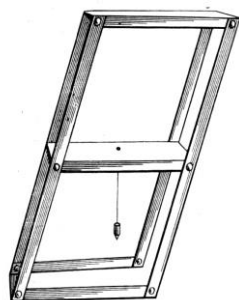
Для максимальної стійкої рівноваги центр тяжіння має перебувати в найбільш низькому із можливих для нього положення.

Приклад складається з подвійного конуса, виготовленого з дерева, і похилої площини, яку утворюють дві шарнірно з'єднані дощечки. Підставку досліду встановлюють уздовж демонстраційного столу, похилі дощечки підставки розсувають, ставлять на нижню частину подвійний конус. Він котиться вгору. При цьому його центр мас опускається вниз. Це можна показувати учням, установивши прилад упоперек стола.



*Мал.5.1. Подвійний конус, що котиться вгору.*

Умови рівноваги тіла, що має площу опори, демонструють за допомогою спеціального приладу. Він складається з трьох чотирикутних пластин, шарнірно з'єднаних у кутах з чотирма тонкими металевими рейками. Призму можна закріпити в будь-якому положенні за допомогою двох затискачів на середній пластинці. До центра ваги призми підвішено маленький висок. Якщо призмі надавати різного нахилу, то можна показати, що вона перебуватиме в стійкій рівновазі доти, поки нормаль з центра ваги перетинає площу її основи.



*Мал.5.2 . Призма на шарнірах – прилад для вивчення умов рівноваги тіла, яке має площу опори.*

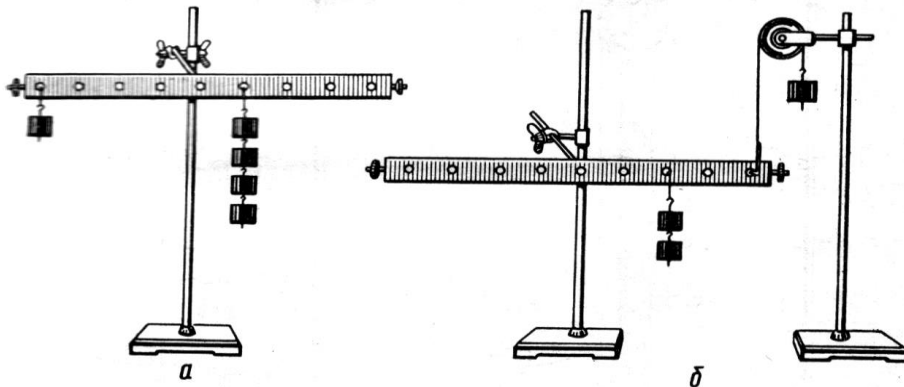
## 6. Рівновага сил на механізмах.

**Обладнання:** важіль демонстраційний, набір важків з двома гачками (6 шт.), блок на стержні, два штативи з муфтами, шнурок бавовняний завдовжки 50 см, метр демонстраційний.

Важіль знаходиться у рівновазі, коли діють на нього сили обернено пропорційні плечам цих сил.

Рівновагу сил на важелі, точка опори якого міститься між точками прикладання сил, демонстраційна точка. Вісь демонстраційного важеля закріплюють у муфті (*мал.6.3 а*). Зрівноважують важіль, переміщаючи гачки на його кінцях. В отвори важеля встановлюють дротяні гачки і підвішують до них потрібну для рівноваги кількість важків. Дослід повторюють в тричі, змінюючи умови.

Рівновагу сил на важелі, точка опори якого лежить поза точками прикладання сил, демонструють на установці (*мал. 6.3 б*).



*Мал.6.3. Вивчення на досліді умов рівноваги сил, прикладених до важелів першого (а) і другого (б) роду.*

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називають плечем сили ? (Показати на малюнку).
2. Для чого дорогу на круті гори роблять зигзагами ?
3. Які види рівноваги можливі для кулі на горизонтальній поверхні, якщо одна половина кулі олов'яна, а друга алюмінієва ?
4. Що називають моментом сили ?
5. Сформулювати умову рівноваги тіла, що має нерухому вісь обертання ?

# ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

## ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

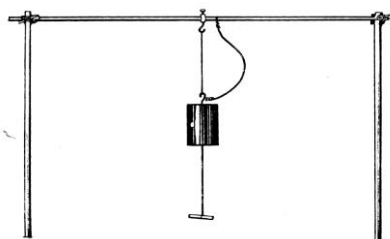
1. Миттєва і тривала дія сили .
2. Закон збереження імпульсу.
3. Реактивний рух.
4. Перетворення енергії: перехід потенціальної енергії в кінетичну і навпаки. Маятник Максвелла.

## ХІД РОБОТИ

### 1. Миттєва і тривала дія сили.

*а) Обладнання:* масивна тиря (2-6 кг), дві триноги від штативів, три штативних стояки, дві муфти, нитки, міцний шнурок, кільце.

Це основний дослід, що демонструє інертність тіл.

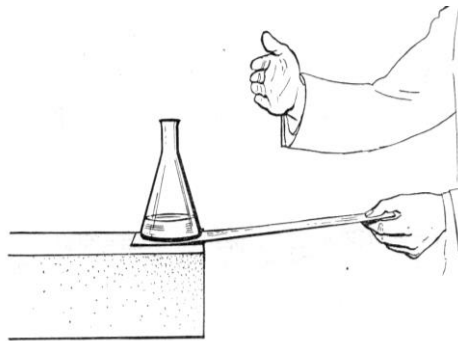


*Мал.1.1. Демонстрування інертності гирі.*

До верхнього й нижнього гачків масивної тирі (*мал.1.1*) прив'язують кінці міцних ниток завдовжки по 10-45 см. Гирю підвішують до кільця з гачком. Міцний шнур (білизняний шнур або гнучкий провід) прикріплюють до гирі й горизонтального стояка з напуском, щоб запобігти падінню гирі. У петлю, зав'язану на кінці нижньої нитки, устромлюють паличку, олівець або металевий стержень, який тримають рукою під час виконання досліду. Якщо різко смикнути за нижню нитку, то вона обірветься. Якщо тягти її повільно, обірветься верхня нитка. При цьому зусилля руки експериментатора має бути напрямлене вертикально вниз.

Роблячи висновки з досліду, підкреслюють, що тіла під час їх взаємодії починають відразу змінювати свою швидкість (набувають прискорення), але скінченна зміна швидкості потребує скінченного часу взаємодії, тим більшого, чим більша інертність тіл.

**б) Обладнання:** склянка з водою, смужка цупкого паперу, підставка або підйомний столик.



*Мал.1.2. Демонстрування інертності колби з водою.*

На підставку (підйомний столик) кладуть смужку паперу, а на неї ставлять склянку з водою. Повільно тягнуть за кінець паперової смужки і спостерігають, що склянка переміщується разом з нею. Підтягнувши склянку до краю підставки, різко ударяють по смужці (*мал. 1.2*). Смужка висмикується з-під склянки, яка залишається в спокої.

## 2. Закон збереження імпульсу.

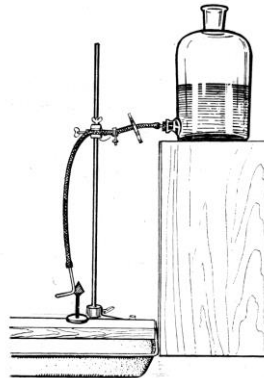
**Обладнання:** декілька сталевих кульок на біфілярних підвісах.

Дослід полягає в тому, що на біфілярних підвісах підвішують декілька сталевих кульок однакових мас. Першу з них відводять в сторону і відпускають її. Після удару відхиляється остання кулька ряду і піднімається на таку ж приблизно висоту. Якщо відхилити перші дві кульки, то після удару відхиляться дві останні, а решта залишаються нерухомими.

### 3. Реактивний рух.

**Обладнання:** Г-подібна скляна трубка з відтягнутим кінцем, гумова трубка вавдожкн 40-50 см., скляна банка з тубусом, штатив з лапкою 1 муфтою, вода, велика фото кювета, ящик-підставка.

Щоб продемонструвати реакцію витікаючого струменя повітря чи води виготовляють реактивне сопло із скляної тонкої (6-8 мм завтовшки) трубки. Для цього її згинають у вигляді букви Г і відтягують один її кінець на 1,5-2 мм. На широкий кінець сопла натягують гумову трубку. Спочатку демонструють реакцію струменя повітря. Тримаючи сопло за вільний кінець гумової трубки, яка повинна звисати, продувають ротом повітря. спостерігаючи відхилення скляної трубки в бік, протилежний напрямку витікання повітря з її відтягнутого кінця. Потім вільний кінець гумової трубки з'єднують з тубусом банки й затискають цей кінець у лапці штатива (*мал.3.1*). Під відтягнутий кінець скляної трубки підставляють велику фотокювету або ванну для дослідів з хвилями на поверхні води. Якщо відкрити воду, то сопло відхиляється в напрямі, протилежному напрямку витікання води. З дослідів роблять висновок про те, що при відокремленні частини маси тіла виникає сила, яка зумовлює зміну його швидкості.



*Мал. 3.1. Демонстрування реакції витікаючого струменя*

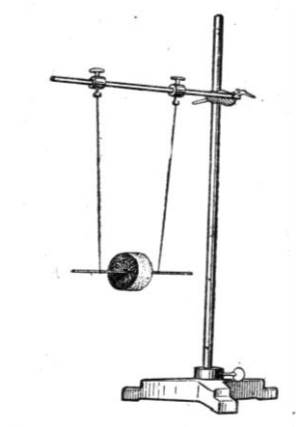
### 4. Перетворення енергії: перехід потенціальної енергії в кінетичну і навпаки.

**а) Обладнання:** пружина, важок, штатив з лапкою і муфтою, стрілка-показчик.

До нижнього кінця пружини від відерця Архімеда (або іншої) підвішують гирю. Відтягнувши гирю вниз, відпускають її і спостерігають коливання, які виконуються під дією сили пружності пружини. Послідовно розглядаючи сили, які діють на гирю і характер її руху в різних точках траєкторії, роблять висновок про перехід потенціальної енергії розтягнутої (стиснутої) пружини в кінетичну (потенціальну) енергію гирі.

**б) Обладнання:** маятник Максвелла, штатив з лапкою і муфтою.

Дослід з маятником Максвелла завжди вражає учнів, і хоча в школі повністю розглянути причини саме такого руху маятника неможливо, однак його треба показати. Зауважимо, що маятник працює краще, якщо відстань між точками підвісу його до штатива трохи більша або менша за відстань між точками кріплення ниток підвісу до осі (*мал. 4.2*).



*Мал. 4.2. Маятник Максвелла.*

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що характеризує енергія системи тіл ?
2. Виведіть формулу роботи для випадку, коли тіло рухається по криволінійній траєкторії, а сила, що діє на тіло, змінна.
3. У чому полягає суть закону збереження і перетворення енергії в механічних процесах ?
4. Доведіть, що сума кінетичної і потенціальної енергії тіла, яке вільно падає, величина стала.
5. Сформулюйте закон всесвітнього тяжіння. Запишіть його формулу у векторній формі.
6. Доведіть, що гравітаційне поле, створене певним тілом, займає весь простір навколо цього тіла.
7. Чому до системи тіл, що співударяються, можна застосувати закон збереження імпульсу ?
8. Які закони виконуються при:
  - а) абсолютно пружному ударі; б) при непружному ударі.
9. Виведіть формули швидкостей двох куль після центрального удару для випадків:
  - а) абсолютно пружний удар; б) абсолютно непружний удар.



# МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ. ЗВУКОВІ ЯВИЩА

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

## ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Вільні коливання:
  - а) нитяного (математичного) маятника; б) вертикального пружинного маятника; в) фізичного маятника.
2. Маятник Максвелла.
3. Незалежність періоду коливань нитяного маятника :
  - а) від його маси; б) від амплітуди.
4. Залежність періоду коливань нитяного маятника від його довжини.
5. Незалежність періоду коливань вертикального пружинного маятника від амплітуди.
6. Залежність періоду коливань вертикального пружинного маятника від його маси.
7. Записування коливань. Маятник Айрі.
8. Резонанс.
9. Поширення поперечних і повздовжніх хвиль. Хвильова машина.
10. Утворення звуку в зубчастій сирені.
11. Явище звукового резонансу.

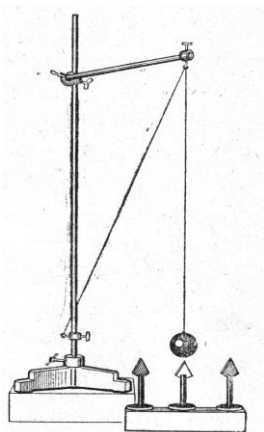
## ХІД РОБОТИ

### 1. Вільні коливання:

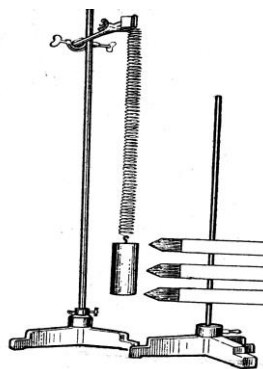
#### а) нитяного (математичного) маятника;

**Обладнання:** металічна або дерев'яна кулька діаметром 25-40 мм, міцна чорна нитка, штатив з довгим стояком, короткий штативний стояк, муфта, кільце з гачком, три вертикальні стрілки-показчики, білий екран фону.

Установку для досліду складають за *мал.1.1*. Щоб уникнути обертання кульки маятника, нитку натирають воском і на її кінцях роблять петлі для накидання на гачки підвісу й кульки. Ззаду встановлюють екран фону, а під кулькою – стрілку, яка фіксує положення рівноваги коливальної системи.



*Мал.1.1. Математичний маятник*



*Мал. 1.2. Вертикальний однопружинний маятник.*

Маятник відводять рукою від положення рівноваги й встановлюють другу стрілку. Відстань між вершинами стрілок дорівнює початковому зміщенню системи. Відпустивши кульку, встановлюють третю стрілку в той момент, коли кулька відхилиться від положення рівноваги в протилежний початковому зміщенню бік. Потім спостерігають вільні коливання маятника доти, поки зміщення кульки внаслідок затухання не стане помітно меншим від початкового. Спостерігати за коливаннями нитяного маятника значно краще, якщо період його великий. Тому довжина підвісу має бути якомога більшою, чого можна досягти, скрутивши два довгих штативних стояки.

#### б) вертикального пружинного маятника;

**Обладнання:** пружина і циліндр від відерця Архімеда, штатив з довгим стояком, лапа, муфта, штатив для лабораторних робіт, три горизонтальні стрілки-показчики, екран фону.

На довгому стояку штатива за допомогою муфти горизонтально закріплюють лапу із затиснутою в ній пружиною від відерця Архімеда. До вільного кінця пружини підвішують циліндр або гирю масою 0,5 кг. На стояку, встановленому поруч штатива для лабораторних робіт (або іншого), закріплюють стрілки-показчики. Це зручно зробити, наклеївши стрілку, вирізану з цупкого паперу, на прищіпку для білизни. Першу стрілку встановлюють на рівні дна нерухомого циліндра. Потім, відтягнувши циліндр на 4...5 см униз, встановлюють другу стрілку й відпускають циліндр. Третя стрілка повинна бути на рівні дна циліндра, який перебуває в крайньому верхньому положенні (*мал. 1.2*).

Аналізуючи коливальний рух циліндра, зазначають, що в цьому випадку тіло перебуває під дією двох сил: сили тяжіння й сили пружності деформованої пружини. Рівнодійна цих сил і зумовлює вільні коливання циліндра з певним періодом (частотою).

### **в) фізичного маятника;**

**Обладнання:** фізичний маятник: штатив в довгим стояком, муфта, цвях, завдовжки 80...120 мм.

Для виконання цього досліду виготовляють фізичний маятник – плоский лист заліза завтовшки 0,8...2 мм, вирізаний у формі витягнутого неправильного багатокутника (*мал.1.3*). Для виготовлення маятника можна використати фанеру, цупкий картон, листовий пластик.. Біля вершин багатокутника просвердлюють отвори діаметром 2...4 мм, за допомогою яких маятник підвішують на осі.

Одним з отворів маятник підвішують на вісь – гвіздок, затиснутий у муфті на верхньому кінці стояка штатива. Відхиливши маятник від положення рівноваги, спостерігають його вільні коливання. Через деякий час маятник зупиняють і перевіряють іншим отвором так, щоб період його коливань помітно відрізнявся від періоду в першій спробі. '

З досліду роблять висновок про те, що така коливальна система, як фізичний маятник, може мати багато періодів вільних коливань, залежно від того, через яку точку його тіла проходить вісь коливань.

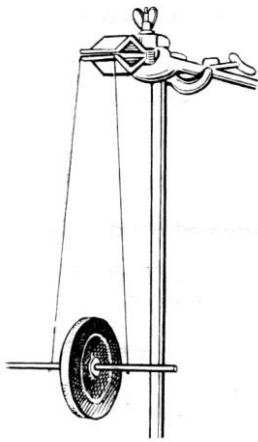
## **2. Маятник Максвелла.**

**Обладнання:** маятник Максвелла.

Широко відомий маятник Максвелла (*мал 2.1*) дає змогу продемонструвати періодичні зміни потенціальної й кінетичної енергії, яку має ця коливальна система.

Налагоджуючи маятник, слід звернути увагу на те, щоб нитки підвісу були однакової довжини, а відстань між точками кріплення їх угорі була трохи (на 10-15 мм) більшою, ніж унизу.

Піднятий у крайнє верхнє положення маятник має певний запас потенціальної енергії за рахунок роботи, виконаної під час накручування ниток на його вісь. Якщо маятнику дати змогу опускатись, то запас його потенціальної енергії зменшується і зростає кінетична енергія поступального й обертального рухів маятника. У крайньому нижньому положенні він має лише кінетичну енергію обертання, за рахунок якої підіймається вгору. Затухання коливань відбувається головним чином внаслідок втрат енергії, зумовлених тертям ниток підвісу на осі.



*Мал.2.1. Маятник Максвелла.*

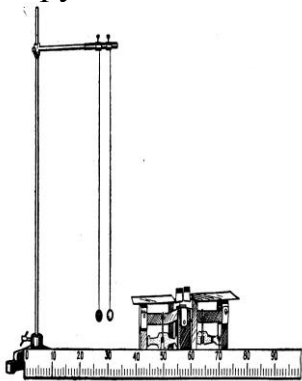
### **3. Незалежність періоду коливань нитяного маятника:**

#### **а) від його маси;**

**Обладнання:** дві кульки з гачками однакового розміру але різних мас, терези, штатив в довгим стояком, ізоляційний стояк, муфта, нитки, учнівська лінійка, демонстраційний метр, білий екран фону.

Кульки для цього досліду повинні мати однаковий діаметр й різні маси; бажано також, щоб вони мали різний колір. Добрі результати дістають, використовуючи м'ячі для настільного тенісу. Для цього оболонку м'яча просвердлюють і заповнюють його залізними ошурками, а в другий м'яч насипають сухого просіяного піску. В отвори вставляють гачки, зігнуті з дроту, а потім заклеюють їх пластиліном або клеєм. Довжини обох маятників повинні бути однаковими: від цього залежить успіх досліду. Досягають цього так. В отвори ізоляційного стояка пропускають кінці ниток, до яких підвішені кульки, а потім вставляють дерев'яні кілочки, які міцно затискають нитки. У разі потреби трохи послаблюють кілочок і підтягують нитку.

Установку для досліду складають за *мал.3.1*, і розміщують на столі так щоб площина коливань маятників була паралельною дошці. Спочатку за допомогою терезів показують, що маси кульок різні. Потім переконуються в тому, що довжини маятників однакові. Взявши в руку лінійку, відводять обидві кульки під положення рівноваги й одночасно відпускають. Початкове зміщення кульок не повинне бути великим (7-10 см). Протягом 0,5-1 хв спостерігають синхронні коливання маятників і роблять висновок про те, що період коливань маятників не залежить від маси. Якщо спостерігати трохи довше, синхронність коливань порушується – легший маятник набуває більшого прискорення під дією сили опору.



*Мал.3.1. Демонстрування незалежності періоду коливань математичного маятника від його маси.*

#### **б) від амплітуди.**

**Обладнання:** дві кульки з гачками однакового розміру але різних мас, терези, штатив в довгим стоячком, ізоляційний стояк, муфта, нитки, учнівська лінійка, демонстраційний метр, білий екран фону.

Відхиляють кульки обох маятників на різні (але невеликі) відстані від положення рівноваги і відпускають. Спостерігають синхронність коливань маятників. Знову виконують дослід, відхиляючи на більшу відстань той з маятників, який раніше був відхилений менше. З обох дослідів роблять висновок про те, що період коливання маятника не залежить від амплітуди (для невеликих амплітуд).

### **4. Залежність періоду коливань нитяного маятника від його довжини.**

**Обладнання:** металева або дерев'яна кулька з гачком (діаметром 30-50 мм), навощена мідна нитка (№10), штатив з подвоєним стоячком, короткий стояк, муфта, два кільця з гачками, екран фону з системою відліку.

В установці досліду збільшують довжину маятника до максимальної і запускають його з амплітудою 12-15 см. Почекавши деякий час, потрібний для того, щоб учні запам'ятали період коливань, різко укорочують

маятник, опускаючи кільце на стояку, до якого прив'язана нитка. Спостерігають зменшення періоду коливань. Відпускають нитку до початкової довжини й спостерігають відновлення початкового періоду. Так роблять 2-3 рази й формулюють висновок про залежність періоду коливань нитяного маятника від його довжини: збільшення довжини маятника призводить до збільшення його періоду, й навпаки, зменшення довжини зумовлює зменшення періоду.

## 5. Незалежність періоду коливань вертикального пружинного маятника від амплітуди.

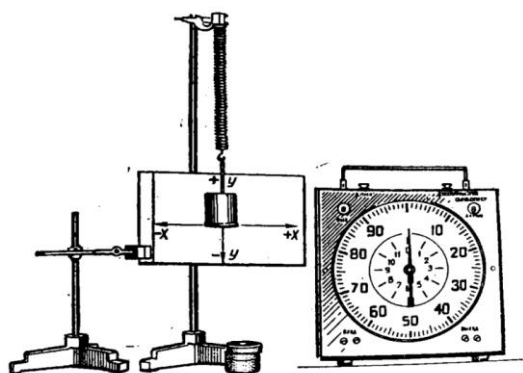
**Обладнання:** металева або дерев'яна кулька з гачком (діаметром 30-50 мм), навощена мідна нитка (№10), штатив з подвоєним стояком, короткий стояк, муфта, два кільця з гачками, екран фону з системою відліку, демонстраційний метр.

Для встановлення кількісних співвідношень між довжиною маятника і його періодом підтягують нитку так, щоб довжина маятника дорівнювала 100 см. Запускають маятник (з невеликою амплітудою) і відлічують час десяти коливань. Цей час буде близько 20 с. Отже, період коливань маятника становить 2 с. Зменшують довжину маятника до 25 см, тобто в чотири рази, знову визначають період і переконуються, що він зменшився в два рази (1 с).

## 6. Залежність періоду коливань вертикального пружинного маятника від його маси.

**Обладнання:** пружина від відерця Архімеда, гиря масою 1 кг або набірні тягарці і штатив з довгим стояком, лапа, муфта, екран із системою відліку демонстраційний секундомір.

Складають установку за схемою, що на *мал. 6.1*. Якщо прагнуть здобути лише якісні результати досліду, вимірюють періоди коливань з масами тягарців 1 і 0,5 кг і роблять висновки. Коли ж треба визначити



Мал. 6.1. Установка для вивчення коливань тягарця на пружині.



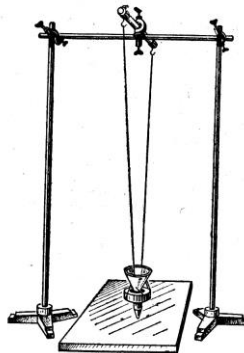
кількісну залежність періоду від маси, використовують тягарці 1 і 0,25 кг. У цьому випадку період коливань маятника з меншим тягарцем буде приблизно в два рази менший, ніж період коливань з більшим тягарцем.

Отже, можна стверджувати, що період коливань тягарця на пружині прямо пропорційний кореневі квадратному із маси тягаря. Звичайно, слід зробити застереження про те, що масою пружини треба знехтувати.

## 7. Записування коливань. Маятник Айрі.

**Обладнання:** маятник з пісочницею (маятник Айрі), два штативи із здвоєними стояками, довгий і короткий стояки, три муфти, два кільця з гачками, міцні нитки, фанерний щиток, сухий, добре просіяний пісок.

Записувати коливання дуже зручно за допомогою піску, що рівномірно висипається з пісочниці, яка рухається разом з маятником. Такий маятник відомий під назвою маятника Айрі. Старанно виготовлений, такий маятник дає змогу записати досить просто графіки



коливань і фігури Ліссажу.

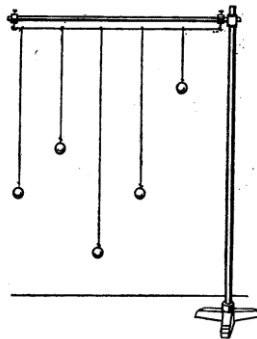
*Мал. 7.1. Маятник Айрі.*

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 має бути довгим, щоб забезпечити великий період коливань (1,2-1,6 с). Коливання записують на фанерному щитку (40\*80 см).

## 8. Резонанс.

**Обладнання:** п'ять нитяних маятників, штатив в довгим стояком довгий стояк, муфта, два кільця з гачками, нитки.

На горизонтально закріпленій довгий стояк надівають кільця з гачками, між якими натягують міцну нитку. До нитки підвішують на однакових відстанях п'ять нитяних маятників (*мал. 8.1*), два з яких мають однакову довжину, а решта – різну. Один з двох однакових маятників буде вібратором і, щоб його коливання довго не затухали, маса цього маятника має бути більшою, ніж у інших чотирьох. Примушують коливатись один з маятників, що мають різну довжину, і спостерігають що всі інші коливаються з дуже малими амплітудами. Потім примушують коливатись маятник вібратор і спостерігають виникнення коливань другого маятника такої самої довжини – резонатора. Решта маятників практично залишається в спокої.



*Мал. 8.1. Демонстрування резонансу маятників*

Висновки з досліду підтверджують, що резонує той з маятників, власна частота якого близька до частоти маятника вібратора.

Уже в цьому досліді учням розповідають про передавання енергії від маятника вібратора до інших маятників і про те, чим відрізняється поглинання енергії маятником-резонатором від поглинання її маятниками, які не настроєні на частоту вібратора (мають іншу довжину підвісу).

Цей дослід можна виконати інакше. Підвісивши всі п'ять маятників так, як було зазначено вище, відхиляють маятник-вібратор і спостерігають, що на його коливання резонує лише той з маятників, частота якого близька до частоти вібратора. Змінюють довжину вібратора так, щоб вона дорівнювала довжині найкоротшого (або найдовшого) маятника. Для цього на нитці маятника вібратора слід зробити мітки, перев'язавши її ниткою іншого. Запускають вібратор зі зміненою частотою і переконуються в тому, що тепер найбільшу амплітуду має той з маятників, довжина якого дорівнює довжині вібратора. Те саме виконують для двох інших маятників, дістаючи тотожні результати.

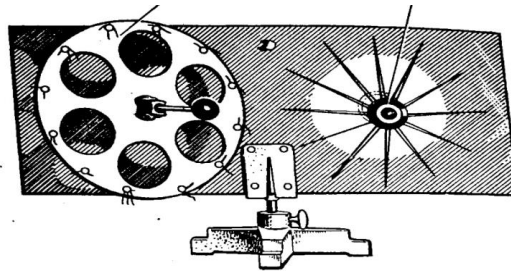


## 9. Поширення поперечних і поздовжніх хвиль. Хвильова машина.

**Обладнання:** хвильова машина конструкції Зворикіна.

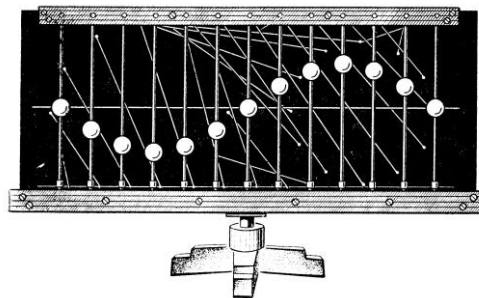
### а) Поперечні хвилі.

Для демонстрування механізму утворення і поширення хвиль існує багато конструкцій хвильових машин. Найбільш вдалою універсальною є машина конструкції Зворикіна. Вона дає змогу продемонструвати коливання однієї частинки (кульки), двох частинок з різницею фаз від  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , утворення і поширення поперечної хвилі, поширення поздовжньої хвилі, стоячі хвилі.



*Мал.9.1. Хвильова машина Зворикіна(вигляд ззаду).*

На лицевому боці машини, змонтованому на фанерному щитку, розміщені 13 кульок маятників, які можуть ковзати по спицях-підвісах. Кульки за допомогою системи ниток з'єднані з механізмом керування машиною, розміщеним на зворотному боці щитка. Для демонстрування поперечної хвилі використовують великий диск з ручкою, поздовжню хвилю демонструють, обертаючи малий диск по колу, нанесеному на щитку білою фарбою (мал. 9.1).



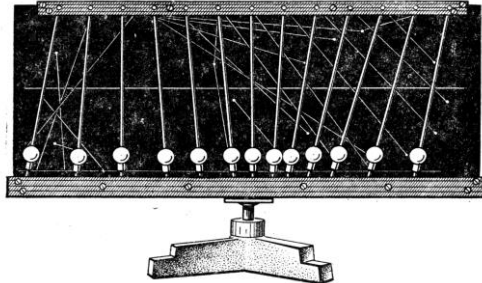
*Мал. 9.2. Утворення поперечної хвилі на машині Зворикіна.*

### б) Поздовжні хвилі.

**Обладнання:** хвильова машина конструкції Зворикіна.

Щоб продемонструвати поздовжню хвилю, настроюють хвильову машину конструкції Зворикіна. Учням пояснюють, що відмінність між поздовжньою і поперечною хвилями полягає лише в напрямі коливання частинок відносно напрямку поширення хвилі. В усьому іншому коливання

точок середовища тотожні: періоди коливань точок, які належать поздовжній хвилі, однакові, амплітуди теж однакові; кожна наступна точка відстає за фазою від попередньої. Внаслідок поздовжніх коливань частинок у поздовжній хвилі виникають і переміщуються періодичні згущення і розрідження точок, що добре видно на досліді з машиною.



Мал. 9.3. Миттєве розміщення кульок машини Зворикіна в поздовжній хвилі.

## 10. Утворення звуку в зубчастій сирені.

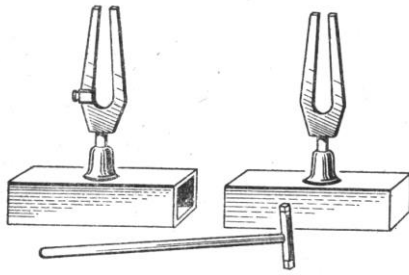
Закріпіть зубчасту сирену в патроні відцентрової машини. Приведіть її в рух і до зубців прикладіть аркуш картону. Почуєте звук певної висоти тону. Частота коливань визначається числом зубців у сирени та швидкістю її обертання.

Закріпіть у патроні дискову сирену, приведіть її в обертання і продувайте крізь отвори сирени повітря за допомогою трубочки (або системи трубок). При цьому виникає звук, частоту якого можна змінювати, змінюючи число отворів, через які продувається повітря та число обертів сирени. В обох випадках звукові коливання виникають внаслідок вимушених коливань.

## 11. Явище звукового резонансу.

**Обладнання:** два однакових камертони з резонаторними ящиками, молоточок для збудження камертонів, скляна кулька (намистинка), підвішена на нитці до штатива.

Ставлять камертони на відстані 2-1,5 м так, щоб отвори резонаторних ящиків були звернені один до одного (*мал. 11.1*). Якщо збудити один з камертонів, а потім через кілька секунд заглушити його рукою, то буде чути звучання другого камертона. Про це свідчить також відскакування від другого камертона скляної кульки. Якщо камертони розстроїти (на ніжку одного з них надіти гумове кільце або металеву насадку), то описане явище не спостерігатиметься.



*Мал.11.1. Камертони на резонаторних ящиках.*

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як зміняться коливання маятника, якщо його вмістити у воду або олію ?
2. Чому в автобусі при певній швидкості руху дзеленчатьшибки ?
3. В чому полягає ізохронність математичного маятника ?
4. Як зміниться період коливання маятника, якщо під ним помістити електромагніт ?
5. Чи можливий резонанс при нерівномірному русі автомобіля ?
6. У звичайній кімнаті відлуння не чути, хоча вона має шість відбивних поверхонь. Чому ?
7. Чому вода, яку несуть у відрі, розплескується ?
8. Чи залежить швидкість звуку від густини середовища, в якому він поширюється ?
9. Наведіть приклади особистої «зустрічі» з резонансом.
10. Які коливання називаються гармонічними ? Основні кінематичні характеристики гармонічних коливань.

# МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

## ТИСК. ГІДРОСТАТИКА

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

### ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

### ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Передача тиску рідинами і газами. Закон Паскаля.
2. Сполучені посудини .
3. Будова і дія всмоктувального і нагнітального водяних насосів.
4. Демонстрування закону Архімеда, використовуючи відерце Архімеда.
5. Умови плавання тіл. «Картезіанський водолаз» .

### ХІД РОБОТИ

#### 1. Передача тиску рідинами і газами. Закон Паскаля.

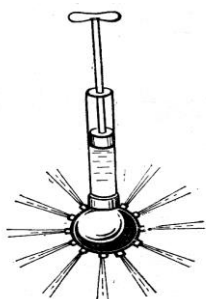
**Обладнання:** куля Паскаля, відро, вода.

Для виконання досліду скористайтесь кулею Паскаля (*мал. 1.1*). Відгвинтіть кулю з невеличкими отворами і налейте в циліндр води. Повільно натискуйте на поршень. При цьому тиск поршня на рідину передається в усіх напрямках однаково і струмені води розбризкуються в усіх напрямках майже на однакові відстані. Поясніть чому рідини передають тиск в усіх напрямках однаково.

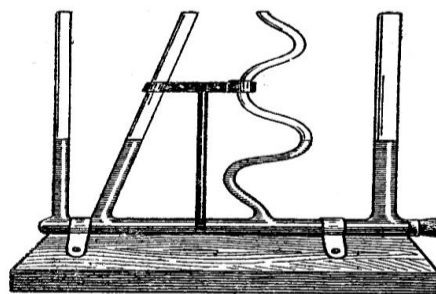
## 2. Сполучені посудини.

**Обладнання:** скляний трійник, три гумові трубки завдовжки 20-30 см кожна, дві скляні лійки різної форми, циліндрична посудина від приладу Паскаля (або лампове скло), закрита з одного боку гумовою пробкою з пропущеною крізь неї скляною трубкою, універсальний штатив, підфарбована вода.

Гумовими трубками з'єднують патрубкі скляного трійника з лійками і скляною трубкою, вставленою в пробку, якою закрито скло приладу Паскаля. Скло і одну з лійок закріплюють у лапках штатива, а другу лійку тримають рукою. Наливають в одну з лійок підфарбовану воду і спостерігають, що вода в усіх трьох посудинах установлюється на одному горизонтальному рівні.



Мал.1.1. Куля Паскаля.

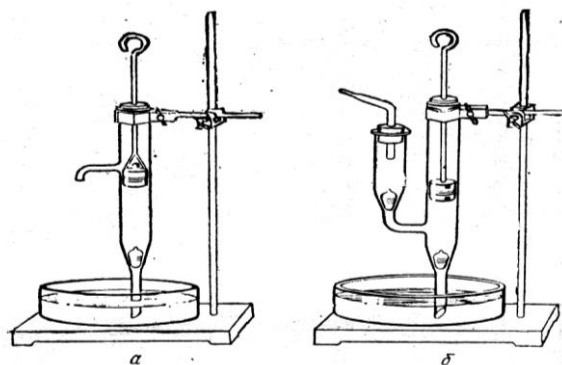


Мал. 2.1. Сполучені посудини.

Повільно піднімають і опускають лійку, яку тримають у руці, і впевнюються, що в будь-якому випадку однорідна рідина (вода) в усіх трьох посудинах установлюється на одному горизонтальному рівні. Дослід повторюють, закріпивши другу лійку і перемішуючи скло від приладу Паскаля; упевнюються, що і в цьому випадку діє закон сполучених посудин.

## 3. Будова і дія всмоктувального і нагнітального водяних насосів.

**Обладнання:** скляні моделі всмоктувального і нагнітального водяних насосів, моделі всмоктувального і нагнітального водяних насосів з органічного скла, штатив, банка з водою, великий кристалізатор або інша посудина, гумова трубка, скляна трубочка з відтягнутим кінцем.



**Мал. 3.1. Всмоктувальний (а) і нагнітальний (б) насоси.**

Пояснюючи будову і дію водяних насосів, доцільно використати моделі обох типів: скляні – для демонстрування перекачування води, а з органічного скла – при з'ясуванні роботи клапанів насосів.

Для демонстрування скляні моделі закріплюють у лапках штативів, щоб була затиснута верхня частина трубки кожного з насосів. Нижню звужену трубку кожного насоса при демонструванні опускають у банку а водою (щоб насоси можна було розмістити вище, на нижні кінці їх скляних трубок треба надіти гумові трубочки, кінці яких опустити у воду), а під вивідну трубку підставляють кристалізатор (або іншу посудину). Піднімаючи й опускаючи поршень насоса, демонструють перекачування води.

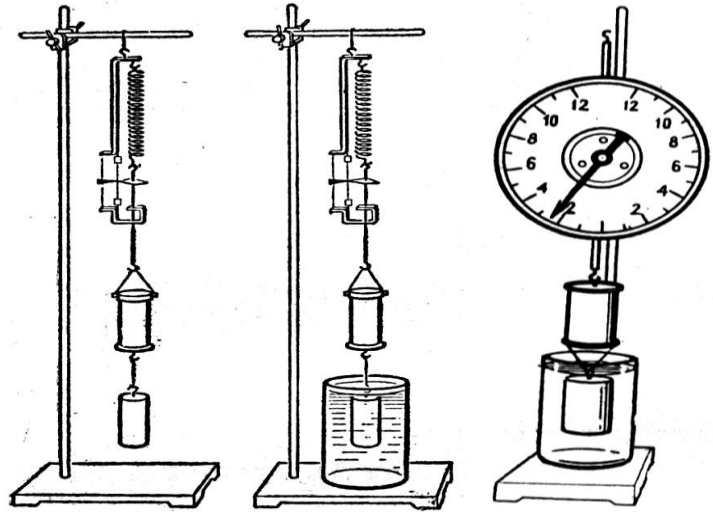
#### **4. Демонстрування закону Архімеда, використовуючи відерце Архімеда.**

**Обладнання:** відерце Архімеда, динамометр, штатив, стрілка покажчик.

Відерце Архімеда складається в пружинного динамометра, шкала якого не градуйована, але має пересувний покажчик у вигляді стрілки, що закріплюється в потрібному місці шкали. Пружина динамометра прикріплена верхнім кінцем до обойми, крізь отвір у зігнутому нижньому кінці якої проходять стержень із диском-покажчиком. Стержень верхнім кінцем підвішений до пружини, а на нижньому – має крючок. До крючка можна підвісити металеве відерце, що має впаяний у дно крючок, призначений для підвішування важка, об'єм якого дорівнює місткості відерця.

Динамометр з підвішеним до нього відерцем і важком закріплюють у лапці штатива і відмічають стрілкою-покажчиком положення диска, прикріпленого до стержня динамометра. Занурюють важок у воду і спостерігають скорочення пружини, зумовлене дією виштовхувальної сили на важок.

Наливають у відерце воду і спостерігають поступове збільшення довжини пружини. Коли відерце вщерть наповниться водою, диск зупиняється проти стрілки; отже, виштовхувальна сила зрівноважується вагою наливої у відерце води, об'єм якої дорівнює об'єму важка. Щоб довести це учням знімають важок та відерце і, виливши з відерця воду, кладуть у нього важок.



Мал.4.1. Досліди з відерцем Архімеда.

## 5. Умови плавання тіл. «Картезіанський водолаз».

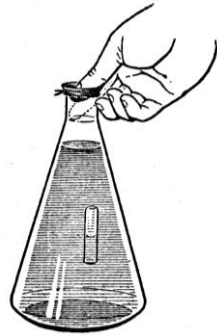
**Обладнання:** пляшка місткістю 0,5 л з водою, хімічний стакан з водою, пробілочка.

Пробірку наповнюють водою настільки, щоб вона плавала, занурюючись у воду майже по вінця (вінця пробірки повинні виступати з води не більш як на 1-,5 мм).

Пробірку виймають з води, закривають вказівним пальцем правої руки і, підтримуючи лівою рукою, перевертають і опускають кінець вказівного пальця разом з пробіркою в горло наповненої водою пляшки.

Приймають палець і водночас швидко опускають пробілочку в пляшку. Пробірка плаває. Доливають воду в пляшку і натискають на поверхню води в горлі великим пальцем правої руки, закривши ним горло пляшки. Змінюючи тиск, можна примусити пробілочку тонути, плавати або перебувати всередині рідини.

Коли пробірка досягне дна пляшки, можна, сильно натискаючи на воду, показати, як змінюється рівень води в пробірці.



*Мал.5.1. Картезіанський водолаз.*

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулювати закон Паскаля для рідин і газів.
2. Від чого залежить і від чого не залежить тиск рідини на дно і стінки посудини ?
3. Пояснити закон сполучених посудин для однорідної і неоднорідної рідин.
4. Чому виникає атмосферний тиск ? Чому атмосферний тиск з висотою зменшується ?
5. Чим відрізняється барометр-анероїд і манометр.
6. Яка найбільша висота може бути від рівня води в посудині до рівня поршня, щоб він працював ? Чому ?
7. Коли і чому виникає архімедова сила ? Вивести формулу для архімедової сили.
8. При якій умові тіло спливає? Пояснити дослід «Картезіанський водолаз».



# ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

## ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Рух молекул:
  - а) модель броунівського руху;
  - б) роздування гумової кулі під ковпаком.
2. Існування міжмолекулярної взаємодії :
  - а) щеплення свинцевих циліндрів;
  - б) прилипання скляної пластинки до води.
3. Існування міжмолекулярних проміжків.
4. Залежність між об'ємом, тиском і температурою деякої маси газу.

## ХІД РОБОТИ

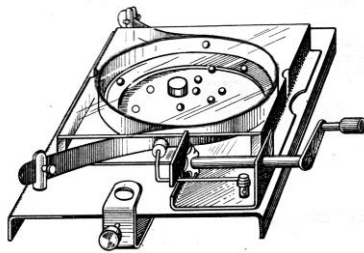
### 1. Рух молекул :

#### а) модель броунівського руху;

**Обладнання:** прилад для демонстрування моделі броунівського руху.

Для демонстрування цього досліду використовують спеціальний прилад (*мал. 1.1*). Основою його є пружне кільце з тонкої сталевий смужки. Воно розміщене між двома скляними пластинками і закріплене на міцній металевій рамці, що має отвір. Усередині пружини між скляними пластинками є 10 маленьких сталевих кульок і невелика гумова пробка. На

рамці збоку від кільця міститься ударний механізм, який складається з молоточка і храпового колеса, закріпленого на осі з рукояткою.



*Мал.1.1.Механічна модель Броунівського руху.*

Під час обертання рукоятки храпове колесо зачіплюється за дротяну пружину молоточка, який ударає по кільцю і спричиняє його коливання, внаслідок чого починають хаотично рухатись маленькі сталеві кульки, а разом з ними і пробка, що імітує броунівську частинку.

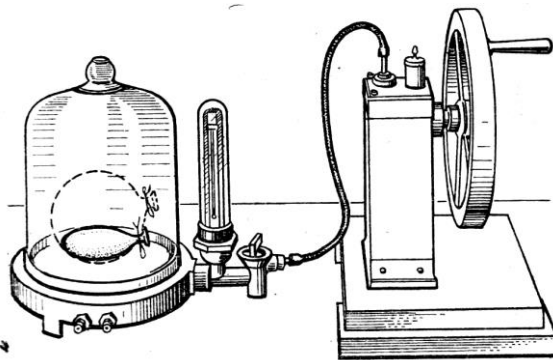
Звертають увагу учнів на те, як під впливом хаотичного руху кульок («молекул»), хаотично рухається пробка. Вона переміщується внаслідок одночасної незрівноваженої дії на неї кількох кульок.

### **б) роздування гумової кулі під ковпаком.**

**Обладнання:** насос Комовського, тарілка з ковпаком, дитяча гумова куля, нитки.

Трохи надуту гумову кулю зав'язують ниткою і кладуть під ковпак вакуумної тарілки (*мал.1.2*). Тарілку з'єднують з насосом і викачують з-під ковпака повітря. При цьому куля починає роздуватись.

Учням пояснюють, що внаслідок відкачування повітря кількість молекул під ковпаком зменшується, тому вони тиснуть на стінки кулі зовні з меншою силою. Всередині кулі кількість молекул не змінюється, отже тиск на стінки стає більшим за зовнішній, і куля роздувається.



*Мал.1.2. Роздування гумової кулі під ковпаком повітряного насоса.*

## 2. Існування міжмолекулярної взаємодії:

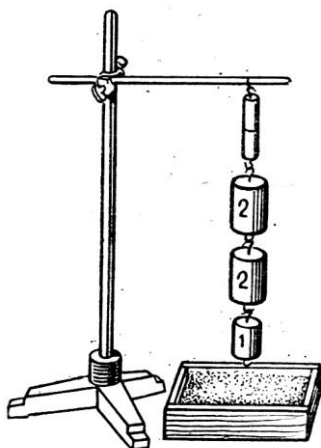
### а) зчеплення свинцевих циліндриків;

**Обладнання:** свинцеві циліндри для демонстрування зчеплення, пристрій для зачищення циліндрів, штатив з муфтою і лапкою, набір важків з гачками (до 5 кг), низький ящик з піском.

Для демонстрування цього досліду використовують спеціальний прилад – свинцеві циліндри із стругом. Він складається з двох однакових циліндрів, кожен з яких має сталеву частину з гачком і свинцеву.

Для досліду зачищені циліндри стискають торцями, притираючи один до одного. І підвішують за один гачок до лапки штатива. Другий гачок навантажують важками, підставивши під них низький ящик з піском для амортизації можливого удару об стіл (*мал.2.1*)

Підвішувати важки треба обережно, уникаючи поштовхів і ривків.



*Мал.2.1. Зчеплення свинцевих циліндрів.*

### б) прилипання скляної пластинки до води.

**Обладнання:** штатив універсальний, чутлива пружина або гумова нитка, скляна пластинка з гачком, кристалізатор ( $d=15\text{см}$ ) з водою.

Круглу скляну пластинку з гачком підвішують на чутливій пружині або гумовій нитці і закріплюють на штативі. Знизу до пластинки підносять кристалізатор з водою, слідкуючи за тим, щоб поверхня води була паралельна пластинці. Змочивши нижню поверхню пластинки водою, кристалізатор повільно опускають. При цьому пружина значно розтягується, що свідчить про наявність молекулярного зчеплення між молекулами води і скла.

Якщо є час, дослід можна повторити з гасом або іншою рідиною і результати дослідів порівняти, зробивши відповідні висновки.

Якщо у фізичному кабінеті немає круглої пластинки з гачком, для досліду можна виготовити саморобну скляну квадратну пластинку ( $10\times 10\text{см}$ ) і клеєм приклеїти на її різках нитки для підвішування.

### 3. Існування міжмолекулярних проміжків.

**Обладнання:** мензурка, спирт, вода, фарба, склянки хімічні, сіль.

У скляну трубку (діаметром 10-12 мм і завдовжки 1м), заткнуту з одного боку пробкою, наливають до половини підфарбовану воду. Нахиливши трубку, по її стінці повільно вливають спирт так, щоб його рівень не досягав верхнього кінця трубки на 6-8см. Гумовим кільцем, надітим на трубку, відмічають рівень спирту. Щільно закривають трубку пробкою і кілька разів перевертають її, щоб рідини добре змішалися. Поставте трубку вертикально і зіставте рівень суміші з початковим рівнем спирту. Покажіть, як зменшується об'єм при розчиненні твердого тіла у воді.

У мензурку з дрібними поділками наливають  $100 \text{ см}^3$  води і всипають 40 г кухонної солі при температурі води  $20^\circ\text{C}$ . Коли сіль повністю розчиниться, об'єм розчину зменшиться.

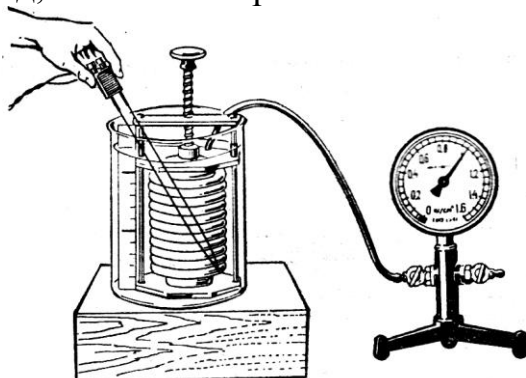
### 4. Залежність між об'ємом, тиском і температурою деякої маси газу.

**Обладнання:** прилад для вивчення газових законів.

Для вивчення газових законів використовують спеціальний прилад (мал.4.1), який складається з металевого гофрованого циліндра (сильфона) і з'єданого з ним гумовим шлангом демонстраційного манометра. Сильфон за допомогою гвинта можна розтягувати і стискати. При цьому об'єм повітря в сильфоні змінюється пропорційно до зміни висоти сильфона. Шкала дає змогу визначити зміну об'єму сильфона в умовних одиницях. Початковий об'єм сильфона – 5 умовних одиниць, а кінцевий – 10.

Щоб запобігти надмірному розтягуванню сильфона, на вертикальній стержні надіто дві обмежуючі трубки.

Тиск у сильфоні можна вимірювати мановакуумметром, яким комплектується прилад, або манометром.



Мал. 4.1. Установка для вивчення газових законів.

Залежність між об'ємом і тиском певної маси газу при сталій температурі (закон Бойля-Маріотта) демонструють так. Відкривають обидва крани мановакуумметра і з'єднують його із сильфоном гумовою трубкою. Обертаючи гвинт сильфона, встановлюють його кришку, наприклад на поділку 7. Пояснюють учням, що стан газу в сильфоні в даному випадку характеризується об'ємом 7 умовних одиниць і тиском 103 гПа. Закривають кран вільного патрубка і обертаючи гвинт, змінюють об'єм газу в сильфоні. Кожного разу із зміною об'єму на 0,5 умовних одиниць вимірюють тиск газу. Знайдені значення тиску і відповідні їм значення об'єму газу записують у таблицю. Перемножуючи відповідні значення об'ємів і тисків, переконуються, що добутки приблизно однакові. З досліду роблять висновок, що при сталій температурі добуток об'єму на тиск для певної маси газу є величиною сталою.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулювати основні положення і дослідні обґрунтування молекулярно-кінетичної теорії.
2. Що таке броунівський рух? Від чого залежить його інтенсивність?
3. Що можна сказати про середню швидкість, середню кінетичну енергію броунівських частинок?
4. Явище дифузії. Від чого залежить його інтенсивність? Де воно використовується?
5. Як рухаються молекули (атоми) газів, рідин, твердих тіл?
6. Який характер міжмолекулярної взаємодії? Як він проявляється? Що можна спостерігати, якщо замість води взяти ртуть?

## ВЛАСТИВОСТІ РІДИН І ТВЕРДИХ ТІЛ

**МЕТА:** Оволодіти методикою і технікою шкільного експерименту при вивченні теми.

### ЗАВДАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1. Проаналізувати програму середньої школи: місце вивчення теми, які поняття і закони узагальнюються, розширюються, кількість відведених годин і їх розподіл.
2. Основні програмні вимоги до умінь учнів при вивченні теми.
3. Повторити відповідний матеріал з підручника.
4. Ознайомитись з обладнанням, будовою приладів і методикою їх використання.

### ЗАВДАННЯ ДО РОБОТИ

1. Поверхневий натяг рідини. Утворення мильних плівок на каркасах.
2. Залежність температури кипіння рідини від тиску.
3. Насичена і ненасичена пара.
4. Капілярні явища в природі і техніці.

### ХІД РОБОТИ

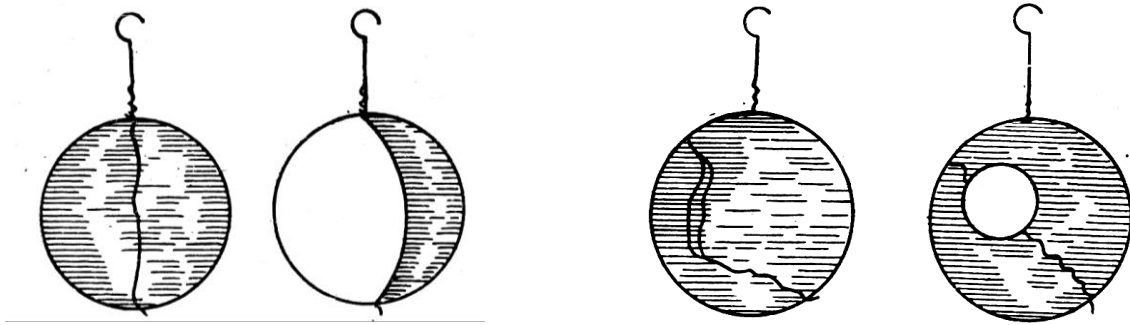
#### **1 Поверхневий натяг рідини. Утворення мильних плівок на каркасах .**

**Обладнання:** дротяні каркаси для мильних плівок, скляна посудина з мильним розчином для занурювання каркасів.

Під дією сил поверхневою натягу плівка рідини вкорочується і набуває форми, яка має найменшу поверхню. Щоб показати це учням, звичайно демонструють такі досліди:

Кільцевий каркас з ниткою (*мал.1.1*). Каркас виготовляють з мідного, латунного або сталюого дроту діаметром 15 мм. Дротину завдовжки 40 см згинають кільцем навколо пляшки (0,25 л). Кінці дротини скручують, утворюючи ручку. До діаметрально протилежних точок кільця прив'язують тонку шовкову нитку.

Для демонстрування кільце занурюють у скляну посудину з пильним розчином і повільно виймають, тримаючи його вертикально. Показують учням, що кільце затягнулося мильною плівкою, а нитка має довільну форму. Прорвавши плівку з одного боку від нитки, спостерігають, що нитка набирає форму дуги внаслідок зменшення поверхні плівки.

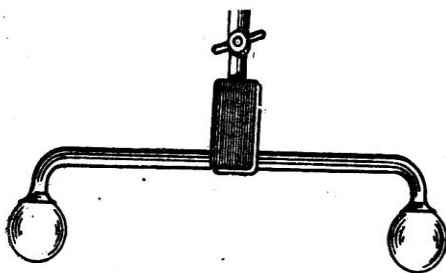


*Мал.1.1. Дротяний кільцевий каркас із ниткою.*

## 2. Залежність температури кипіння рідини від тиску.

**Обладнання:** кип'ятильник Франкліна.

Кип'ятильник Франкліна тримають горизонтально, взявшись пальцями за середину трубки або затиснувши його в лапці штатива (*мал. 2.1.*). Якщо нагрівати одну з куль, схопивши її рукою, то спирт у цій кулі закипає, і тиск пари переганяє його в другу кулю. Нагадують учням, що при нормальному тиску температура кипіння спирту  $+85^{\circ}\text{C}$ , а при зниженому тиску (всередині кип'ятильника є лише пара спирту) достатньо тепла руки, щоб почалося кипіння.



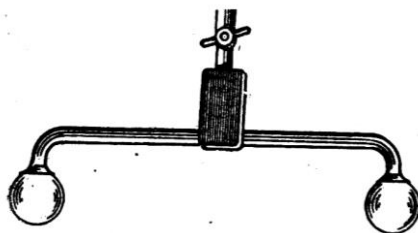
*Мал.2.1. Кип'ятильник Франкліна.*

### 3. Насичена і ненасичена пара.

**Обладнання:** кип'ятильник Франкліна, холодна вода, гаряча вода, велика фотографічна кювета, штатив із стояком, лапки, муфта.

Кип'ятильник Франкліна закріплюють у лапці штатива горизонтально кулями вгору. Під кип'ятильник підставляють фотографічну кювету. Звертають увагу учнів на однаковість рівнів спирту в обох кулях приладу й нагадують, що простір над спиртом заповнений насиченою парою. Одну з куль поливають гарячою водою. Пара, розширюючись, витискує спирт у другу кулю. Знову поливають цю саму кулю холодною водою й спостерігають зворотне перетікання спирту. Пояснюючи явище, слід підкреслити, що незалежно від зміни об'єму, зайнятого насиченою парою в обох кулях, пара в них практично весь час залишається насиченою.

Кип'ятильник Франкліна можна виготовити з двох малих круглодонних колб, закритих гумовими пробками і з'єднаних скляною трубкою, що зігнута у вигляді букви П. Щоб видалити повітря з колб, їх заповнюють на 1/3 об'єму спиртом і занурюють у гарячу воду. Як тільки пара спирту витисне з колб повітря, колби закривають пробками, крізь які вже пропущено трубку. Спирт у колбах слід підфарбувати флюоресцеїном, метилоранжен або якоюсь іншою речовиною, яка не зафарблює скла.



Мал. 3.1. Кип'ятильник Франкліна.

### 4. Капілярні явища в природі і техніці.

**Обладнання:** дві смужки фільтрувального паперу, штатив з муфтою і лапкою, піднімальний столик, кристалізатор, дерев'яна паличка, дві канцелярські кнопки.

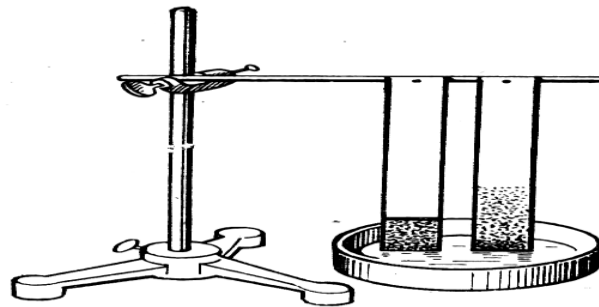
З фільтрувального паперу вирізують дві смужки розмірами 15\*3 см. Одну із смужок на відстані 5 см від кінця просочують забарвленим парафіном так, щоб утворилася смужка парафіну завширшки 3-4 мм. Це можна зробити за допомогою нагрітого цвяха, змоченого забарвленим парафіном.

Для демонстрування досліду смужки фільтрувального паперу кнопками приколюють до дерев'яної палички, затиснутої в ланці штатива. Під смужками на піднімальному столику встановлюють маленький кристалізатор з водою і, опускаючи муфту штатива, занурюють кінці



смужок фільтрувального паперу у воду. Спостерігають піднімання води по капілярах фільтрувального паперу. Смужка парафіну перешкоджає воді підніматися вище за неї (мал.4.1).

З цього досліду роблять висновок про необхідність враховувати в будівельній практиці можливість піднімання вологи по капілярах будівельних матеріалів. Навіть цегла і бетон мають широко розгалужені системи капілярів, по яких вода може підніматись на значну висоту, спричиняючи вологість стін будинку. Для захисту стін від вологості між фундаментом будинку і стінами прокладають шар смоли або іншого матеріалу, який перешкоджає проникненню вологи.



Мал.4.1. Демонстрування ролі капілярності в природі й техніці.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як ви розумієте, що для рідин характерний ближній порядок у розміщенні її частинок ?
2. Яка структура речовини ?
3. Які сили створюють поверхневий натяг ? Наведіть приклади, які підтверджують існування поверхневого натягу.
4. Чому поверхневий натяг залежить від температури ?
5. Чим пояснити, що поверхневий натяг розплавленого металу великий, а зрідженого газу дуже малий ?
6. Яка істотна зовнішня ознака кристалів ?
7. В чому полягає анізотропія властивостей кристала ?
8. Чому в одних напрямках кристал розколюється легше, ніж в інших ?
9. Як переконатися в анізотропії теплових властивостей монокристала ?
10. Чим пояснюється відмінність властивостей кристалічних і аморфних тіл ?
11. Що таке кристалічна просторова ґратка? Наведіть приклади кристалічних ґраток деяких речовин.
12. Чим відрізняється процес кипіння від процесу випаровування ?
13. Вивести формулу для обчислення висоти стовпа рідини в капілярі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаровський М.М. Фізичний експеримент в середній школі.-К.: Рад школа, 1964.
2. Буров В. А., Кабанов С. Ф., Свиридов В. І. Фронтальные экспериментальные задания по физике в 6-7 классах средней школы. – М.: Просвещение, 1981. – 112 с.
3. Буров Б.А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе.-М.: Просвещение, 1979.
4. Вольштейн С. Л., Качинский А. М., Климбар Б. А. Задания к фронтальным лабораторным работам по физике: 6-10 кл. – Минск: Нар. Асвета, 1984. – 112 с.
5. Гайдучок Г. М., Смук В. С., Возняк О. М. Організація та методика проведення лабораторних занять з фізики в середній школі: Метод. рекомендації. Івано-Франківськ: 1980. – 32 с.
6. Коршак Є. В. та ін. Про формування в учнів узагальнених вмінь і навичок знімати покази засобів вимірювання // Удосконалення форм і методів вивчення фізики. – К.: Рад. шк., 1982. – 79 с.
7. Коршак Є.В., Миргородський Б.Б. Методика і техніка шкільного фізичного експерименту.-К.: Рад.школа.
8. Марголис А.А. Практикум по школьному физическому эксперименту.-М.: Просвещение, 1977.
9. Миргородський Ю.Б., Шабаль В.К. Демонстраційний експеримент з фізики. –К.: Рад.школа, 1980.
10. Нижник В. Г. Вимірювання фізичних величин та похибок. – К.: Рад. шк., 1979. – 104 с.
11. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе / Под ред. А. А. Покровского. – М.: Просвещение, 1974. – 208 с.
12. Шахмаев Н.М., Шилов Б.Ф. Физический эксперимент в средней школе.- М.: Просвещение, 1989.

ВГЦ «Просвіта»

Підп. до друку 01.07.2019 р. Папір ксероксний.

Гарнітура “Times New Roman”. Віддруковано на різнографі.

Наклад 100.