

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ПЕДАГОГІКИ НАПН УКРАЇНИ**

**СІПІЙ В. В., ЛЯШЕНКО О. І.,  
ЗАСЄКІН Д. О., МАЦЮК В. М.**

**ФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**7 КЛАС**

**навчальний посібник**

Електронне видання

**Київ  
Видавничий дім «Освіта»  
2024**

УДК 53(079.1)\*7 кл.

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту педагогіки НАПН України  
(протокол № 14 від 28 грудня 2023 р.)*

**Рецензенти:**

**Гречанівський Олексій Євгенович**, кандидат фізико-математичних наук, вчитель фізики та інформатики спеціалізованої школи № 2 ім. Д. Карбишева з поглибленим вивченням предметів природничого циклу Подільського району міста Києва

**Білецький В'ячеслав В'ячеславович**, кандидат педагогічних наук, викладач Рівненського фахового коледжу інформаційних технологій

**Експерт:**

**Бурда Михайло Іванович**, доктор педагогічних наук, професор, дійсний член НАПН України, завідувач відділу математичної та інформативної освіти Інституту педагогіки НАПН України.

**Фізичні дослідження. 7 клас:** навчальний посібник / Сіпій В. В., Ляшенко О. І., Засекін Д. О., Мацюк В. М. [Електронне видання]. Київ : Видавничий дім «Освіта», 2024. – 68 с.

ISBN 978-966-983-515-4

У навчальному посібнику дібрано лабораторні роботи, експериментальні й дослідницькі завдання для організації процесу навчання спрямованого на досягнення очікуваних результатів навчання, якими є: пізнання світу природи засобами наукового дослідження; опрацювання, систематизація та представлення інформації природничого змісту; усвідомлення закономірностей природи та ролі природничих наук і техніки в житті людини; відповідального поведіння для забезпечення сталого розвитку, розвиток власного наукового мислення, набуття досвіду розв'язання проблем природничого змісту (індивідуально та у співпраці).

Призначено для учнів та вчителів закладів загальної середньої освіти, студентам педагогічних закладів вищої освіти

© Інститут педагогіки НАПН України, 2024

© Видавничий дім «Освіта», 2024

© Сіпій В. В., Ляшенко О.І.,

Засекін Д. О., Мацюк В. М., 2024

ISBN 978-966-983-515-4

## ЗМІСТ

Навчальний фізичний експеримент у 7 класі.....	4
Лабораторне обладнання.....	7
Лабораторна робота № 1. Ознайомлення з вимірювальними приладами. Визначення ціни поділки шкали приладу.....	14
Лабораторна робота № 2. Оцінка похибок (невизначеностей) вимірювань.....	17
Лабораторна робота № 3. Визначення розмірів малих тіл.....	21
Лабораторна робота № 4. Визначення розмірів молекул (за фотографією).....	23
Лабораторна робота № 5 Ознайомлення з методами і приладами вимірювання часу.....	24
Лабораторна робота № 6 Вимірювання об'єму твердих тіл, рідин і сипких матеріалів.....	28
Лабораторна робота № 7 Визначення періоду обертання та швидкості руху по колу.....	30
Лабораторна робота № 8. Дослідження періодичних процесів.....	32
Лабораторна робота № 9. Вимірювання маси тіл методом зважування.....	35
Лабораторна робота № 10. Визначення густини речовини (твердих тіл і рідин).....	37
Лабораторна робота № 11. Дослідження пружних властивостей тіл.....	39
Лабораторна робота № 12. Визначення коефіцієнта тертя ковзання.....	41
Лабораторна робота № 13. З'ясування умов плавання тіла.....	42
Лабораторна робота № 14. Вивчення блоків.....	44
Лабораторна робота № 15. Дослідження рівноваги тіл під дією кількох сил.....	46
Лабораторна робота № 16. Визначення ККД похилої площини.....	49
Цифрова лабораторія.....	51
Датчик температури.....	54
Датчик сили.....	55
Лабораторна робота з використанням цифрової лабораторії.....	56
Віртуальна лабораторія.....	61

## Навчальний фізичний експеримент у 7 класі

У модельній навчальній програмі «Фізика. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти / Головка М. В., Засекін Д. О., Засєкіна Т. М., Крячко І. П., Ляшенко О. І., Мацюк В. М., Мельник Ю. С., Непорожня Л. В., Сіпій В. В. Київ : Міністерство освіти і науки України, 2023, 20 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/738594> передбачено види діяльності «спостереження», «дослідження».

*Групу результатів, якими виявляються вміння проводити дослідження природи доцільно оцінювати засобами експериментальних завдань з виконання короточасних чи тривалих дослідів і досліджень.*

Навчальний фізичний експеримент як органічний складник методичної системи навчання фізики забезпечує формування в учнів необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистісного досвіду експериментальної діяльності. Завдяки цьому учні зможуть у межах набутих знань розв'язувати пізнавальні завдання засобами фізичного експерименту. У шкільному навчанні ця форма роботи реалізується завдяки демонстраційним і фронтальним експериментам, лабораторним роботам і короткотривалим дослідом, фізичному практикуму, навчальним проектам, позаурочним дослідом і спостереженням тощо.

Назви лабораторних робіт й форму проведення у вигляді короточасних експериментів, фронтальних лабораторних робіт, фізичного практикуму визначає вчитель виходячи з можливостей фізичного кабінету чи особливостей організації освітнього процесу в закладі освіти.

Зокрема при організації дистанційного навчання перевагу слід надавати віртуальним лабораторним роботам, роботам де використовуються побутові прилади, що є у більшості учнів, конструюванню саморобних приладів тощо.

У програмі наведена орієнтовні види навчальної діяльності, які дозволяють сформулювати стійкі вміння проводити дослідження природи. З запропонованих у зошиті лабораторних робіт вчитель обирає ті які будуть виконуватись під час очного навчання у школі чи самостійно учнями вдома.

## Вступ

### *Дослідження*

- спостереження фізичних явищ, що відбуваються в природі впродовж вибраного періоду (доба, тиждень тощо);
- описування вибраного природного об'єкту / явища за критерієм «знаю / не знаю»;
- класифікування фізичних тіл і явищ природи за різними ознаками;
- вимірювання фізичних величин (маси, розмірів малих тіл, площ, відстаней, об'ємів, температури, освітленості) за допомогою вимірювальних приладів (у тому числі й цифрових (електронних) вимірювальних пристроїв, програмного забезпечення).

## Тема 1. Механічний рух

### *Дослідження*

- виявлення пропорційної залежності між величинами, що описують прямолінійний рівномірний рух, взаємозв'язку між величинами, що описують рівномірний рух по колу;
- вимірювання: середньої швидкості тіл, що здійснюють рівномірний і нерівномірний рухи; швидкості руху повітря; відстаней на планах і картах та стробоскопічних фотографіях;
- моделювання: відносності руху; реальних природних рухів; рухів тварин і рослин;
- конструювання механізмів, що перетворюють прямолінійний рух на обертальний і навпаки.

## Тема 2. Взаємодія тіл. Сила

### *Дослідження*

- інерції; пружних властивостей тіл; контактних і безконтактних сил; залежності між масою тіла та його інертними та гравітаційними властивостями; між силою пружності і видовженням; між масою і силою тяжіння; між площею і якістю поверхонь рухомих тіл, масою рухомого тіла і силою тертя ковзання, між формою тіла, густиною середовища і силою опору середовища;

взаємного розташуванням тіл і рідин різної густини у циліндричному посуді; закономірностей руху небесних тіл і обліком часу; впливу земного тяжіння на організми, газову оболонку Землі;

- вимірювання: маси тіла; густини речовини; сили динамометром; рівнодійної сил; ваги в ліфтах; коефіцієнта пружності; сили тертя ковзання; швидкості руху кульки у рідинах різної густини;
- *моделювання: руху планет; календарів*
- конструювання: терез; динамометра; механізму на «гумовому двигуні».

### **Тема 3. Тиск твердих тіл, рідин і газів**

#### **Дослідження**

виявлення залежності тиску від значення сили та площі; дії атмосферного тиску; передавання тиску рідинами й газами; зміни тиску в рідині з глибиною; дії виштовхувальної й піднімальної сили; рівності виштовхувальної сили вазі витісненої рідини в об'ємі зануреної частини тіла; умов плавання тіл; гідростатичного парадоксу;

- вимірювання й визначення: атмосферного й гідростатичного тиску; виштовхувальної сили;
- моделювання: сполучених посудин; занурення і спливання підводного човна, риб;
- конструювання: моделі фонтана; пневматичного механізму.

### **Тема 4. Механічна робота, потужність, енергія**

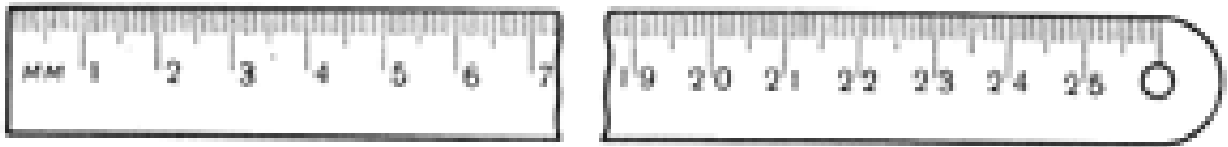
#### **Дослідження**

- виявлення зміни і перетворення механічної енергії, умови рівноваги важеля; зміни швидкості й напрямку руху ведучої частини механізму, що містить зубчасту передачу;
- визначення: кінетичної та потенціальної енергії тіл, механічної роботи, коли сила діє вздовж напрямку руху; потужності, моменту сили; коефіцієнту корисної дії; ККД простого механізму;
- моделювання й конструювання: простих механізмів; зубчастих передач.

## Лабораторне обладнання

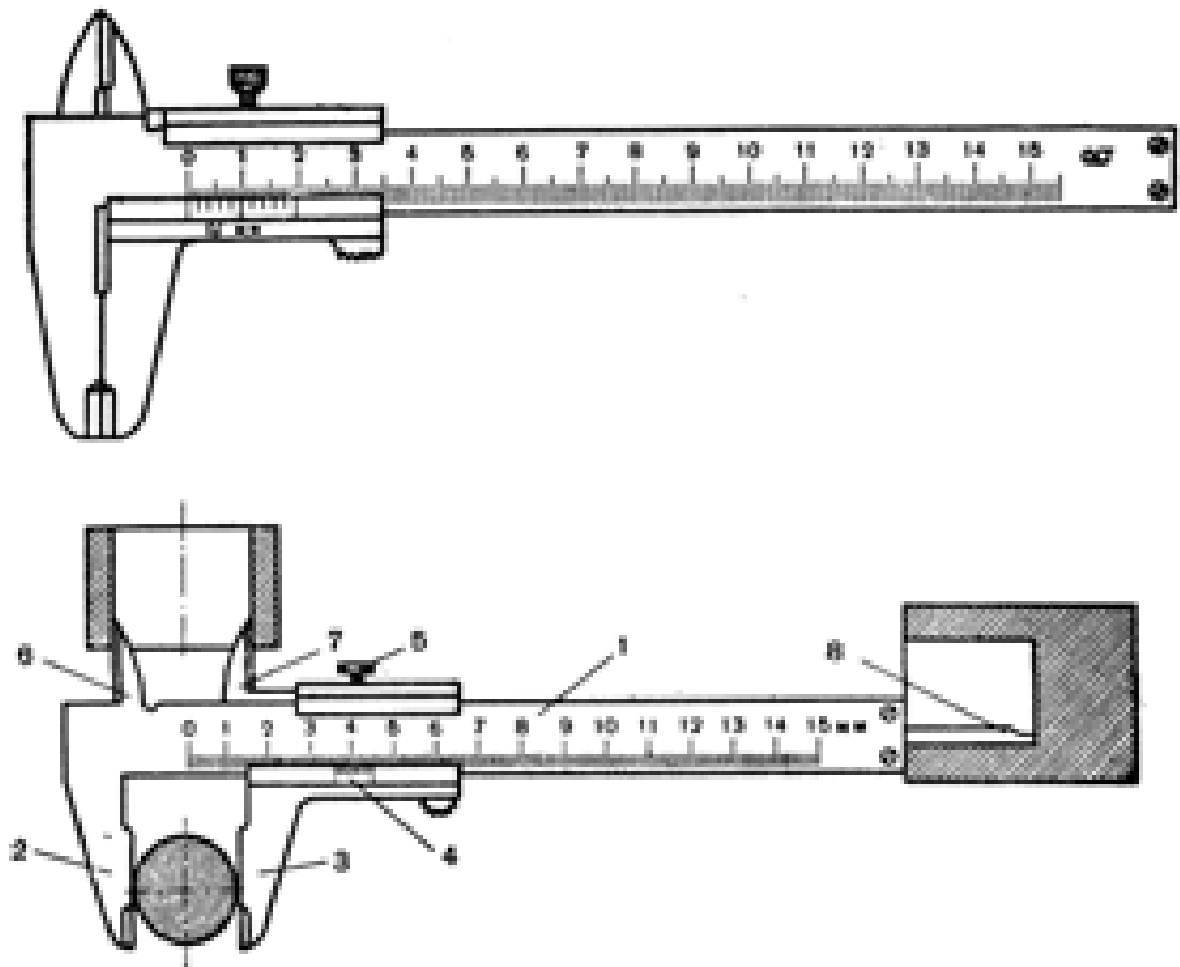
### Лабораторне обладнання

#### 1. Лінійка



Масштабні лінійки використовують для вимірювання лінійних розмірів невеликих тіл. Лінійки виготовляють з пружної твердої сталі. Поверхня їх добре відшліфована. На одній стороні лінійки вигравірувані міліметрові поділки. Лінійки виготовляють завдовжки 150, 200, 250, 300, 500 мм і більше. Іноді перші 50 мм лінійки поділені на половини міліметрів, отже, точність вимірювання становить 0,25 мм.

#### 2. Штангенциркуль



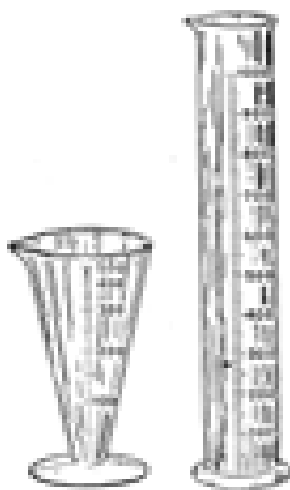
Штангенциркуль застосовують для вимірювання довжини з точністю до 0,1 мм. Ним можна вимірювати як зовнішні, так і внутрішні розміри деталей (товщину стінок, діаметр і ширину отворів у деталі, а також глибину).

Штангенциркулі бувають різних розмірів. Для фізичних кабінетів більш підходить штангенциркуль на 150 мм.

Штангенциркуль складається з сталюї лінійки-штанги 1 з міліметровими поділками з двома парами губок 2, 6, які утворюють одне ціле з лінійкою, і 3, 7, які виготовлені разом з рамкою, яку можна рухати по лінійці.

На нижній похилій грані рамки нанесені поділки ноніуса 4 для вимірювання десятих частин міліметра. Гвинтом 5 рамку закріплюють у певному положенні. На зворотній стороні лінійки вибрано паз, в якому знаходиться вузька лінійка глибиноміра 8, з'єднана з рамкою. Всі розміри відлічують по поділках лінійки з ноніусом.

### ***3. Мензурки***



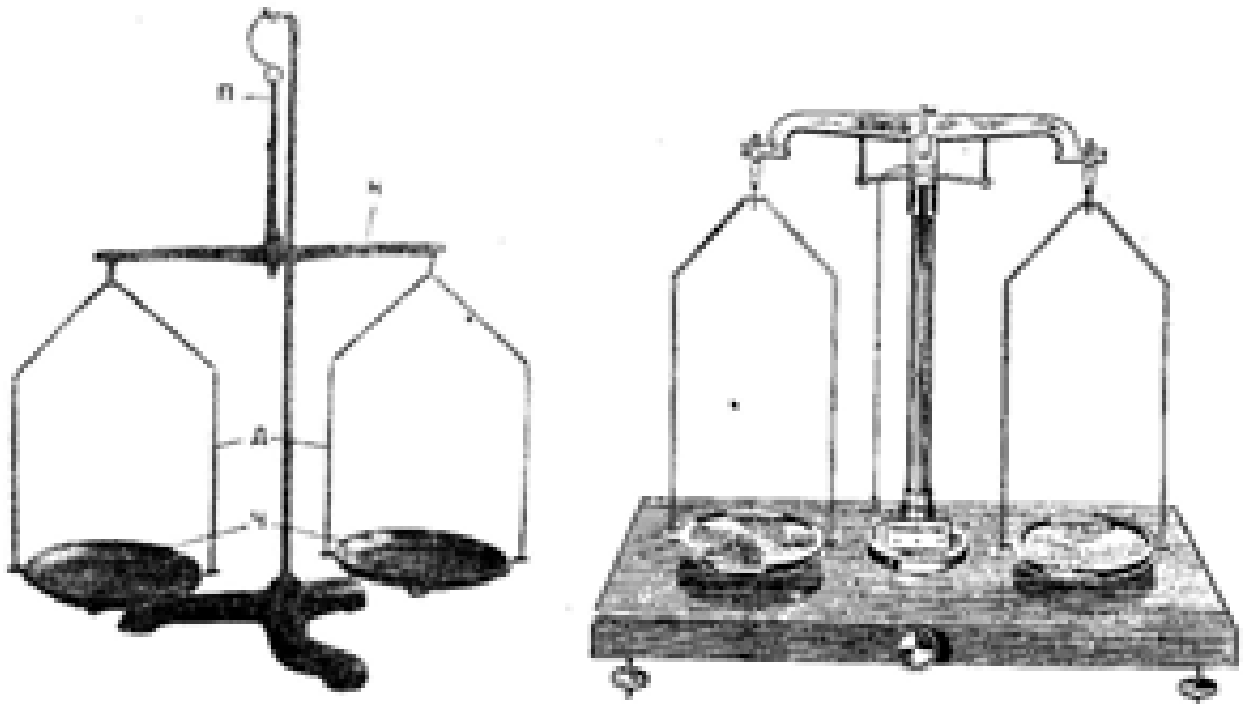
Мензурки використовують для вимірювання об'ємів рідин і твердих тіл. Об'єм твердих тіл малого розміру вимірюють безпосередньо в мензурці, а великих – за допомогою відливної склянки.

Мензурки бувають різної місткості і з різною ціною поділок. Конічні мензурки стійкіші, але мають нерівномірні поділки.

У фізичному кабінеті мають бути мензурки різної місткості. Для лабораторних робіт потрібні циліндричні мензурки на 100 чи 200 см<sup>3</sup> з ціною поділок в 1 чи 2 см<sup>3</sup>.



#### 4. Терези для лабораторних робіт



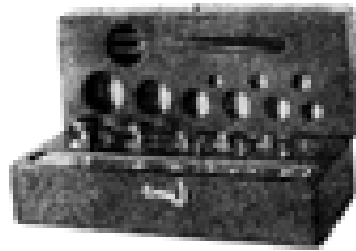
Терези лабораторні призначаються для зважування різних тіл вагою до 100 г з точністю до 0,01 г і використовуються в ряді лабораторних робіт.

Терези складаються з таких основних частин: коромисла К зі стрілкою, підвіска П, двох дужок Д з хрестовинами і двох плоских чашечок Ч. Всі ці частини виготовлені з металу.

Підвіски спираються на сталеві призми, закріплені на коромислі. На хрестовинах дужок і чашках є позначки Л і П, щоб підвішувати їх: Л на ліве і П на праве плече коромисла інакше порушується рівновага терезів.

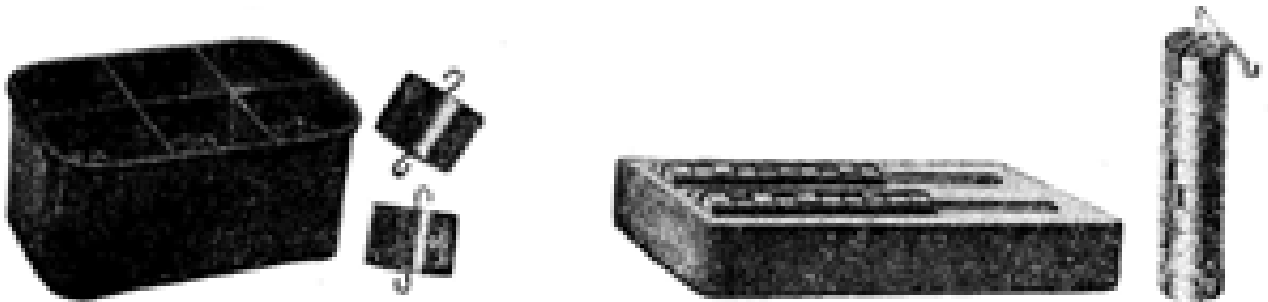
При зважуванні терези підвішують на штатив, щоб чашки були невисоко над поверхнею стола.

## **5. Важки для лабораторних робіт**



Для лабораторних робіт використовують набір різноважків від 10 мг до 200 г чи від 10 мг до 100 г. Такі різноважки розміщуються в спеціальній коробці разом з пінцетом. В набір входять латунні (нікельовані) важки: 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 і 1 г, а також набір міліграмових важків 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20 і 10 мг.

## **6. Набір нормалізованих тягарців**



Нормалізовані тягарці бувають різної конструкції. Найбільш поширені циліндричні металеві (чи пластмасові) тягарці з двома гачками масою по 100 г кожний комплектами по 10 чи 6 штук, укладеними в спеціальні колодочки чи коробки.

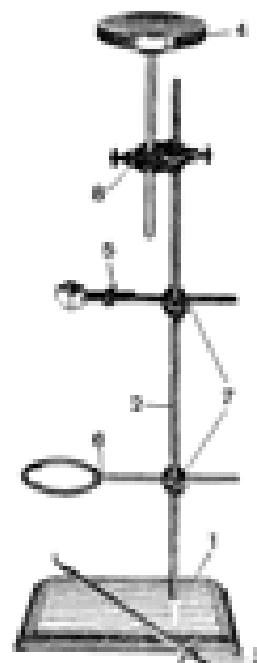
Є ще інша конструкція тягарців у вигляді невисоких металевих дисків з вузьким розрізом від бічної поверхні по радіусу до центра. До одного тягарця прикріплено довгий стержень з гачком, на який надівають тягарці з розрізом, кожний масою 50 г. Бічна поверхня одних тягарців блискує, а інших – чорна, щоб їх можна було розрізняти на віддалі. В комплект входять два набори з гачками, і зберігаються вони в спеціальній колодочці.

## **7. Фізичний штатив**

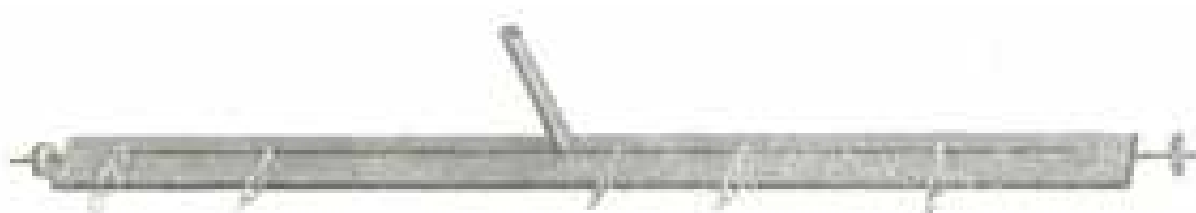
Прилад використовують для складання різних установок і прикріплення приладів при демонструванні дослідів з фізики.

Комплект штатива складається з чавунної підставки 1, залізного стояка 2 завдовжки 500 мм, стояка 3 з гачком завдовжки 250 мм, підйимального столика 4, лапки-тримача 5, кільця 6, двох перпендикулярних муфт 7 і паралельної муфти 8.

За допомогою приладу забезпечується стійке кріплення деталей і приладів у вертикальному і горизонтальному положеннях.



## **8. Важіль для лабораторних робіт**



Важіль застосовують для демонстрування, а також для проведення лабораторних робіт при вивченні рівноваги сил і правила моментів.

Прилад являє собою тонку дерев'яну лінійку завдовжки 50 см. По середині лінійки є отвір для надівання її на вісь, а по краях закріплені стержні з гвинтовою різью і тягарцями для зрівноваження важеля. Вздовж лінійки, з обох країв, вибрані пази, на яких закріплюють дротяні петельки для підвішування тягарців.

### *9. Динамометр для лабораторних робіт (конструкції Бакушинського).*



Прилад складається з спіральної пружини з покажчиком і гачком на довгій дротині.

Верхній край пружини закріплений на дерев'яній дощечці з шкалою на 4 Н. На нижній частині дощечки укріплено дротяну скобу, через яку проходить дротина з гачком на кінці. Ця скоба перешкоджає розтягуванню пружини при надмірних навантаженнях.

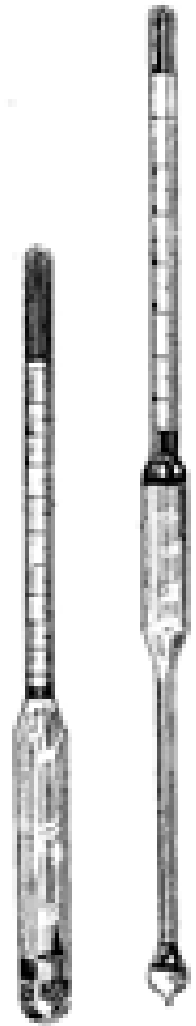
## 10. Ареометр

Прилад застосовують для вимірювання густини рідин. Дія приладу ґрунтується на законі Архімеда.

Ареометр являє собою запаяну скляну трубку, звужену у верхній частині, де міститься шкала. В нижній частині трубки знаходиться дріб, щоб надати приладу при плаванні вертикального положення.

Ареометри бувають двох типів: для вимірювання густини від 0,65 до 1 г/см<sup>3</sup> і для вимірювання густини – від 1 до 2 г/см<sup>3</sup>.

Виготовляють також ареометри спеціального призначення: лактометри, спиртометри, сахариметри тощо.



## *Лабораторна робота № 1*

### **Ознайомлення з вимірювальними приладами.**

#### **Визначення ціни поділки шкали приладу**

**Мета.** Ознайомитися з найпростішими вимірювальними приладами. Навчитись визначати ціну поділки шкали приладу.

**Обладнання:** лінійка; мірний циліндр (мензурка); термометр.

#### **Теоретичні відомості**

Фізичні величини вимірюють за допомогою вимірювальних мір і приладів. Для того, щоб отримати правильний результат вимірювань слід додержуватись **методики виконання вимірювання** (сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результатів вимірювання з потрібною точністю).

Починають роботу з вимірювальним приладом з ознайомлення з його шкалою за якою визначають:

- одиницю фізичної величини в якій проградуєвано прилад;
- ціну поділки шкали;
- діапазон вимірювань;
- абсолютну похибку засобу вимірювань.

В усіх засобах вимірювальної техніки, як правило, застосовують міжнародні позначення одиниць, при записі ж результатів вимірювання слід вживати українське позначення одиниці фізичної величини.

**Ціна поділки шкали аналогового вимірювального приладу** – різниця значень вимірюваної величини, що відповідає двом сусіднім позначкам шкали.

**Діапазон показів (засобу вимірювань)** – інтервал значень вимірюваної величини, який обмежений початковим та кінцевим її значеннями.

*Примітка.* Початковим значенням вимірюваної величини називають найменше в діапазоні показів її значення, а кінцевим – найбільше її значення.

#### **Хід роботи**

1. Розгляньте найпростіші вимірювальні прилади – лінійку, мензурку (мірний циліндр), термометр. Визначте, для вимірювання яких фізичних величин вони використовуються. За відповідними позначеннями на шкалах

приладів (для мірного циліндра та термометра, як правило, у верхній частині шкали, а для лінійки, мірної стрічки – у нижній) визначте, в яких одиницях виконуються вимірювання фізичних величин цими приладами. Основні характеристики вимірювальних приладів запишіть до таблиці (табл.1).

2. Зверніть увагу на шкали вимірювальних приладів. Ви побачите, що числа стоять лише біля деяких позначок. Біля більшості поділок чисел немає. За початковою (нижньою) та кінцевою (верхньою) позначкою з цифровим значенням шкали визначте нижню та верхню межі вимірювання.

3. Порахуйте кількість поділок між верхньою ( $BM$ ) та нижньою межею ( $HM$ ). Для визначення ціни поділки шкали приладу ( $C$ ) знайдіть різницю між числовими значеннями верхньої ( $BM$ ) і нижньої межі ( $HM$ ) вимірювань і розділіть її на кількість поділок ( $N$ ) між верхньою та нижньою межами:

$$C = \frac{BM - HM}{N}.$$

Таблиця 1

Основні характеристики		Вимірювальний прилад		
		Лінійка	Мензурка	Термометр
Вимірювана фізична величина				
Одиниця величини				
Діапазон показів				
Шкала	Різниця між значеннями сусідніх цифрових позначок			
	Кількість поділок між ними			
	Ціна поділки шкали			
	Абсолютна похибка засобу вимірювань			

4. Порахуйте кількість поділок між двома найближчими (сусідніми) числовими позначками на шкалі. Знайдіть різницю між більшим і меншим значенням вибраних позначок на шкалі та розділіть її на кількість поділок між ними. Порівняйте значення ціни поділки приладу, отримані обома способами.

5. Запишіть значення абсолютної похибки засобу вимірювання, визначивши її як половину ціни найменшої поділки шкали вимірювального приладу.

### **Контрольні запитання**

1. Що спільного є в усіх вимірювальних приладах?
2. Чи можна отримати точне значення фізичної величини?
3. Від чого залежить точність вимірювань?



## Лабораторна робота № 2

### Оцінка похибок (невизначеностей) вимірювань

**Мета.** Навчитися проводити оцінку абсолютної і відносної похибок прямих і непрямих вимірювань.

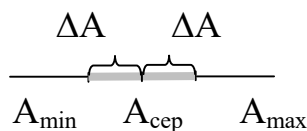
**Обладнання:** лінійка, термометр, мензурка, динамометр, амперметр, вольтметр.

### Теоретичні відомості

Фізичну величину не можна виміряти абсолютно точно, під час її вимірювання неминучими є помилки, які називають *похибками*. Одним з основних джерел похибок є вимірювальний прилад, тобто ціна поділки його шкали. Від похибок відрізняють *промахи* у вимірюваннях, тобто неправильне користування приладом, його технічний стан, несталість значення вимірюваної величини тощо.

**Похибка вимірювання фізичної величини** – це відхилення *обмірюваного* значення величини від її *істинного* значення. Похибки вимірювання обумовлені як обмеженою точністю вимірювальних приладів, так і впливом випадкових факторів – тертя, вібрації будинку або лабораторного столу, руху повітря тощо. Розрізняють *абсолютну* і *відносну* похибки.

**Абсолютна похибка** – це модуль відхилення обмірюваного значення фізичної величини від її істинного значення. Абсолютну похибку вимірювання величини  $A$  позначають  $\Delta A$ , а результат вимірювання записують у вигляді  $A = A_{\text{сеп}} \pm \Delta A$ . Такий запис означає, що істинне значення вимірюваної величини з великою ймовірністю знаходиться в інтервалі від  $A_{\text{min}} = A_{\text{сеп}} - \Delta A$  до  $A_{\text{max}} = A_{\text{сеп}} + \Delta A$ .



Очевидно, що  $A_{\text{сеп}} = \frac{A_{\text{max}} + A_{\text{min}}}{2}$  та  $\Delta A = \frac{A_{\text{max}} - A_{\text{min}}}{2}$ .

**Відносна похибка** – це *відношення* абсолютної похибки вимірювання величини до вимірюваного значення цієї величини, виражене у відсотках.

Відносна похибка вимірювання  $\varepsilon_A = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%$ . Відносна похибка

характеризує точність вимірювання краще, ніж абсолютна. Наприклад, якщо довжина олівця і довжина кімнати виміряні з однією і тією ж абсолютною похибкою  $\Delta l = 1$  см, то в першому випадку вимірювання є не дуже точним (відносна похибка складає кілька відсотків), а в другому випадку досить точним (відносна похибка – десяті частки відсотка). У шкільних лабораторних роботах відносна похибка складає звичайно від кількох відсотків до 20-30 %.

### **Оцінка абсолютної похибки прямих вимірювань.**

Прямим називається вимірювання, при якому значення вимірюваної величини визначається безпосередньо по шкалі вимірювального приладу (лінійки, динамометра, годинника тощо). Якщо результати повторних дослідів у межах точності приладу збігаються, похибку вимірювання вважають рівною половині ціни поділки шкали приладу  $\Delta A = \Delta A_{\text{ш}}/2$  (наприклад, похибка вимірювання довжини за допомогою лінійки з міліметровими поділками дорівнює 0,5 мм). Якщо ж розкид результатів повторних дослідів більше  $\Delta A_{\text{ш}}/2$  (наприклад розкид результатів виміру часу часу складає 3 с, тоді як ціна поділки годинника із секундною стрілкою  $\Delta A_{\text{ш}} = 1$  с), діють таким чином. За

вимірюване значення приймають  $A_{\text{сер}} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_N}{N}$ , де N – число дослідів,

а похибку вимірювання, обумовлену випадковими факторами, *приблизно* оцінюють за формулою:

$$\Delta(A)_{\text{сер}} = \frac{|A_{\text{сер}} - A_1| + |A_{\text{сер}} - A_2| + \dots + |A_{\text{сер}} - A_N|}{N}. \quad \text{За абсолютну похибку}$$

вимірювання  $\Delta A$  приймають *більшу* з двох величин:  $\Delta A_{\text{ш}}/2$  і  $\Delta(A)_{\text{сер}}$ .

### **Оцінка абсолютної похибки непрямих вимірювань.**

Непрямим називається вимірювання, при якому значення вимірюваної величини визначаються за формулами, у які входять значення фізичних величин, отримані за допомогою прямих вимірювань. Наприклад, для вимірювання густини речовини можна виміряти масу й об'єм тіла і

скористатися формулою  $\rho = \frac{m}{V}$ .

Один з найбільш простих методів оцінки похибки непрямих вимірів – це *метод меж*. Він полягає в тому, що за допомогою формули, по якій обчислюється вимірювана величина  $V$ , зходять два значення  $V_{\min}$  і  $V_{\max}$ , між якими (із великою ймовірністю) знаходиться істине значення вимірюваної величини  $V$ .

Розглянемо застосування методу меж на прикладі вимірювання густини. Припустимо, результати прямих вимірювань маси й об'єму такі:  $m = 30\text{г} \pm 0,5\text{г}$ ,  $V = 12\text{см}^3 \pm 0,5\text{см}^3$ . Це значить, що  $m_{\min} = 29,5\text{г}$ ,  $m_{\max} = 30,5\text{г}$ ,  $V_{\min} = 11,5\text{см}^3$ ,  $V_{\max} = 12,5\text{см}^3$ .

Тоді  $\rho_{\min} = \frac{m_{\min}}{V_{\max}} = 2,36 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ,  $\rho_{\max} = \frac{m_{\max}}{V_{\min}} = 2,65 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Таким чином,

$\rho_{\text{сеп}} = \frac{\rho_{\max} + \rho_{\min}}{2} = 2,50 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , а похибка вимірювання

$\Delta\rho = \frac{\rho_{\max} - \rho_{\min}}{2} = 0,14 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Тому результат вимірювання можна записати у виді

$$\rho = 2,50 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \pm 0,14 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

**Як округляти результати?** Якщо помилка округлення більша абсолютної похибки, округлення зменшує фактично досягнуту точність вимірювання, а якщо помилка округлення менша абсолютної похибки, останні цифри запису результату будуть недостовірними. Тому округляти результати вимірювань і обчислень треба так, щоб остання значуща цифра знаходилася в тому ж десятковому розряді, що й абсолютна похибка вимірюваної величини. У шкільних лабораторних роботах можна звичайно обмежуватися двома значущими цифрами.

### Контрольні запитання

1. Від чого залежить точність вимірювання (похибка вимірювання)?
2. Як пов'язана точність вимірювання з ціною поділки шкали фізичного приладу?
3. Як прийнято записувати результат вимірювання?
4. Як обчислюють відносну похибку вимірювання? Що вона показує?

5. Що таке прямі і непрямі вимірювання? Наведіть приклади.

### Робоче завдання

1. Дайте відповідь на контрольні запитання.
2. Виміряйте довжину та ширину зошита і запишіть результати з урахуванням похибки.
3. Обчисліть площу сторінки зошита з урахуванням округлення. Розрахуйте похибку визначення площі методом меж.
4. Розгляньте наявні фізичні прилади і заповніть таблицю:

Назва засобів вимірювання	лінійка	мензурка	термометр	динамометр
Вимірювана фізична величина				
Одиниці вимірювання				
Межі вимірювання				
Ціна поділки				
Точність вимірювання				

5. Зробіть висновок: *що ви вимірювали і який отримано результат.*

### Лабораторна робота № 3

#### Вимірювання розмірів малих тіл

**Мета.** Навчитись виконувати вимірювання методом рядів.

**Обладнання:** лінійка, набір тіл малих розмірів (пшоно, дріб, горох тощо).

#### Теоретичні відомості

Для вимірювання розмірів малих тіл існують спеціальні прилади (наприклад, мікрометр). Розміри маленьких кулястих тіл можна виміряти і звичайною лінійкою, але за умови, якщо таких тіл є велика кількість. Тоді застосовують так званий *метод рядів*. Його суть полягає в тому, що декілька таких тіл (15 – 25), складають впритул одне до одного в ряд. Вимірявши лінійкою довжину цього ряду  $l$  та поділивши її на кількість  $N$  предметів, можна визначити діаметр  $d$  однієї кульки  $d = \frac{l}{N}$ .

Аналогічно можна визначити діаметр дроту, намотаного на циліндричну паличку (скляну трубку). Метод рядів можна застосовувати для обчислення розмірів мікрочастинок (молекул, атомів) на мікрофотографіях. За цим методом можна також визначити товщину аркуша підручника.

#### Хід роботи

1. Складіть ряд з горошинок (15 – 25 шт.).
2. Виміряйте довжину ряду  $l$  лінійкою. Дані запишіть у таблицю 1.

Таблиця 1

Досліджуване тіло	Кількість частинок у ряду $N$	Довжина ряду $l$ , мм	Діаметр частинки $d$ , мм	Діаметр частинки $d$ , м

3. Обчисліть діаметр малих тіл  $d$ , запишіть результати обчислень у таблицю.
4. Оцініть результат і похибку вимірювання.
5. Проведіть вимірювання для пшонин. Результати запишіть до таблиці 1.

### **Контрольні запитання**

1. Запропонуйте метод обчислення товщини аркуша паперу шкільного підручника.
2. Чи залежить точність отриманого результату від кількості частинок у ряду?
3. Як, на вашу думку, можна оцінити абсолютну похибку визначення розміру однієї частинки?

## Лабораторна робота № 4

### Визначення розмірів молекул (за фотографією)

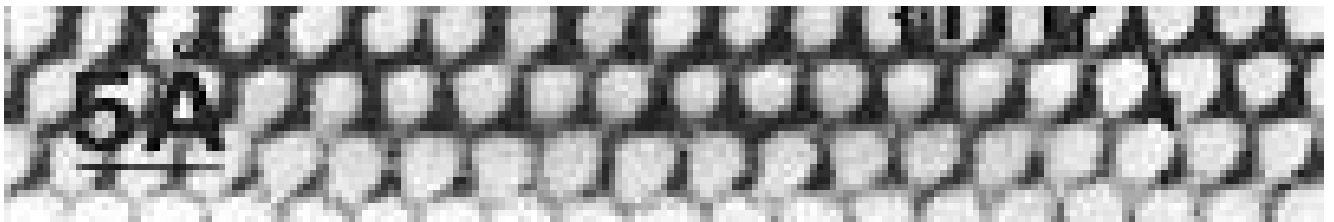
**Мета:** Навчитися виконувати вимірювання способом рядів і мікрофотографії.

**Обладнання:** лінійка, підручник, мікрофотографія.

#### Короткі теоретичні відомості

Використовують також метод вимірювання малих тіл за допомогою **мікрофотографії**. Для цього слід визначити розмір досліджуваної мікрофотографії. Потім підраховують кількість частинок у одному ряді і визначають середній діаметр частинки. Результат прямого вимірювання довжини ряду (на фотографії) ділять на кількість частинок. Отриманий результат слід поділити на збільшення мікроскопа. Це і буде шукане значення вимірюваної величини

**Примітка:**  $1\text{Å} = 10^{-10}\text{ м}$ .



#### Хід роботи

1. Уважно розгляньте мікрофотографію молекул золота отриману за допомогою електронного мікроскопа. Визначить, яке збільшення дає мікроскоп (масштаб фотографії).
2. Визначить діаметр молекули золота. Скільки шарів золота складають золоту фольгу товщиною 1 мкм?
3. За результатами досліджень зробіть висновок і дайте відповідь на контрольні запитання.

#### Контрольні запитання

1. У чому зміст метода рядів при вимірюванні лінійних розмірів тіл?
2. Яку кількість частинок має містити ряд, для точнішого результату?
3. Чому розміри тіл виміряні таким чином є середніми?

## Лабораторна робота № 5

### Ознайомлення з методами і приладами вимірювання часу

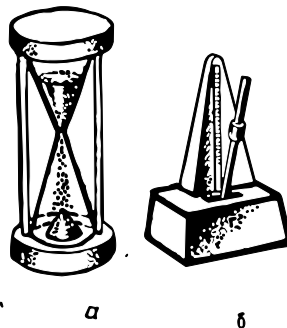
**Мета.** Ознайомитись з явищами, на яких базуються методи вимірювання часу.

**Обладнання:** штатив з муфтою і кільцем, важок з ниткою, лінійка з сантиметровими поділками, механічний та піщаний годинник, метроном (один на клас), фотографія секундоміра.

### Короткі теоретичні відомості

Для вимірювання часу використовують явища і процеси, що повторюються через однакові інтервали часу. Найбільш розповсюджені годинники використовують періодичні процеси: обертання Землі (сонячні годинники), коливання маятників різних видів (механічні, електромагнітні, кварцеві, електронні).

До числа найпростіших вимірників часу відносяться піщані (мал. 1, а) й водяні годинники. Принцип дії піщаного годинника полягає у пересипанні піску з однієї посудини до іншої. У водяному годиннику час визначається по витіканню води з однієї посудини до іншої.



мал. 1

Вимірювання часу з використанням періодичних процесів зводиться до підрахунку інтервалів часу, за які вони відбуваються. Процеси, що повторюються через однакові інтервали часу, називаються *періодичними*; до них перш за все відносяться коливання. Тому основною складовою частиною механічних вимірювачів часу (годинників) є маятники різного типу.

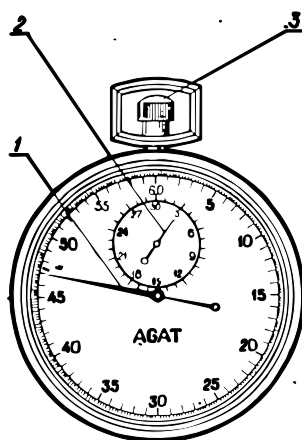
Першими годинниками людства були сонячні годинники, у яких по розташуванню Сонця визначали час. Система відліку, використовувана у



повсякденному житті, базується на обертанні Землі навколо своєї осі і відносно Сонця.

Система відліку тривалих проміжків часу, в якій встановлено певний порядок відліку днів, місяців, років, називається к а л е н д а р е м.

Спеціальні прилади призначені для вимірювання інтервалів часу з великою точністю називаються секундомірами. У механічних секундомірах використовуються пружинні маятники. Такий прилад нагадує кишеньковий годинник. Він має дві стрілки: довгу 1 – секундну і коротку 2 – хвилину. Секундомір заводять за допомогою головки 3. Вимірюючи тривалість довільного процесу, натискають на головку секундоміра (одночасно з початком цього процесу). У момент закінчення процесу повторно натискають на головку, і секундомір зупиняється. Показання на циферблаті секундоміра дає значення вимірюваного інтервалу часу. Секундомір зображений на малюнку 2, зафіксував інтервал часу 3 хвилини і 47,2 секунди. При третьому натисненні на головку стрілки секундоміра повертаються до нульових відміток.

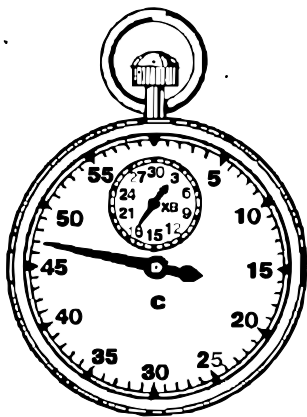


мал. 2

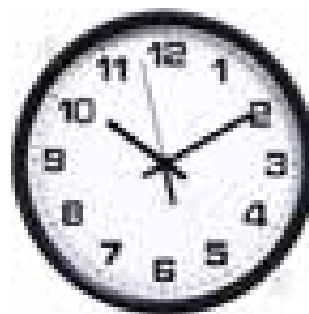
Прилад, призначений для відліку однакових інтервалів часу по гучним ударам маятника, називається *метрономом* (мал. 1, б). Метроном може дати від 40 до 208 ударів за хвилину. Коливання маятника підтримується спеціальним механізмом, пружину якого заводять ключем. Переміщуючи рухомий важок по стрижню, змінюють тривалість одного коливання маятника. Відлік ведуть по шкалі. Щоб правильно встановити кількість ударів за хвилину, слід важок притиснути до шкали і сумістити його край з поділкою.

## Хід роботи

1. Уважно розгляньте піщаний годинник, схематично замалюйте його в зошит.
2. Який проміжок часу можна виміряти цим годинником.
3. Оцініть точність вимірювання часу. Для цього за допомогою секундоміра (механічного годинника) виміряйте час пересипання піску. На скільки виміряний час відрізняється від зазначеного на годиннику? Чому?
4. Зробіть маятник, затиснувши кінець нитки, до якої прив'язано важок, у затискачі штативу. По ударам метроному, відрегульованого на 120 ударів за хвилину, підберіть таку довжину маятника, при якій одне коливання тривало б 4 с. Виміряйте довжину нитки маятника. Результат вимірювань запишіть до зошита.
5. Визначте кількість ударів вашого серця за 1 хв, використовуючи цей маятник. Порівняйте результат, вимірявши його ще й за допомогою секундоміра (годинника з секундною стрілкою).
6. Розгляньте мал. 3 та мал. 4. І дайте відповідь на наступні запитання:
  - Яка ціна поділки секундоміра і годинника?
  - З якою точністю можна виміряти час?
  - Визначіть час після запуску секундоміра і покази годинника.



мал. 3



мал. 4

7. Зробіть висновки і дайте відповідь на контрольні запитання.

### Контрольні запитання

1. Скільки хвилин у добі?
2. На яких явищах базується вимірювання часу?

3. На яких принципах засноване вимірювання часу механічним годинником і секундоміром?
4. Від чого залежить час одного коливання маятника? Чи змінюється тривалість одного коливання маятника з часом?
5. Назвіть усі відомі вам види годинників.

## Лабораторна робота № 6

### Вимірювання об'єму твердих тіл, рідин і сипких матеріалів

**Мета.** Навчитись вимірювати об'єми твердих тіл, рідин, сипких матеріалів.

**Обладнання:** лінійка; мірний циліндр (мензурка); брусок; склянка з водою; сипке тіло.

### Теоретичні відомості

Об'єм – фізична величина, що характеризує властивість тіл займати ту чи іншу частину простору. Одиницею об'єму в СІ є кубічний метр ( $\text{м}^3$ ).

На практиці часто використовується одиниця об'єму – літр (л). Літр є спеціальною назвою кубічного дециметра  $1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3$ .

Для вираження отриманого значення у стандартному вигляді в основних одиницях СІ слід враховувати, що множник, що відповідає приставці деци слід піднести до кубу.

$$\text{Наприклад, } 50 \text{ л} = 50 \text{ дм}^3 = 5 \cdot 10^1 \cdot (10^{-1})^3 \text{ м}^3 = 5 \cdot 10^1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

Об'єм вимірюють за допомогою мірного циліндра.

Якщо тіло має правильну геометричну форму, то, вимірявши лінійні розміри, можна визначити його об'єм за допомогою відповідних математичних формул.

### Хід роботи

1. Розгляньте лінійку та мірний циліндр. Використовуючи вміння, набуті під час першої лабораторної роботи, визначте ціну поділки шкали вимірювальних приладів та абсолютну похибку вимірювання об'єму  $\Delta V$ .

2. Ознайомтеся з правилами виконання вимірювань за допомогою лінійки та мензурки (мірного циліндра).

А) Під час вимірювання лінійних розмірів прикладіть лінійку до бруска. Око має дивитися так, щоб лінія зору була перпендикулярна до площини лінійки в точці зчитування. Сумістіть з краєм бруска нульову поділку шкали лінійки. Визначте за положенням іншого краю бруска значення його лінійних розмірів.

Б) Під час вимірювання мензуркою (мірним циліндром) око має дивитися так, щоб лінія зору суміщалася з верхньою лінією поверхні рідини в мірному циліндрі. Визначте об'єм рідини за поділкою шкали мірного циліндра, найближчої до лінії зору.



3. Виміряйте довжину( $l$ ), ширину( $d$ ) та висоту( $h$ ) бруска лінійкою. Вимірювання занесіть до таблиці 1. Розрахуйте об'єм бруска  $V = ldh$ . Результат виразити у  $\text{м}^3$ .

Таблиця 1

Довжина тіла $l$ , см	Ширина тіла $d$ , см	Висота тіла $h$ , см	Об'єм тіла $V$ , $\text{см}^3$	Об'єм тіла $V$ , $\text{м}^3$

4. Налийте в мензурку води та виміряйте її об'єм. Вимірювання занесіть до таблиці 2. Значення об'єму води запишіть у  $\text{см}^3$ . Врахуйте, що  $1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$ .

5. Додайте до мірного циліндру сипке тіло. Визначте, наскільки змінився рівень води. Виміряйте об'єм, який займає сипке тіло, як різницю рівнів води до та після досліду. Вимірювання занесіть до таблиці 2.

Таблиця 2

Об'єм води $V$ , $\text{см}^3$	Об'єм води $V$ , $\text{м}^3$	Об'єм сипкого тіла $V$ , $\text{см}^3$	Об'єм сипкого тіла $V$ , $\text{м}^3$

### **Контрольні запитання**

1. Як використовуючи мірний циліндр можна визначити об'єм твердого тіла?
2. Які чинники впливають на точність отриманих результатів?
3. Виразити в СІ значення об'єму води в озері  $1,5 \text{ км}^3$ .

## Лабораторна робота № 7

### Визначення періоду обертання та швидкості руху по колу

**Мета.** Ознайомитися з величинами, що характеризують рух тіла по колу.

**Обладнання:** кулька, підвішена на нитці; штатив з кільцем і муфтами, секундомір або годинник з секундною стрілкою, вимірювальна стрічка, аркуш паперу з накресленим колом (радіус 15 см).

#### Теоретичні відомості

Рух матеріальної точки по коловій траєкторії зі швидкістю, сталою за значенням, але змінною за напрямом, називають рівномірним рухом по колу.

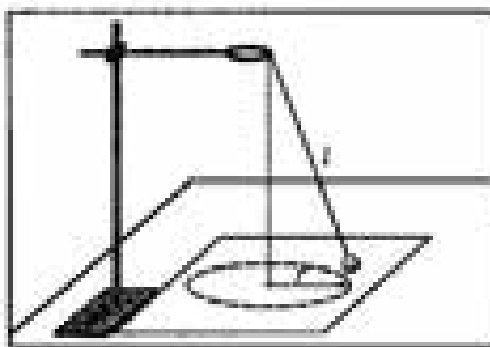
Рівномірний рух по колу характеризується специфічними величинами.

**Період обертання ( $T$ )** – час одного повного оберту точки, що рухається по колу. Якщо тіло робить  $N$  обертів за час  $t$ , то період обертання становить  $T = \frac{t}{N}$ , де  $t$  - час обертання;  $N$  - кількість зроблених обертів.

**Обертова частота ( $n$ )** – кількість обертів за одиницю часу. Щоб визначити обертову частоту матеріальної точки, треба кількість зроблених обертів  $N$ , які вона здійснила за час  $t$ , поділити на цей час:  $n = \frac{N}{t}$ .

Швидкість рівномірного руху по колу називають **лінійною швидкістю**. Лінійна швидкість руху тіла по колу спрямована по дотичній до даної точки кола, де розглядається рух тіла.

За період  $T$  матеріальна точка робить один оберт, тобто проходить шлях, що дорівнює довжині кола  $l = 2\pi r$ , тоді модуль лінійної швидкості її руху визначається:  $v = \frac{2\pi r}{T}$  або  $v = 2\pi r \cdot n$ .



Мал. Установка для виконання лабораторної роботи

### Хід роботи

1. Прив'яжіть нитку завдовжки близько 45 см до кульки й підвісьте до кільця штатива.
2. Приведіть кульку в обертання по колу радіусом  $r$ , яке намальовано на аркуші паперу.
3. Виміряйте час  $t$ , наприклад, 15 обертів кульки. Дослід повторити п'ять разів.
4. Обчисліть період  $T$  обертання кульки.
5. Обчисліть обертову частоту.
6. Обчисліть середнє значення лінійної швидкості руху кульки.
7. Результати вимірювань та обчислень запишіть до таблиці:

Номер досліджу	$t, c$	$N$	$T, c$	$n, об/с$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
Середнє значення				

### Контрольні запитання

1. Чи зміниться період обертання кульки, якщо рахувати не 15, а 30 обертів?
2. Чи зміниться період обертання, якщо радіус обертання зменшити у 2 рази (довжину нитки залишити незмінною).

## Лабораторна робота № 8

### Дослідження періодичних процесів

**Мета.** Дослідити нитяний маятник, з'ясувати, від чого залежить його період коливань.

**Обладнання:** годинник із секундною стрілкою, вимірвальна стрічка, нитка, штатив, набір тягарців, транспортир.

#### Теоретичні відомості

**Маятником називають** тіло, що коливається під дією сили тяжіння або сили пружності. Існує кілька типів маятників: нитяний, фізичний, пружинний.

**Нитяним маятником** називають точкове тіло, підвішене на невагомій і нерозтяжній нитці, яка здійснює рух у вертикальній площині під дією сили тяжіння. (рис.).

Період коливань математичного маятника залежить від довжини нитки та його положення на земній поверхні. Переконайтесь на цьому під час виконання лабораторної роботи.

#### Хід роботи

*1. З'ясувати залежність між довжиною маятника і періодом його коливань.*

1. На краю стола встановити штатив. Візьміть нитку завдовжки 1 м і підвісьте на ній тягарець (рис.2.47).

2. Відхиліть маятник на невеликий кут ( $5^\circ$ ) і без поштовху відпустіть. Пропустіть декілька коливань, а потім за допомогою секундоміра визначіть час  $t_1$ , за який маятник здійснює  $N=40-50$  повних коливань.

3. Період коливань визначте за формулою:  $T_1 = \frac{t_1}{N}$ .

4. Зменшіть довжину нитки у 2 рази і знову визначте період коливань  $T_2$ .

5. Виконайте те саме у чотири рази коротшим маятником ( $l_3=25$  см).

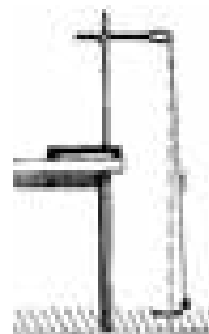


Рис. Установа для виконання лабораторної роботи

Номер досліджу	Довжина маятника,	Час коливань, $t$ , с	Період коливань, $T$ , с



	$l, \text{ м}$		

6. Зробіть висновок щодо залежності періоду коливань від довжини нитки.

*II. З'ясувати залежність між масою маятника і періодом його коливань.*

7. Зафіксуйте довжину нитки маятника (наприклад, 50 см) і підвісьте на ній один тягарець. Виконайте вимірювання (див. п. 2 і 3).

8. Не змінюючи довжини нитки маятника, підвісьте на ній два тягарці (три тягарці) і виконайте вимірювання (див. п. 2 і 3).

Номер досліду	Маса маятника, $m, \text{ кг}$	Час коливань, $t, \text{ с}$	Період коливань, $T, \text{ с}$

9. Зробіть висновок щодо залежності періоду коливань маятника від його маси.

*III. З'ясувати як залежить період коливань маятника від кута відхилення.*

10. Проробіть три досліди (див. п. 2 і 3), фіксуючи за допомогою транспортира початковий кут відхилення маятника ( $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$ ). З'ясуйте, як залежить період коливань маятника від кута відхилення.

Номер досліду	Кут відхилення, $^\circ$	Час коливань, $t, \text{ с}$	Період коливань, $T, \text{ с}$

## Контрольні запитання

1. Вкажіть, які фізичні величини, що характеризують коливання математичного маятника, мають найбільше значення у його крайніх положеннях.

2. У скільки разів зміниться період коливання нитяного маятника, якщо його довжина зменшилась у 2 рази?

3. У скільки разів зміниться період коливань нитяного маятника, якщо масу кульки збільшити у 3 рази?

## Лабораторна робота № 9

### Вимірювання маси тіл методом зважування

**Мета.** Навчитися користуватись важільними терезами та з їх допомогою визначати масу тіл.

**Обладнання:** терези важільні; різноваги; тіла для зважування (наприклад – гайка, кільце штатива, гумка, олівець.)

### Теоретичні відомості

#### Правила зважування на важільних терезах:

1. Перед зважуванням переконатись, що терези зрівноважені. При потребі встановлення рівноваги терезів, на більш легку шальку покласти шматок паперу, картону тощо.

2. Тіло, що зважують, кладуть на ліву шальку, важки – на праву.

3. На шальку терезів не можна класти мокрі, брудні, гарячі тіла, насипати без підкладки порошки, наливати рідини.

4. Відкрити ящик для різноваг і зняти скло, покласти його перед ящиком для складання різноваг. Запам'ятати, як укладені в ящик пінцет і різноваги. Дрібні різноваги брати лише пінцетом.

5. Якщо різновага перетягує шальку, її кладуть назад у футляр, якщо не перетягує, залишають на шальці. Далі, проробляють те саме з наступною різновагою (вона повинна бути меншою за попередню).

6. Зрівноваживши тіло, підраховують загальну масу різноваг, що лежать на шальці. Після цього переносять різноваги у футляр, закривають їх склом, вкладають пінцет та закривають футляр.

### Хід роботи

1. Ознайомитись з правилами зважування і будовою терезів (див. вище).

2. Розглянути набір різноваг від найбільшого до найменшого.

3. Визначити межу похибок вимірювання терезами, записати результат (межею похибки вимірювань маси є половина значення маси найменшої різноваги).

4. Визначити маси тіл для зважування. Результати зважування записати до лабораторного зошита. Запишіть результат у таблицю.

№ дослідю	Назва тіла	Набір різноваг, що зрівноважують тіло	Маса тіла	Абсолютна похибка вимірювання
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

### Контрольні запитання

1. Які різноваги треба покласти на шальку важільних терезів, щоб зрівноважити предмет масою 244,83г, що лежить на протилежній шальці?

2. Внаслідок певних причин важільні терези не перебувають в рівновазі. Наприклад, перетягує ліва шалька. Яку масу невідомого тіла, більшу істинної, чи меншу покажуть такі терези при зважуванні?

3. Чому терези, що знаходяться в частому користуванні підлягають регулярним перевіркам, що цим досягається?

## Лабораторна робота № 10

### Визначення густини речовини (твердих тіл і рідин)

**Мета.** Навчитися визначати густину твердих та рідких тіл за допомогою терезів та мензурки.

**Обладнання:** штангенциркуль, мірний циліндр, терези важільні, різноваги, металевий циліндр, стакан товстостінний з водою, шматки твердої однорідної речовини неправильної форми, фільтрувальний папір.

#### Хід роботи

##### Визначення густини твердого тіла правильної геометричної форми:

1. Зважити металевий брусок на лабораторних терезах дотримуючись правил зважування.
2. Виміряти штангенциркулем розміри бруска та обчислити його об'єм.
3. Дані вимірювань занести до таблиці.

№	Маса бруска $m$ , кг	Довжина бруска $a$ , см	Ширина бруска $b$ , см	Товщина бруска $h$ , см	Об'єм бруска $V$ , см <sup>3</sup>	Об'єм бруска $V$ , м <sup>3</sup>	Густина речовини бруска $\rho$ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

##### Визначення густини твердого тіла неправильної геометричної форми:

1. В циліндр налити 50 см<sup>3</sup> води.
2. Зважити разом декілька шматочків твердих тіл, що складаються з однакової речовини.
3. Визначити об'єм зважених шматків твердих тіл за допомогою мірного циліндра.

4. Дані вимірювань занести до таблиці

№ п.п.	Маса твердих тіл неправильної форми $m$ , кг	Початковий об'єм води в циліндрі $V_1$ , см <sup>3</sup>	Об'єм води в циліндрі з твердими тілами $V_1$ , см <sup>3</sup>	Об'єм твердих тіл неправильної форми $\Delta V_1$ , м <sup>3</sup>	Густина речовини з якої складаються тверді тіла $\rho$ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Визначення густини рідини:

1. Зважити пустий хімічний стакан.
2. Налити в мірний циліндр довільну кількість води і виміряти її об'єм.
3. Воду в мірному циліндрі вилити в зважений сухий хімічний стакан.
4. Зважити хімічний стакан з водою.
5. Визначити масу води в хімічному стакані.
6. Дані вимірювань занести до таблиці

№	Маса сухого хімічного стакана $m_1$ , кг	Об'єм води в мірному циліндрі $V$ , см <sup>3</sup>	Маса хімічного стакана з водою $m_2$ , кг	Маса води $m$ , кг	Густина води $\rho$ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

## Лабораторна робота № 11

### Дослідження пружних властивостей тіл

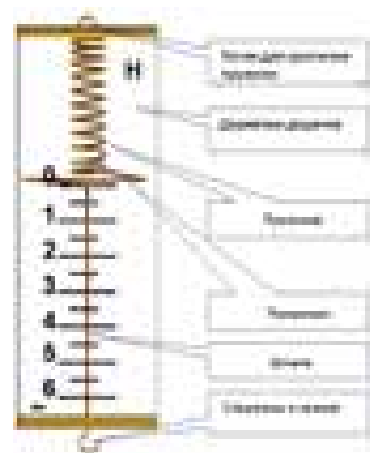
**Мета.** Дослідити пружні властивості пружини динамометра, навчитись градувати пружину і виготовляти шкалу із заданою ціною поділки та за її допомогою вимірювати сили.

**Обладнання:** динамометр лабораторний з неградуваною шкалою, набір тягарців з механіки масою 102 г, штатив універсальний з муфтами, лапкою і кільцем, паперова смужка, олівець, лінійка.

### Теоретичні відомості

На практиці часто доводиться вимірювати силу, з якою одне тіло діє на інше. Для вимірювання сили використовують прилад, який називається **динамометр** (від грецьк. динаміс - сила, метрео - вимірюю). Динамометри бувають різної будови. Основна їх частина - сталева пружина, якій надають різної форми залежно від призначення приладу. Принцип роботи динамометра ґрунтується на порівнянні будь-якої сили з силою пружності пружини.

Простий динамометр можна виготовити з пружини з двома гачками на кінцях, закріпленої на дощечці.



### Хід роботи

1. Прикріпити до динамометра у місці нанесення шкали паперову смужку.
2. Затиснути динамометр в лапку штатива у вертикальному положенні.
3. Підвісити до гачка динамометра спочатку один тягарець (рухомі частини динамометра не повинні торкатись його основи) і нанести олівцем горизонтальний штрих проти стрілки (показника значення величини сили).
4. Послідовно прикріплювати до першого тягарця другий тягарець, третій, четвертий, відмічаючи на папері значення розтягу пружини, починаючи від нульового положення позначки і відповідно, штрихів, позначених числами 0,1,2,3,4. (Всі відстані між штрихами мають бути розташовані на однаковій відстані).

5. Коли динамометр проградуєвано, зважити ним який небудь предмет, наприклад, кільце від штатива разом з муфтою.
6. Після зважування, зняти виготовлену паперову шкалу і порівняти її з шкалою, яка нанесена на динамометр на заводі при його виготовленні.
7. Зважити кільце від штатива з муфтою вдруге, скориставшись для визначення ваги тіл заводською шкалою.
8. Зробити висновки щодо точності визначення ваги з допомогою самостійно виготовленої шкали і заводської.

### **Контрольні запитання**

1. Як називають залежність між силою пружності і видовженням пружини?
2. Пружина динамометра під дією сили 4Н подовжилась на 5мм. Визначте вагу вантажу, під дією якого ця пружина подовжиться на 16мм.



## Лабораторна робота № 12

### Визначення коефіцієнта тертя ковзання

**Мета.** Визначити коефіцієнт тертя ковзання  $\mu$  дерева по дереву, за даними досліду побудувати графік залежності сили тертя від сили тиску бруска на поверхню, по якій він рухається.

**Обладнання:** динамометр, дерев'яний брусок, лінійка, набір тягарців по 0,1 кг.и, фільтрувальний папір.

#### Хід роботи

1. З допомогою динамометра визначити вагу дерев'яного бруска, підвішавши його до гачка динамометра і зняти покази його шкали.

2. Покласти брусок на горизонтально розміщену на парті лінійку навантаживши його тягарцем.

3. Прикріпити до навантаженого бруска динамометр і рівномірно тягти його вздовж лінійки. Зафіксувати при цьому покази динамометра. – значення сили .

4. Визначити величину сили тиску на лінійку.

5. До першого тягарця послідовно додати другий і третій тягарці , визначаючи при цьому величину сил тертя і нормального тиску.

6. Отримані результати занести до таблиці.

№ п.п.	Вага бруска $P, Н$	Значення сили тиску $N, Н$	Значення сили тертя $F_{\text{тер}}, Н$	Коефіцієнт тертя $\mu$	Середнє значення коефіцієнта тертя $\mu_{\text{сер}}$
1.					
2.					
3.					

7. Визначити середнє значення коефіцієнта тертя .

8. За результатами вимірювань побудувати графік залежності сили тертя від сили нормального тиску.

9. За результатами дослідів зробити висновок.

## Лабораторна робота № 13

### З'ясування умов плавання тіла

**Мета.** З'ясувати умови плавання тіл.

**Обладнання:** терези з важками, вимірювальний циліндр (мензурка), пробірка-поплавець із пробкою, дротяний гачок, сухий пісок, сухий клаптик тканини.

#### Теоретичні відомості

І сила тяжіння  $F_{\text{тяж}} = g\rho_{\text{т}}V_{\text{т}}$ , і архімедова (виштовхувальна) сила  $F_{\text{А}} = g\rho_{\text{р}}V_{\text{т}}$  для одного й того самого тіла залежать тільки від густини рідини і густини тіла. Очевидно, що сила тяжіння більша за архімедову тоді, коли густина тіла більша за густину рідини. І навпаки, сила тяжіння менша за архімедову, коли густина тіла менша за густину рідини.

Знаючи густину тіла і густину рідини, можна передбачити, як поводитиме себе тіло в рідині:

якщо густина тіла більша за густину рідини  $\rho_{\text{т}} > \rho_{\text{р}}$ , то воно тоне;

якщо густина тіла дорівнює густині рідини  $\rho_{\text{т}} = \rho_{\text{р}}$ , то тіло не тоне і не спливає;

якщо густина тіла менша за густину рідини  $\rho_{\text{т}} < \rho_{\text{р}}$ , то тіло спливає.

#### Хід роботи

1. Визначте ціну поділки мензурки.
2. Підготуйте терези для зважування.
3. Відкривши пробірку, засипте в неї трохи сухого піску.
4. Закривши пробірку корком, обережно опустіть її в мензурку.
5. Спостерігайте за плаванням пробірки.
6. Визначте об'єм пробірки за шкалою мензурки.
7. Вийнявши за допомогою гачка пробірку з води і висушивши її фільтрувальним папером, знайдіть її масу за допомогою важільних терезів.
8. Розрахуйте виштовхувальну силу та силу тяжіння, які діють на пробірку в рідині.
9. Порівняйте силу тяжіння і силу Архімеда.

10. Поступово досипаючи пісок в пробірку, досягніть того, щоб занурена пробірка спливала у воді.
11. Вийміть пробірку з води і, висушивши фільтрувальним папером, знайдіть її масу за допомогою терезів.
12. Розрахуйте виштовхувальну силу і силу тяжіння, які діють на пробірку з піском.
13. Порівняйте силу тяжіння і силу Архімеда для цього випадку.
14. Досипте пісок у пробірку так, щоб при зануренні у воду пробірка потонула.
15. За допомогою гачка занурте пробірку у воду і відпустіть.
16. Розрахуйте силу тяжіння і силу Архімеда та порівняйте їх.
17. Результати вимірювань і розрахунків запишіть у таблицю.

Номер досліду	Виштовхувальна сила, яка діє на пробірку, $F = g\rho_p V$ , Н	Вага пробірки з піском $P = mg$ , Н	Поведінка пробірки у воді

18. Зробіть висновок.

### Контрольні запитання

1. Чому плаває важкий корабель, а цвях – тоне?
2. На важільних терезах зрівноважено два вантажі: один залізний, другий свинцевий. Який з них переважить, якщо обидва їх занурити у воду?
3. Коли кипить вода у чайнику, можна помітити, що з дна чайника піднімаються бульбашки повітря і пари, які на поверхні води лопаються. Чому піднімаються бульбашки?

## **Лабораторна робота № 14**

### **Вивчення блоків**

**Мета.** Вивчити властивості рухомого блоку в експериментальних умовах.

**Обладнання:** рухомий та нерухомий блоки з лабораторного набору, два штативи, нитка, набір важків масою 120 г кожен, динамометр.

### **Вказівки до роботи**

Рухомий блок дає змогу, не змінюючи напряму сили, зменшити її значення вдвічі. Для підтвердження цієї властивості блока досліджують рухомий блок, що перебуває в рівновазі. Силою, яка діє на блок, є вага важків з шкільного набору масою по 120 г. Силу натягу нитки вимірюють динамометром, використання якого дає можливість виключити вагу самого блоку. Під час знімання показів динамометра радимо віднімати значення сили в момент, коли блок висить на нитці без навантаження.

### **Хід роботи**

1. Один кінець нитки прикріпіть до лапки штатива.
2. Закріпіть динамометр у лапці другого штатива. Вільний кінець нитки пропустіть через обойму блока і прикріпіть до гачка динамометра так, щоб дві частини нитки були вертикальними.
3. До гачка обойми підвісьте важок масою 120 г і виміряйте силу, прикладену до нитки. Покази динамометра запишіть у таблицю.
4. До гачка обойми блока підвісьте два важки масою по 120 г кожен і виміряйте силу, прикладену до нитки.
5. До гачка обойми динамометра підвісьте три важки з набору і виміряйте силу, прикладену до нитки.
6. Результати вимірювань запишіть у таблицю і зробіть висновки.
- 7\*. Спроектуйте і складіть установку, в якій нерухомий блок дозволить виміряти силу, що діє на рухомий блок, з горизонтально розташованим динамометром. Зробіть висновки щодо дії нерухомого блока.
7. Дайте відповідь на контрольні питання.

№	Маса важків $m$ , кг	Вага важків $P=mg$ , Н	Сила натягу нитки $F$ , Н	Відношення $P/F$
1				
2				
3				

### Контрольні питання

1. Який механізм називають блоком ? Для чого він використовується ?
2. Чи можна розглядати рухомий і нерухомий блоки як важелі ? Накресліть їх схеми.
3. Для чого по ободу колеса блока зроблено жолобок?
4. Визначити силу, з якою тисне на поверхню підлоги людина вагою 0,69 кН, що піднімає за допомогою нерухомого і рухомого блоків вантаж масою 130 кг. Зробіть відповідний малюнок.

## Лабораторна робота № 15

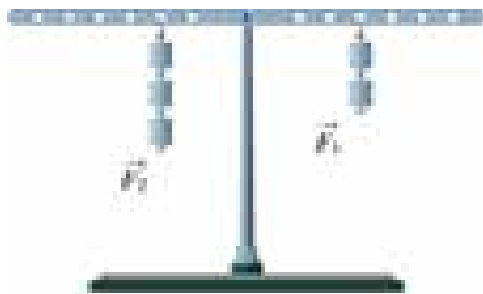
### Дослідження рівноваги тіл під дією кількох сил

**Мета.** Встановити співвідношення між моментами сил, прикладених до плечей важеля під час його рівноваги.

**Обладнання:** лінійка; динамометр; штатив з муфтою; важіль; набір тягарців масою по 100 г.

#### Теоретичні відомості

Важіль – тверде тіло, яке має вісь обертання. Рівновага важеля означає, що важіль перебуває у спокої. Щоб з'ясувати, коли важіль під дією прикладених до нього сил буде у рівновазі, потрібно знати плечі



сил - найкоротші відстані від точки обертання до напрямку дії сил. Важіль перебуває у рівновазі, коли сили, що діють на нього, обернено пропорційні

плечам цих сил  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ ,

де  $F_1, F_2$  – сили, що діють на ліву і праву частини важеля,  $l_1, l_2$  – плечі цих сил. Важіль буде у рівновазі, коли сума моментів сил, що обертають важіль за годинниковою стрілкою, дорівнюють сумам моментів сил, що обертають важіль проти годинникової стрілки. Це правило відоме як правило моментів.

Момент сили – це добуток сили на плече:  $M=Fl$ .

#### Хід роботи

1. Встановити важіль на штативі і зрівноважити його у горизонтальному положенні за допомогою пересувних гайок, розміщених на його кінцях.

2. Підвісити тягарець у певній точці лівого плеча важеля.

3. Підвісити один тягарець до правого плеча важеля і пересувати його вздовж правого плеча так, щоб важіль залишився у рівновазі.

4. Виміряти лінійкою плечі ( $l_1, l_2$ ).

5. Визначити сили, що діють на ліве та праве плечі важеля (вагу тягарців

$P = F_m = mg$ ).

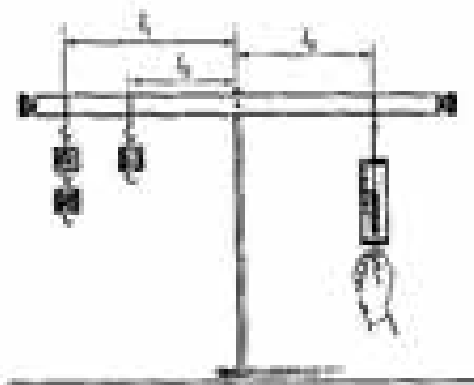
6. Змініть кількість тягарців, підвішених до плечей важеля. Наприклад, до лівого плеча підвісьте два тягарця, до правого – один. Установіть важіль у рівновазі. Потім повторіть дослід, підвісивши до одного плеча важеля два тягарці, до другого три. Виміряйте плечі сил, коли важіль перебуває в рівновазі, та прикладені сили. Результати вимірювань запишіть у таблицю.

7. Обчисліть моменти сил, що діють на важіль, та порівняйте їх значення.

№ дослідів	Ліва частина важеля			Права частина важеля		
	Сила $F_1$ , Н	Плече сили $l_1$ , м	Момент сили $M_1$ , Н·м	Сила $F_2$ , Н	Плече сили $l_2$ , м	Момент сили $M_2$ , Н·м
1						
2						
3						

#### Додаткове завдання

1. Прикріпити до лівого плеча важеля тягарці як показано на рисунку, до правого – динамометр і визначити силу  $F$ , яку необхідно прикласти до важеля, щоб він перебував у рівновазі (рис. 4.29).



2. Виміряти лінійкою плечі сил, прикладених до важеля.
3. Обчислити значення всіх моментів сил, що діють на важіль, суму моментів сил, що обертають важіль за годинниковою стрілкою ( $M_{за}$ ), та суму моментів сил що обертають важіль проти годинникової стрілки ( $M_{проти}$ ).
4. Записати дані до таблиці.

№	Ліва частина важеля							Права частина важеля			
	Сил а $F_1$ Н	Пле че сили $l_1$ , м	Момент сил $M_1$ Н·м	Сил а $F_2$ Н	Пле че сили $l_2$ , м	Момент сил $M_2$ Н·м	Момент сил $M_{проти}$ , Н·м	Сил а $F_3$ Н	Пле че сили $l_3$ , м	Момент сил $M_3$ Н·м	Момент сил $M_{за}$ Н·м
1											
2											

### Контрольні запитання

1. Що таке важіль?
2. Для чого використовують важелі?
3. Коли важіль перебуває у рівновазі?
4. Що називають моментом сили?
5. Що називають плечем сили?
6. Як у роботі знаходили сили, що діють на важіль?



## Лабораторна робота № 16

### Визначення ККД похилої площини

**Мета.** Переконалися, що корисна робота менша від витраченої; навчитися визначати коефіцієнт корисної дії простого механізму.

**Обладнання:** дошка, динамометр, лінійка, брусок, штатив з лапкою.

### Теоретичні відомості

Коефіцієнт корисної дії (ККД) це фізична величина, що показує ефективність роботи механізму. ККД чисельно дорівнює відношенню корисної роботи до витраченої (повної) роботи:

$$\eta = \frac{A_k}{A_b} 100\%.$$

Корисною називають роботу для виконання якої застосовують пристрій, наприклад робота для підйому вантажів. Виконана, або повна робота - це та робота, яку необхідно виконати під час користування простим механізмом. Витрачена робота завжди більша за корисну, тому що частина роботи (енергії) витрачається на подолання сил тертя і на переміщення окремих частин механізму (важеля, блока тощо).

Для похилої площини корисна робота - це робота, яка виконується при підйманні тіла вгору по вертикалі – вона дорівнює добутку сили тяжіння на висоту похилої площини  $A_k = F_T h$ , де  $F_T = mg$ , тобто  $A_k = mgh$ ,  $m$  – маса тіла,  $g$  – стале число ( $g = 9,8 \text{ Н/кг}$ ),  $h$  – висота похилої площини. На ту саму висоту можна підняти тіло, рухаючи його по похилій площині. Робота, яку необхідно виконати для переміщення тіла вздовж похилої площини, дорівнює добутку сили  $F$ , яку докладаємо під час руху тіла вздовж цієї площини на довжину похилої площини  $l$ :  $A_b = Fl$ .

**Правила техніки безпеки:** обережно поведіться з приладами, не допускайте їх падіння і руйнування; обережно працюйте з динамометром, не перевантажуйте його.

### Хід роботи

1. Установіть дошку похило у штативі.
2. Виміряйте висоту і довжину похилої площини.

3. Підвісьте до динамометра брусок та тягарці. Визначте сумарну вагу бруска і тягарців, тобто вагу вантажу, який переміщується вздовж похилої площини,  $P=F_T$  та корисну роботу  $A_K = F_T h$ .
4. Визначте силу, з якою тіло переміщують по похилій площині  $F$ .
5. Обчисліть витрачену роботу за формулою  $A_B = Fl$ .
6. Обчисліть коефіцієнт корисної дії за формулою  $\eta = \frac{A_K}{A_B} 100\%$
7. Повторіть досліди, змінюючи висоту похилої площини.
8. Знайдіть для кожного випадку коефіцієнт корисної дії.
9. Результати вимірювань і обчислень занесіть у таблицю:

№ дослід у	Висота похилої площини і $h$ , м	Вага вантажу $P$ , Н	Корисна робота $A_K$ , Дж	Довжина похилої площини і $l$ , м	Сила тяги $F$ , Н	Витрачена робота $A_B$ , Дж	Коефіцієнт корисної дії $\eta$ , %
1							
2							
3							

#### **Додаткове завдання**

Знайдіть ККД змінюючи кут нахилу похилої площини, зробіть висновок про залежність ККД похилої площини від кута її нахилу.

#### **Контрольні запитання**

1. Що таке похила площина?
2. Що називають коефіцієнтом корисної дії механізму?
3. Яка одиниця ККД?
4. Як знайти ККД похилої площини?
5. Чому корисна робота менша за витрачену?
6. Яке значення може мати ККД?

## Цифрова лабораторія

Заклади загальної середньої освіти забезпечуються датчиками різних виробників. Головна відмінність між ними це зручність у використанні (ергономіка) та інтерфейс програмного забезпечення. Це аналогічно до відмінності між різними версія Microsoft Office 2003, 2016 чи Libre Office



Серцем цифрової лабораторії є USB модуль за допомогою якого ми можемо підключати до 20 датчиків ліворуч або праворуч. Зазвичай під'єднуємо таких датчиків набагато менше.

Особливістю цифрової лабораторії є надійний жорсткий контакт між модулями, що запобігає його пошкодженню на відміну від підключення датчиків за допомогою кабелів. До комп'ютера підключаємо за допомогою стандартного кабелю USB – micro USB.



Окрім модуля USB-200, може використовуватись модуль з Wi-Fi. Такий модуль можна підключати або кабелем або через WI-FI. При підключенні через Wi-Fi використовуємо пряме приєднані без використання інтернет. Інтерфейс користувача доступний через браузер.

Можна використовувати для групової роботи з 5 пристроїв. Один керує, а решта в режимі перегляду на власних пристроях. Функцію керування можна передавати між пристроями



Крім USB модуля, що є найпростішим способом підключитись до комп'ютера є й інші способи візуалізації й зняття показів. Це модуль панда, графічний екран, цифровий дисплей, Wi-Fi та Bluetooth модулі.



Можна з використанням обладнання зі складу цифрової лабораторії створювати цифрові вимірювальні прилади, наприклад цифровий термометр



Щоб переглянути як у часі відбуваються процеси зміни фізичної величини можемо скористатись графічним екраном або відобразити на ПК/смартфон/планшет підключивши їх.



## Датчик температури



Це один з найбільш універсальних датчиків. Він може використовуватися в біології для моніторингу екологічних систем, мікробіологічних культур і вивчення впливу температури на фотосинтез і ферментативні реакції.

У хімії вивчати екзотермічні або ендотермічні реакції та те, як на швидкість реакції впливає температура; у фізиці його можна використовувати для вивчення передачі тепла / енергії.

Цей датчик можна використовувати для вимірювання температури у твердих речовинах, рідинах або газах.



## Датчик сили



Датчик може використовуватись замість динамометра або як складова цифрової лабораторії.

Для використання як датчика цифрової лабораторії під'єднуємо до модуля USB-200 та комп'ютера.

Для використання як цифрового динамометра підключаємо до модуля батареї та цифрового екрану.

## *Лабораторна робота з використанням цифрової лабораторії*

### **Вивчення рухомого та нерухомого блока**

**Мета.** Ознайомитись з різними видами блоків та дослідити їх дію.

**Обладнання:** штатив, рухомий та нерухомий блок, нитка, набір важків, вимірювальна стрічка.

**Модулі та датчики:** модуль USB-200, датчик сили NUL-211, комп'ютер з встановленим програмним забезпеченням NeuLog.




### **Хід роботи**




1. Закріпіть нерухомий блок у штативі.
2. Продіньте через шків блоку нитку прикріпивши до одного з її кінців важок.
3. Підключіть USB-модуль до ПК
4. Підключіть датчик сили
5. Запустіть програму NeuLog і перевірте, чи працює датчик сили ідентифікується



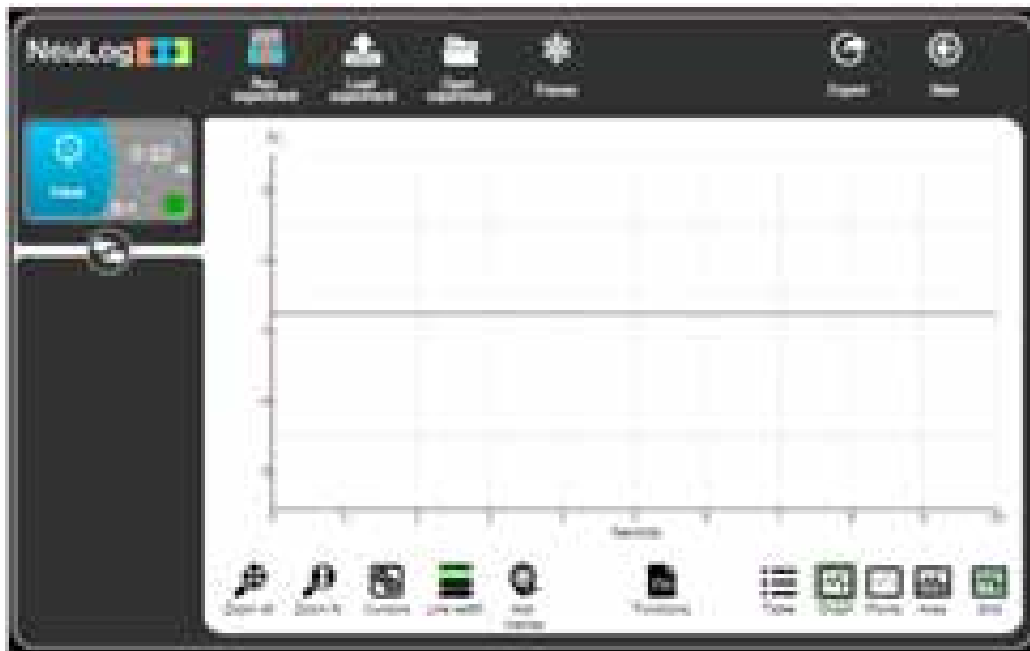


6. Оберіть діапазон вимірювання сили +/- 10 Н
7. Натисніть «Extra command» й виберіть  для отримання додатних значень сили
8. Натисніть  щоб повернутись до головного меню.
9. Запустіть експеримент  встановивши його тривалість 10 с та частоту вимірювань 10 за секунду.  
*Примітка: Орієнтація датчика дуже важлива. Перед кожним вимірюванням тримайте датчик у тому самому положенні, яке ви будете використовувати для конкретного експерименту, і установіть його на нуль.*
10. Підвісьте вантаж до гачка датчика



11. Виміряйте вагу вантажу. Для цього натисніть на значок , щоб почати вимірювання.

12. Ваш графік буде схожим на такий



13. Натисніть на позначення модуля й запишіть середнє значення ваги вантажу





№	Маса важків $m$ , кг	Вага важків $P=mg$ , Н	Сила натягу нитки $F$ , Н	Відношення $P/F$
1				
2				
3				

## Віртуальна лабораторія

Міністерство освіти і науки України передало в безкоштовне використання школам розроблені за державні кошти віртуальні фізичні лабораторні роботи.

<https://drive.google.com/file/d/1VNCbF4BGd5Cz49cBS4UdNHC-aKEh5fDp/view?usp=sharing>



## МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

01135, м. Київ, проспект Перемоги, 10 тел. (044) 486 2442, факс (044) 236 1049, ministry@mon.gov.ua

Від 30.11.05 № 1/9-648

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Міністру освіти і науки Автономної Республіки Крим, начальникам управлінь освіти і науки обласних, Київської та Севастопольської місцевих державних адміністрацій, директорам загальноосвітніх навчальних закладів

Міністерство освіти і науки України надає право на безоплатне використання об'єкту інтелектуальної власності (навчальної комп'ютерної програми) *педагогічного програмного засобу "Фізика, 7"* для зазначених навчальних закладів (АТЗТ "Квалар-Мікро Текно", 2003 р.), розробленого за державні кошти, навчальним закладам державної та комунальної форми власності виключно для організації та забезпечення навчального процесу на безоплатній (безкоштовній) основі.

Зазначене право передається безстроково і вступає в дію з моменту отримання об'єкту інтелектуальної власності.

У випадку нецільового використання об'єкту інтелектуальної власності, використання з комерційною метою таке використання буде вважатись неможливим і буде переслідуватись за законом з усіма наслідками, що випливають з факту такого порушення.

Заступник Міністра


В.О. Отчужко





Віртуальна лабораторна робота складається із наступних блоків:

- лабораторна робота;
- прилади;
- самоперевірка (контрольні запитання).

Вікно лабораторної роботи містить мету роботи, прилади та матеріали, хід лабораторної роботи, посилання на відеофрагмент, що показує виконання роботи, та посилання на інтерактивну лабораторну роботу.


Щоб переглянути відеофрагмент, потрібно натиснути кнопку , що розміщена біля рисунку в верхній частині вікна лабораторної роботи. Відкриється вікно перегляду відеофрагментів, робота з яким описана в

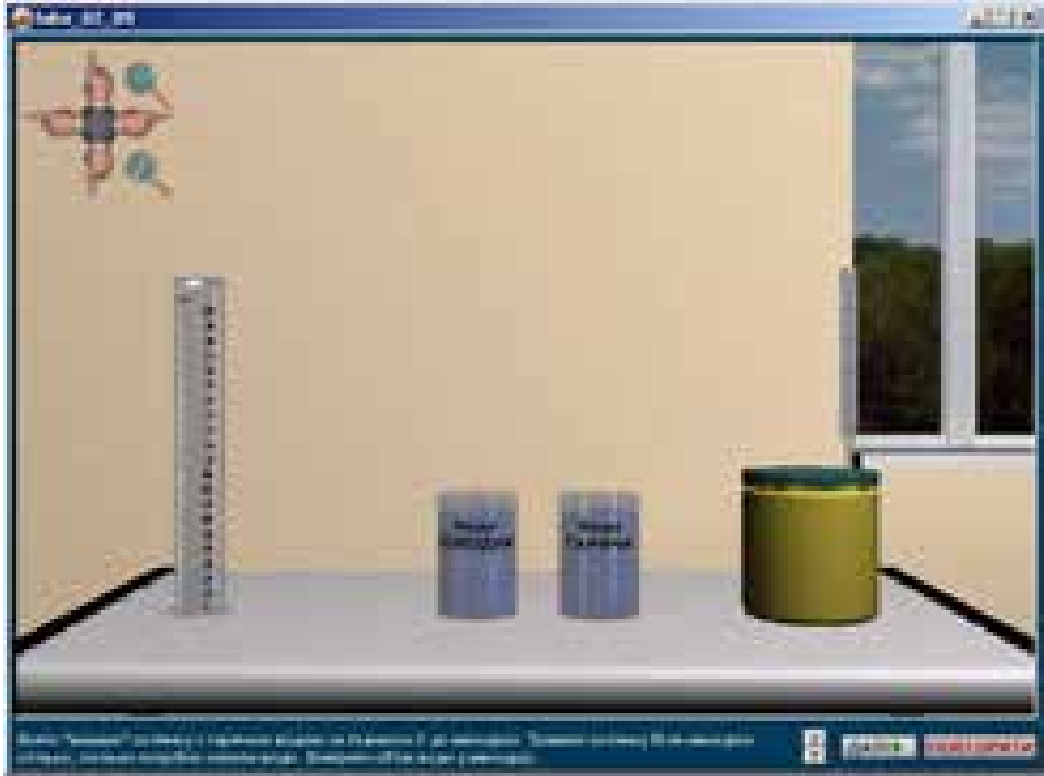
Щоб розпочати виконання віртуальної лабораторної роботи, потрібно натиснути кнопку , що розміщена біля рисунку в нижній частині вікна лабораторної роботи.



Кнопка  дозволяє переглянути таблиці, розміщені на сторінці, в збільшеному вигляді.



В нижній частині вікна лабораторної роботи розміщений індикатор переміщення по сторінках блоків лабораторної роботи, що графічно показує кількість сторінок в роботі (індикатор поділений на відрізки, кожен з яких відповідає одній сторінці) та яка сторінка лабораторної роботи відкрита на даний момент (відповідний відрізок індикатора підсвічений). Відрізок індикатора зеленого кольору позначає сторінку блоку лабораторної роботи, вишневого – блоку приладів, синього – блоку самоперевірки (тестових запитань). Якщо підвести курсор до індикатора і натиснути ліву клавішу миші, можна перейти до відповідної сторінки.

Щоб розпочати виконання віртуальної лабораторної роботи, потрібно натиснути кнопку , що розміщена біля рисунку в нижній частині вікна лабораторної роботи.



Відповідно до ходу виконання віртуальної лабораторної роботи, що описаний у нижній частині вікна, треба маніпулювати інтерактивними елементами вікна віртуальної лабораторної роботи (ці елементи реагують на перетягування мишею). Після виконання всіх дій, описаних в нижній частині вікна, потрібно натиснути кнопку  для переходу до виконання наступного етапу віртуальної лабораторної роботи. Після завершення виконання роботи натисніть кнопку  для закриття вікна виконання лабораторної роботи.

**Блок опису приладів містить перелік використаних в обраній лабораторній роботі приладів.**

Щоб переглянути опис приладу, потрібно перевести курсор миші до зображення приладу, натиснути та відпустити ліву клавішу миші. Відкриється вікно опису приладу.



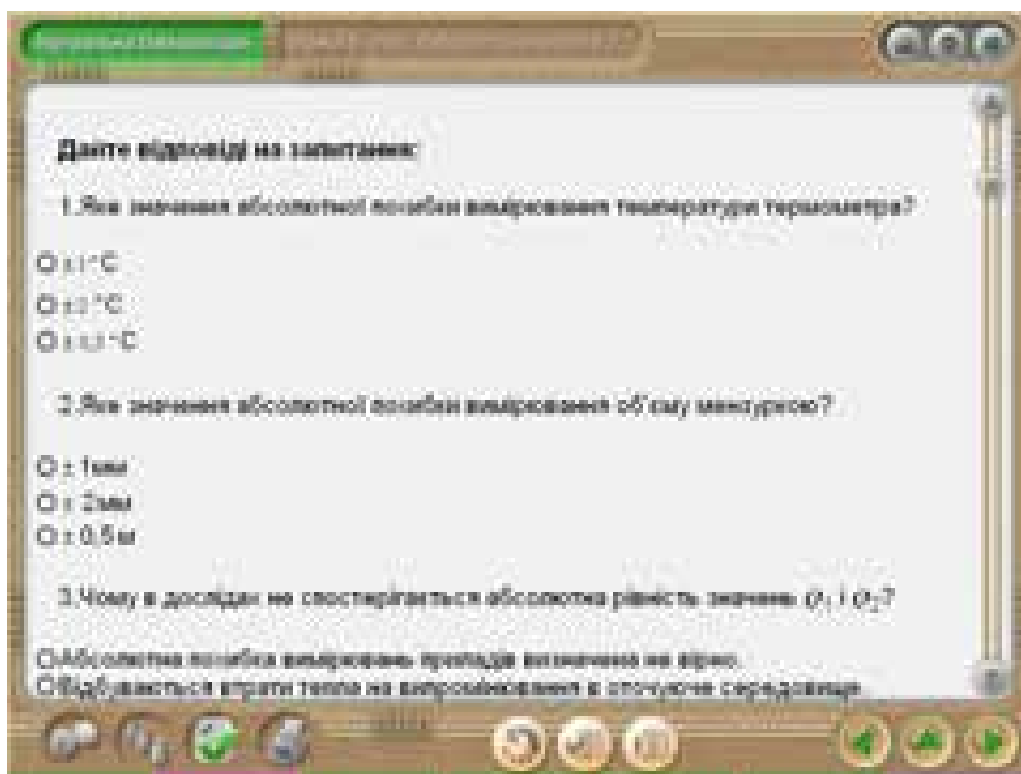


*Вікно з переліком приладів*



*Вікно опису приладу*

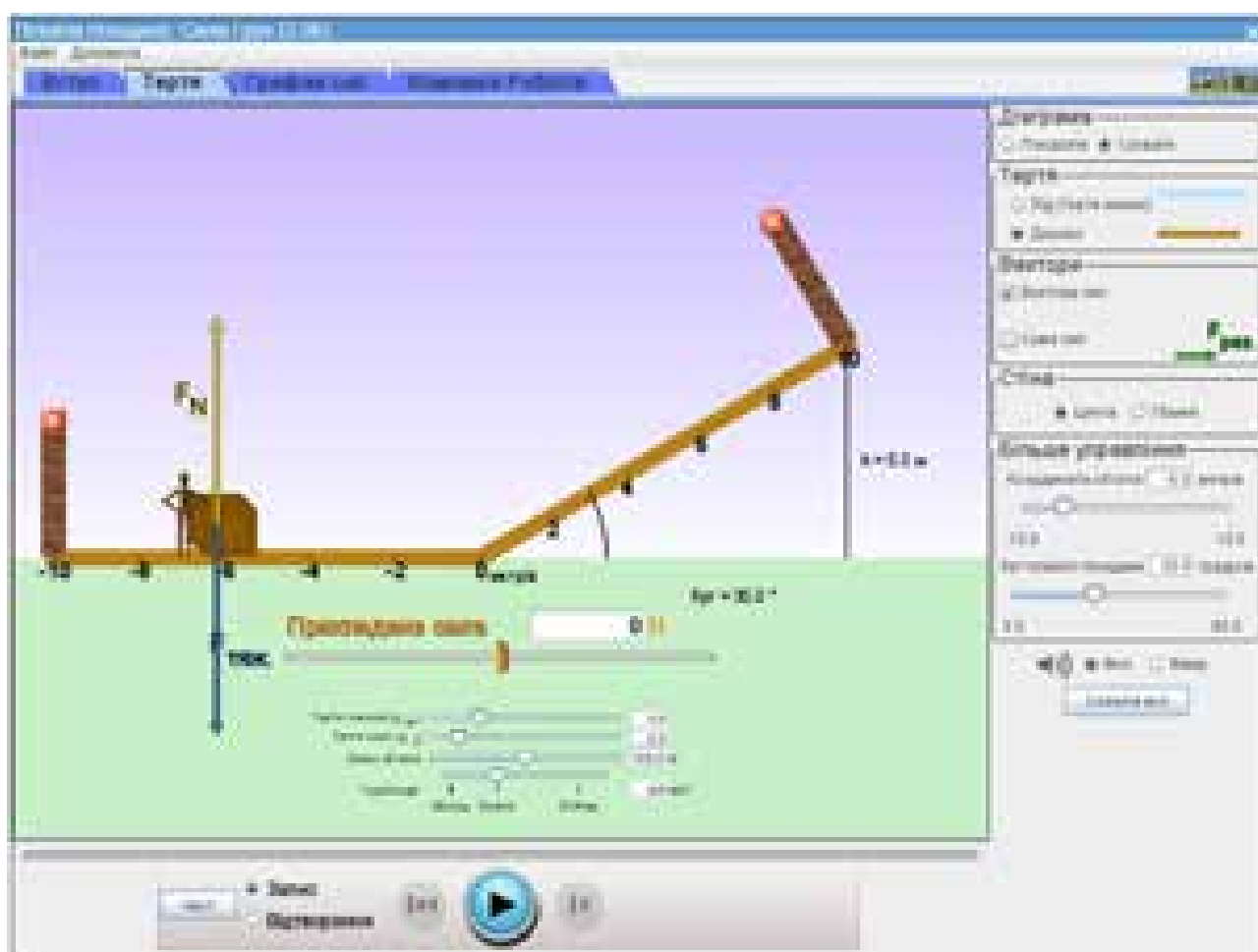
Блок самоперевірки дозволяє перевірити знання учня за допомогою переліку запитань і контролю відповідей на поставлені запитання.



*Вікно самоперевірки*

Для кожного запитання запропоновано відповідь у вигляді набору альтернатив у тестовій або графічній формі. Потрібно вибрати правильну відповідь (правильні відповіді) з-поміж запропонованих. Варіанти відповідей на запитання із одиничним вибором відповіді мають позначення , запитання із множинним вибором відповіді (можливість вибору одночасно кількох відповідей на запитання) - .

# PHET™ INTERACTIVE SIMULATIONS



Дементієвська Н.П., Соколюк О.М. Віртуальні лабораторні роботи з фізики з використанням інтерактивних комп'ютерних моделювань: збірник навчальних матеріалів. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 157 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/733495/>

**НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ**

**Сіпій Володимир Володимирович, Ляшенко Олександр Іванович,  
Засєкін Дмитро Олександрович, Мацюк Віктор Михайлович**

## **Фізичні дослідження**

**7 клас**

*навчальний посібник*

Електронне видання

Обсяг вид. 4,0 авт. арк.

**ТОВ «ВИДАВНИЧИЙ ДІМ «ОСВІТА»**

Свідоцтво «Про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру  
видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції»

Серія ДК № 6109 від 27.03.2018 р.

Адреса видавництва: 03057, м. Київ, вул. Олександра Довженка, 3

**[www.osvita-dim.com.ua](http://www.osvita-dim.com.ua)**