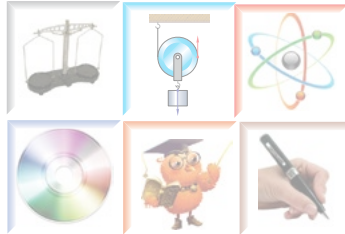


Фізика

П.Ф. Пістун
В.В. Добровольський

«ФІЗИКА»

Підручник для 7 класу
загальноосвітніх навчальних закладів



ТЕРНОПІЛЬ
НАВЧАЛЬНА КНИГА — БОГДАН
2015

УДК 53 (075.3)

ББК 22.3я72

П75

Рецензенти:

професор, завідувач кафедрою фізики і методики навчання фізики,
астрономії Вінницького державного педагогічного університету
ім. М. Коцюбинського, доктор педагогічних наук

Заболотний В.Ф.,

вчитель фізики НВК «Лозівська ЗОШ І–ІІІ ст. – ДНЗ», вчитель-методист,
методист фізики Тернопільського районного методичного кабінету

Шемеля М.А.

Пістун П.Ф.

П75 Фізика: підручник для 7 кл. загальноосвітн. навч. закл. / П.Ф. Пістун, В.В. Добровольський. — Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2015. — 220 с : іл. + 1 електрон. опт. диск (CD). — Електрон. версія. — Режим доступу: <http://www.bohdan-digital.com/edu>.

ISBN 978-966-10-3356-5

Пропонований підручник відповідає чинній програмі з фізики для 7-го класу й передбачає готовність учнів до широкого і свідомого застосування фізики. Цю орієнтацію забезпечують зміст курсу, характер викладення навчального матеріалу, добір ілюстрацій і приклади застосувань, запитання для самоперевірки знань, завдання на повторення, а також завдання експериментального характеру та лабораторні роботи. Крім того, запропоновано роботу з комп'ютером з виконанням завдань, поданих в електронному додатку до підручника.

Для учнів і вчителів загальноосвітніх навчальних закладів.

УДК 53 (075.3)

ББК 22.3я72

Автори і видавництво висловлюють щирю подяку
Н.Є. Важеєвській та Н.С. Пуришевій, а також видавництву «Дрофа»
за надані матеріали, підтримку і сприяння у реалізації проекту.

Охороняється законом про авторське право.



*Жодна частина цього видання не може бути відтворена
в будь-якому вигляді без дозволу автора чи видавництва*

© Пістун П.Ф., Добровольський В.В., 2015

© Навчальна книга – Богдан,
оригінал-макет, 2015

© Дрофа, 2012

ISBN 978-966-10-3356-5

Піктограмами  і  у підручнику позначено ті його складові, які можна відкрити у pdf-файлі або скориставшись CD, що входить у комплект.

У зв'язку з великим обсягом електронної складової підручника у pdf-файлі активною є тільки її частина. Для завантаження всіх матеріалів треба перейти за посиланням:

<http://www.bohdan-digital.com/edu>.

ДОРОГІ ДРУЗІ!

Ви розпочинаєте вивчення нового для вас предмета — фізики. Фізика — це цікава наука про природу. Одним з основних методів вивчення природних явищ у фізиці є експеримент. І для вас експеримент буде одним із джерел знань. Ви будете спостерігати досліди, які проводить учитель, а також самостійно виконуватимете експериментальні завдання під час виконання лабораторних робіт на уроках і деяких завдань удома.

Іншим джерелом знань для вас буде цей підручник. Нові терміни, визначення, формули в тексті виділені **жирним** шрифтом. Їх потрібно запам'ятати. Після того, як ви прочитаєте параграф, постарайтесь його переказати і відповісти на запитання для самоперевірки. Читаючи підручник, звертайте увагу на наведені в ньому рисунки, які ілюструють викладений матеріал. Співставляйте рисунок і його описання в підручнику, це допоможе вам краще зрозуміти написане.

Щоби переконатися у тому, що ви зрозуміли матеріал, виконайте завдання, поміщені після параграфів. Деякі з них являються запитаннями, відповідаючи на які потрібно пояснити відповідне явище або процес.

Інші завдання сформульовані у вигляді задач, при розв'язуванні яких потрібно визначити ту чи іншу фізичну величину, використавши відповідні закони і формули.

Зустрічаються також і графічні задачі, в яких треба виконати обчислення і побудувати графік або з поданого графіка отримати певну інформацію.

Є завдання експериментального характеру, виконання яких передбачає проведення дослідів і спостережень. Такі завдання позначені індексом «е» (експеримент).

Задачі підвищеної складності, а також параграфи, обсяг матеріалу яких дещо виходить за межі діючої програми з фізики, помічені зірочкою. До деяких задач у кінці підручника наведені відповіді.

Бажаємо вам успіхів у роботі.

Автори



Розділ I

ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Розпочинаючи вивчення основ фізики, перш за все потрібно отримати відповіді на наступні запитання: що таке фізика? Яку область дійсності вона вивчає? Якими методами вона при цьому користується? Про це та інше, що стосується основ фізики, йтиметься у цьому розділі.

§1. Що вивчає фізика

- ✓ Що називають явищами природи?
- ✓ Які явища природи вам відомі?

1 Природа — це все те, що нас оточує: повітря, земля, вода, тварини, зорі, планети та ін. Людина живе серед природи і сама є її частиною.

У природі відбуваються різні зміни. Наприклад, змінюють одне одного пори року, день і ніч; змінюють своє положення Сонце, Місяць і зорі відносно Землі і т.д. (рис. 1). Влітку під час грози часто спалахує блискавка (рис. 2) і гримить грім; іноді після дощу можна побачити веселку, пару, що піднімається від землі або асфальту, які висихають. Весною розпускаються на деревах бруньки, восени на них жовтіє листя. У деяких місцевостях час від часу можна побачити виверження вулканів.

Зміни, які постійно відбуваються навколо нас, називаються **явищами природи**.

2 Унаслідок вивчення людиною навколишнього світу виникла наука, яка об'єднала усі отримані знання. Потім, у міру відкриття все нових і нових

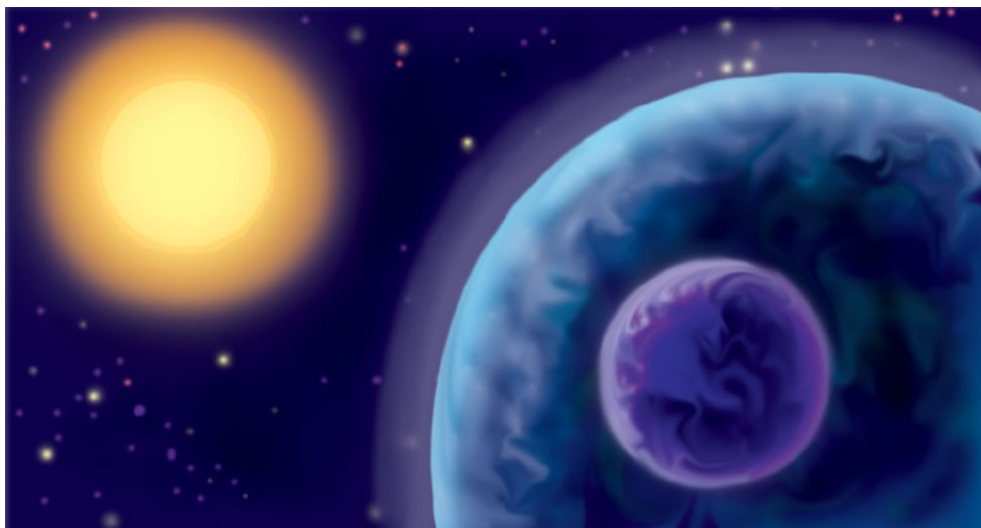


Рис. 1

явищ, виділилися окремі науки, що вивчали групи близьких за своєю сутністю явищ. Так з'явилися географія, біологія, хімія, фізика, астрономія та інші.

Однією з основних наук про природу є **фізика**. Слово «фізика» походить від грецького слова «фюзіс», яке у перекладі з грецької означає «природа».

Це слово вперше з'явилося у працях давньогрецького вченого Аристотеля.

3 Що вивчає фізика? Фізика вивчає явища природи, а саме, *фізичні явища*. Прикладами фізичних явищ можуть бути: рух автомобіля, замерзання води, світіння лампочки, притягання магнітом деяких металічних предметів та ін. Фізичні явища дуже різноманітні. До них належать механічні, теплові, електричні, магнітні, світлові та звукові явища.



Рис. 2

У природі існують й інші явища — *нефізичні*. Вам добре відомі *біологічні* явища (ріст рослин, тварин та ін.), *геологічні* (зміни в земній корі, землетруси та ін.), *хімічні* (горіння газу, окислення металів, утворення хлорофілу в листках рослин тощо).

Фізичні явища відбуваються з різними об'єктами. У наведених вище прикладах ними є автомобіль, нитка розжарення електричної лампочки. Ці об'єкти називаються **фізичними тілами** або просто тілами.

Тіла складаються з **речовини**. Наприклад, скло — речовина, а склянка — фізичне тіло; вода — речовина, а крапля води — фізичне тіло.

Речовина є одним із видів матерії. **Матерія** — це все те, що існує об'єктивно, тобто незалежно від нашої свідомості. Іншим видом матерії є різні фізичні поля: електричне, магнітне та ін. Навколишній світ *матеріальний*.

Фізика, крім явищ природи, вивчає властивості тіл і речовин, фізичні поля. Адже дуже важливо знати, які речовини проводять електричний струм, а які — не проводять; якою речовиною потрібно покрити фотоплівку для того, щоб на ній можна було отримати зображення; яку речовину краще використати для теплоізоляції, тощо. Отже, **фізика — наука про природу, яка вивчає фізичні явища і поля, а також властивості речовин**.



Запитання для самоперевірки

1. Що називають явищами природи? Наведіть приклади явищ природи.
2. Наведіть приклади фізичних явищ. Які з них є прикладами механічних, теплових, електричних, магнітних, звукових, світлових явищ?
3. Наведіть приклади фізичних тіл. Назвіть речовини, з яких вони складаються.
4. Назвіть два види матерії.
5. Що вивчає фізика?



Робота з комп'ютером

Вивчіть матеріал уроку і виконайте завдання, запропоновані в електронному додатку до підручника.

§2. Як вивчають явища природи

✓ Які прилади використовують при вивченні явищ природи?

1 З'ясуємо, як люди отримують знання про природу. Так, розвиток астрономії розпочався зі спостережень за зоряним небом (рис. 3). Ви добре знаєте, що в ботаніці спостереження за розвитком рослин дають змогу встановити закономірності їхнього розвитку. Спостереження широко використовуються і в інших науках, у тому числі і в фізиці.

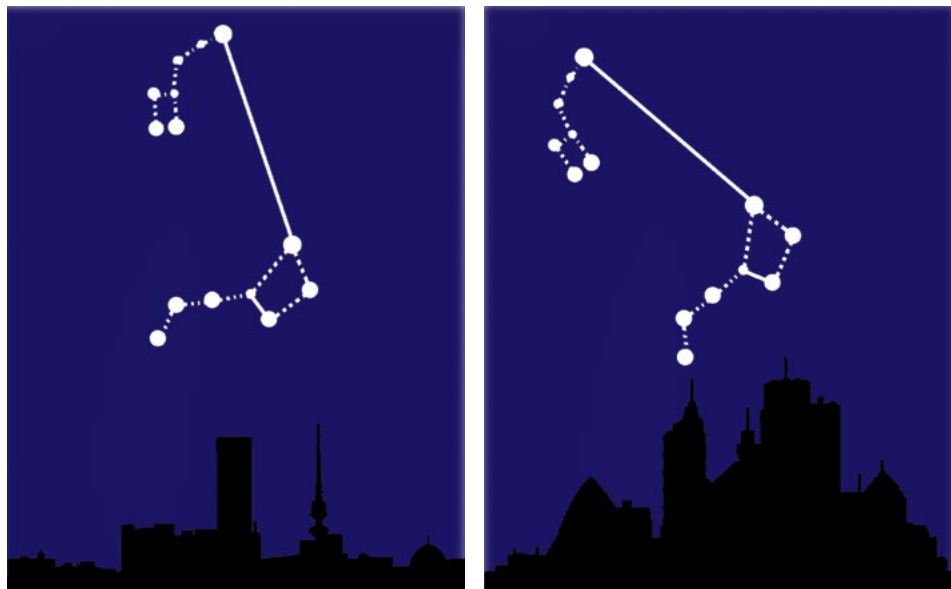


Рис. 3

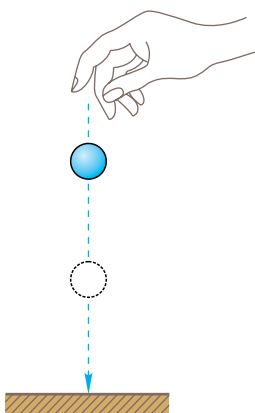


Рис. 4

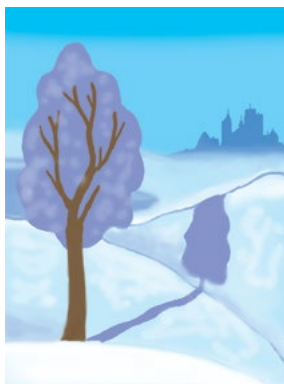


Рис. 5

Спостереження за явищами, які відбуваються в навколишньому світі, дали змогу встановити, що усі тіла падають на Землю (рис. 4), вода у чайнику закипає при певній температурі, що від усіх предметів у сонячний день утворюється тінь (рис. 5).

Отже, вивчення будь-якого явища розпочинається з його **спостереження**.

2 У процесі проведення спостережень за явищами природи отримуються певні відомості про них. Ці відомості можуть бути різними залежно від знань людини, її уміння описувати явища, фіксувати зміни, що відбуваються, тощо. Розглянемо, наприклад, таке просте явище, як рух автомобіля. Одна людина скаже, що автомобіль рухався, змінював своє положення відносно будинків. Друга скаже, що автомобіль рухався і його швидкість змінювалася. Третя зазначить, що швидкість автомобіля то збільшувалася, то зменшувалася.

Отже, під час спостережень за явищами необхідно отримати якомога більше інформації і виділити їхні особливості.

3 Отримавши за час проведення спостережень певні дані про явища, вчені прагнуть з'ясувати, як ці явища відбуваються і головне — чому.

Щоб відповісти на ці запитання, зазвичай висувається припущення, або *гіпотеза*. Причому може висуватися не одна, а декілька гіпотез. Для перевірки гіпотези проводять спеціальні досліді — *експерименти*.

Гіпотези, які не знаходять підтвердження в експериментах, вважаються хибними і відкидаються. Гіпотези, що підтверджуються експериментами, приймаються і стають науковими знаннями.

Наприклад, італійський анатом **Луїджі Гальвані** (1737–1798), препаруючи жаб, виявив, що при дотиканні тканин жаб до металічних предметів їхні м'язи скорочуються. Проте цей ефект спостерігався не завжди. Гальвані припустив, що скорочення м'язів відбувається тоді, коли лапка жаби доторкується до двох різних металів. Щоб перевірити цю гіпотезу, вчений провів ряд дослідів, у ході яких вивчив явище, виявив його причину і підтвердив свою гіпотезу. Таким чином, при проведенні експерименту не тільки ставиться певна мета, але, на відміну від спостереження, використовується спеціальне обладнання і прилади.



Луїджі Гальвані

Під час проведення експерименту вчені змінюють умови перебігу явищ. Це дає змогу всебічно вивчити явище. Так, Гальвані з'єднував лапки жаби одним провідником і використовував для цього провідники з різних матеріалів. Потім він з'єднував лапки за допомогою двох провідників; ці досліді проводилися на вулиці і в приміщенні. Учений дійшов висновку, що м'язи скорочуються завжди, коли лапки контактували з двома різними металами, а місце проведення експерименту не впливало на його результат.

Отже, послідовність вивчення явищ наступна:

спостереження — гіпотеза — експеримент — висновок.

4 Для проведення експерименту використовують фізичні прилади. Деякі з них дуже прості. Наприклад, лінійка, висок (тягарець, підвішений на нитці), який дає змогу перевірити, наприклад, вертикальність стін (рис. 6), ваги та ін.

Використовують і складніші прилади, з якими вам доведеться працювати. До них

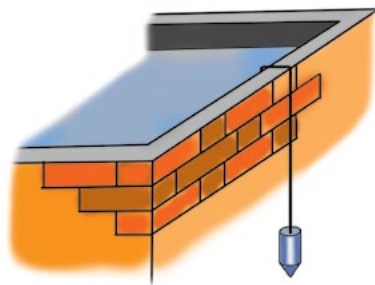
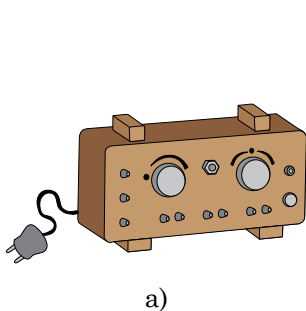
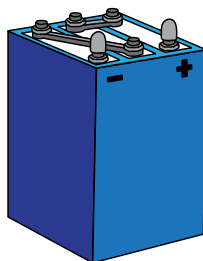


Рис. 6



а)



б)

Рис. 7

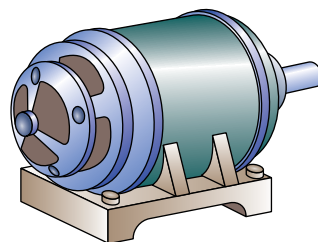


Рис. 8

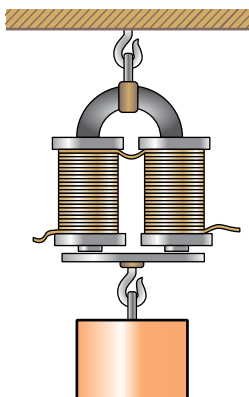


Рис. 9

належать джерела струму (рис. 7), електричний двигун (рис. 8), електромагніт (рис. 9) та ін.

Під час проведення наукових експериментів використовуються дуже складні прилади та установки (прискорювачі заряджених частинок, осцилографи, електронні мікроскопи та ін.).



Запитання для самоперевірки

1. Чим відрізняються спостереження від експерименту? Що між ними спільного?
2. Наведіть приклад наукового експерименту.
3. В якій послідовності вивчаються явища природи? Відповідь проілюструйте прикладом.
4. Наведіть приклади фізичних приладів, не вказаних у параграфі підручника.



Завдання 1.

Проведіть наступний експеримент удома. Поставте на плиту невелику каструлю з водою. Опишіть свої спостереження за нагріванням води. Якщо ви маєте відповідний термометр для вимірювання температури води, опустіть його у воду і слідкуйте за його показами. *Медичним термометром користуватися не можна.*

Будьте обережними! Не доводьте воду до кипіння, не доторкайтеся до нагрітої каструлі, не переверніть її.

§3. Зв'язок фізики з іншими науками

- ✓ Назвіть відомі вам технічні пристрої.
- ✓ Які фізичні явища лежать в основі їхньої роботи?
- ✓ Які наукові відкриття у фізиці вам відомі?

1 Час, в якому ми живемо, характеризується бурхливим розвитком фізики і швидким упровадженням її досягнень у техніку, промисловість, сільське господарство і побут. З іншого боку, досягнення техніки впливають на розвиток науки.

Робота різних технічних пристроїв ґрунтується на використанні фізичних явищ і законів. Наприклад, спроектувати і побудувати літак або корабель (рис. 10) стало можливим лише після вивчення закономірностей руху тіл у повітрі і плавання тіл у рідині.

Автомобілі, тепловози, теплоходи, літаки приводяться в рух тепловими двигунами різних типів. Побудова таких двигунів стала можливою після вивчення властивостей газів та деяких теплових явищ.



Рис. 10

Електричні явища люди спостерігали ще за кілька століть до нашої ери. Проте у промисловості та побуті електрика почала використовуватися лише з кінця XIX ст., коли стали відомі основні закони електричних явищ.

2 Удосконалення вимірювальної техніки, створення більш точних приладів призводить до нових відкриттів у фізиці. Так, створення мікроскопів дало можливість вивчати будову різних речовин.

Знання будови речовин, залежності властивостей речовин від їхньої будови, вміння змінювати ці властивості дали можливість створювати матеріали, які володіють високою міцністю, твердістю, жаростійкістю.

Завдяки цьому з'явилася можливість сконструювати спеціальні апарати для дослідження космічного простору, штучні супутники Землі для вивчення її природних ресурсів, клімату і завбачення погоди. Отримані з їхньою допомогою відомості сприяють, у свою чергу, розвитку науки.

Розвиток електронної техніки — поява калькуляторів, комп'ютерів, мобільних телефонів, нових моделей телевізорів (рис. 11), автоматичних пристроїв — став можливий завдяки створенню напівпровідникових матеріалів. У свою чергу, використання комп'ютерів дає можливість розв'язувати багато науково-дослідних і практичних задач.

Наприклад, комп'ютер дає можливість досить точно розрахувати траєкторії руху космічних тіл і космічних кораблів.

Досягнення фізики і техніки дали змогу сконструювати такі складні технічні пристрої, як прискорювачі заряджених частинок, що входять до



Рис. 11

складу атомного ядра. Вивчення властивостей атомних ядер дало змогу побудувати ядерний реактор — основу атомних (ядерних) електростанцій, атомних підводних човнів, атомних криголамів.

Нині ми стоїмо на порозі нової науково-технічної революції, пов'язаної з упровадженням так званих нанотехнологій.

Таким чином, *фізика і техніка тісно пов'язані між собою. Розвиток фізики спричиняє подальший розвиток техніки, а розвиток техніки сприяє новим досягненням фізики.*

3 Фізика пов'язана з багатьма науками. Особливо тісно вона пов'язана з математикою та астрономією. Наведемо на підтвердження цього декілька прикладів. Математичні розрахунки, часто надзвичайно складні, доводиться проводити для запуску штучних супутників Землі і здійснення польотів космічних кораблів, при конструюванні ядерних реакторів та прискорювачів елементарних частинок, у теорії відносності; надзвичайно важлива роль математики у *теоретичній* фізиці.

Зв'язок фізики й астрономії проявляється, перш за все, в єдності земних і небесних явищ. Так, рух Місяця навколо Землі і падіння тіл на Землю відбуваються під впливом однієї і тієї самої причини — дії земного тяжіння. Однаковими є за своєю природою процеси, які відбуваються у надрах Сонця і в прискорювачах частинок, що діють на Землі. У свою чергу, розвиток астрономії сприяє розвитку фізики. Космос являє собою ніби гігантську лабораторію. Там речовина перебуває у таких станах, які неможливо досягти в земних умовах. Наприклад, відомі так звані нейтронні зорі, речовина в яких стиснута у сотні мільйонів разів більше, ніж повітря на Землі.



Запитання для самоперевірки

1. Чому фізику вважають основою техніки?
2. Наведіть приклади технічних пристроїв. На яких фізичних явищах ґрунтується їхня робота?

3. Які механізми та електричні пристрої використовуються у вашому домі?
4. У чому проявляється зв'язок між фізикою і математикою? Наведіть приклади.
5. У чому проявляється зв'язок між фізикою й астрономією? Наведіть приклади.
- 6*. Наведіть приклади фізичних пристроїв, що використовуються на транспорті.
- 7*. Наведіть приклади приладів і технічних пристроїв, що використовуються в наукових дослідженнях.

§4. Фізика й навколишній світ

- ✓ Що вивчає фізика?
- ✓ Як фізика вивчає навколишній світ?

У матеріальному світі, що оточує нас, зустрічаються найрізноманітніші тіла. Вони мають різну будову, різні властивості і розміри. Наприклад, розміри Сонця, планет та інших космічних об'єктів набагато більші за розміри тіл, які оточують нас на Землі (машин, будинків, дерев і т.ін.). У свою чергу, частинки, з яких складаються тіла, дуже малі порівняно з розмірами цих тіл.

Фізика вивчає властивості й поведінку як дуже малих тіл (об'єктів), так і дуже великих. Одні закони є спільними для фізичних тіл різних розмірів, інші описують поведінку лише малих тіл. Тому у фізиці об'єкти залежно від їхніх розмірів поділяють на три групи.

До *першої групи* належать скупчення зір — галактики та навіть скупчення галактик. Вони мають надзвичайно великі розміри. Ці об'єкти утворюють **мегасвіт**.

Друга група об'єктів становить **макросвіт**. Це все, що нас оточує, усе, що можна побачити неозброєним оком: зорі, планети, різноманітні тіла на Землі. Ці об'єкти мають різні розміри, що значно відрізняються один від одного. Так, Місяць має радіус 1738 км, а довжина легкового автомобіля складає 4–5 м. І Місяць, і автомобіль належать до об'єктів макросвіту.

Третя група об'єктів — **мікросвіт**. Це частинки, з яких складається речовина. Їхні розміри менші від 10^{-8} см. У цьому світі виділено останнім часом особливі об'єкти розміром від 1 до 100 нм, так званий **наносвіт**.

Префікс нано- означає розмір 10^{-9} м. До таких об'єктів, які називають наноструктурами, належать надтонкі плівки, нанонитки, нанотрубки. Дослідження показали, що усі ці матеріали володіють унікальними властивостями, які вже знайшли широке застосування в техніці і різних технологіях (нанотехнології). Знати, як поведуться мікрочастинки, дуже важливо для розуміння будови і властивостей різних тіл.

Фізика вивчає властивості тіл і явища, що відбуваються в мікро-, макро- та мегасвіті. Знання про навколишній світ можна отримати як під час проведення спостережень та експерименту, так і теоретично. Закони, установлені в ході експерименту, пояснюються за допомогою фізичних теорій.

Якщо знання про явища і властивості тіл були отримані теоретичним шляхом, то їхня правильність перевіряється експериментом.

Усі знання про певне коло фізичних явищ: їхній опис, величини, якими вони характеризуються, результати експериментів, закони — входять до фізичної теорії.

На рис. 12 наведена схема, на якій показано, що вивчає фізика, як вона вивчає навколишній світ та в якій формі систематизуються отримані знання.

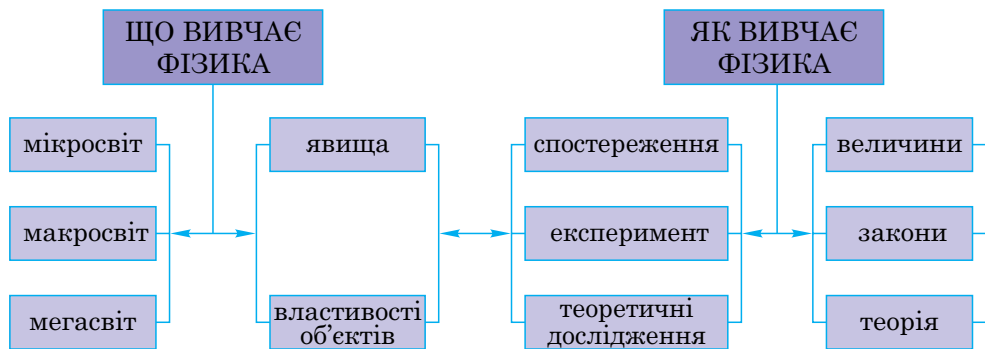


Рис. 12



Запитання для самоперевірки

1. Які ви знаєте об'єкти мегасвіту?
2. Наведіть приклади об'єктів макросвіту.
3. Назвіть відомі вам об'єкти мікросвіту.
4. Що називається наносвітом?



Робота з комп'ютером

Вивчіть матеріал уроку і виконайте запропонований в електронному додатку тест № 1.

§5. Видатні вчені-фізики

- ✓ Назвіть відомих вам фізиків.

Вивчення історії розвитку фізики, ознайомлення з діяльністю творців цієї науки безумовно сприяє глибшому розумінню законів фізики, її понять і теорій. Звичайно, навіть перелічити видатних учених-фізиків, які внесли свій вклад у розвиток цієї науки, що налічує більш ніж дві тисячі років, неможливо. Тому наведений нижче перелік, безумовно, далеко неповний.

Аристотель (384–322 рр. до н.е.), давньогрецький учений, узагальнив відомі на той час знання про природу.

Архімед (287–212 рр. до н.е.), давньогрецький фізик і математик, відкрив закони плавання тіл у рідині.

Галілео Галілей (1564–1642), італійський фізик, відкрив закон інерції.

Ісаак Ньютон (1643–1727), англійський фізик і математик, творець класичної механіки, відкрив закон всесвітнього тяжіння.

Максвелл Джеймс Кларк (1831–1879), англійський фізик, створив теорію електромагнітного поля.



Архімед



Аристотель



Галілео Галілей

Альберт Ейнштейн (1879–1955), народився у Німеччині, останні роки свого життя працював у США, створив теорію відносності — сучасну фізичну теорію часу, простору і гравітаційного поля.

Ернест Резерфорд (1871–1937), англійський фізик, засновник ядерної фізики.

Нільс Бор (1885–1962), данський фізик-теоретик, один із творців сучасної квантової механіки.

Лев Ландау (1908–1968), радянський фізик-теоретик, у 1932-1937 рр. працював у Харкові. Діапазон наукової діяльності досить широкий — від фізики твердого тіла до теорії поля і ядерної фізики.

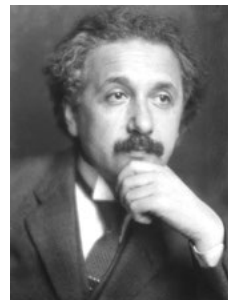
Сергій Корольов (1906–1966), народився у Житомирі, головний конструктор радянських ракетно-космічних систем.



Ісаак Ньютон



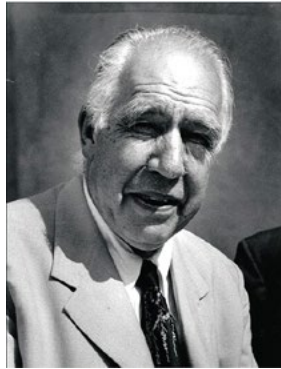
Джеймс Максвелл



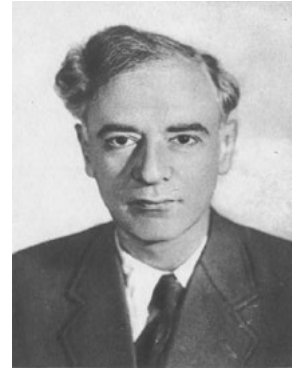
Альберт Ейнштейн



Ернест Резерфорд



Нільс Бор

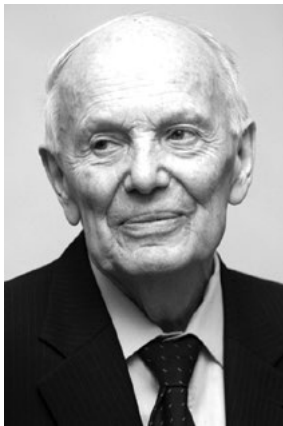


Лев Ландау

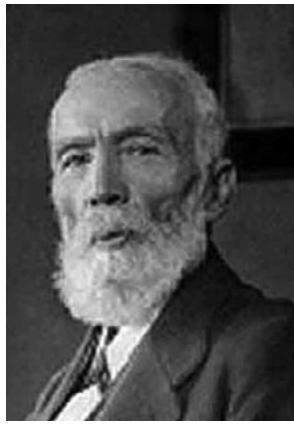
Борис Патон (нар. у 1918 р.), народився в Києві, дослідив процеси автоматичного зварювання та зварювання у відкритому космосі, з 1962 р. — Президент Національної академії наук України.

Слід відзначити ряд українських фізиків, яким довелося працювати за кордоном.

Іван Пулюй (1845–1918), народився у м. Гримайлів, працював у галузі дослідження газорозрядних процесів, електротехніки та рентгенівських променів.



Борис Патон



Іван Пулюй



Олександр Смакула

Олександр Смакула (1900–1983), народився у с. Добриводи, видатний український фізик, відомий своїми роботами в оптиці та вивченні кристалів.



Запитання для самоперевірки

1. Яких фізиків ви знаєте? В яких галузях науки вони працювали?
2. Яких українських фізиків ви знаєте?

§6. Фізичні величини. Одиниці фізичних величин

- ✓ Що називають температурою?
- ✓ Що таке швидкість тіла?

1 Для того, щоб кількісно охарактеризувати фізичне явище, необхідно ввести певні фізичні величини.

Будемо спостерігати за нагріванням води у чайнику. Ступінь нагрітості води характеризується фізичною величиною, яка називається *температурою*. Температура є загальною характеристикою усіх явищ, пов'язаних з нагріванням або охолодженням тіл, і в кожному конкретному випадку вона має цілком певне значення.

Рух тіл характеризується фізичною величиною, яку називають *швидкістю*. Ми говоримо, що автомобіль рухається зі швидкістю 60 км/год, велосипедист — зі швидкістю 20 км/год, тобто швидкість, характеризуючи рух, має різні значення для автомобіля і велосипедиста.

2 Деякі фізичні величини характеризують властивості тіл і речовин. Усі тіла притягуються до Землі. Величину, яка характеризує властивість тіл притягуватися до Землі, називають масою тіла. Маса тіла має певне значення, воно різне у різних тіл. Так, наприклад, маса яблука 100 г, маса автомобіля АвтоЗАЗ Ланос — 1182 кг, маса Місяця — $7,35 \cdot 10^{22}$ кг.

Отже, **фізичні величини кількісно характеризують фізичні явища і властивості тіл та речовин.**

Щоб увести фізичну величину, потрібно перш за все встановити, яке явище чи властивість вона характеризує.

3 Фізичні величини мають певні значення. Під значенням фізичної величини розуміють деяке число та одиницю фізичної величини.

Наприклад, відомо, що довжина стола становить 2 м. Записують це так: $l = 2$ м. У цьому виразі: l — умовне позначення довжини, 2 — числове значення довжини стола, м (метр) — одиниця довжини, 2 м — значення довжини стола.

Більшість фізичних величин мають певні одиниці вимірювання.

У *Міжнародній системі одиниць* (скорочено пишуть СІ — система інтернаціональна) за основну одиницю довжини прийнято *метр* (**1 м**). За основну одиницю маси прийнято *кілограм* (**1 кг**). Основною одиницею часу є *секунда* (**1 с**), основною одиницею сили струму є *ампер* (**1 А**).

4 Від вибору одиниці залежить числове значення фізичної величини, воно змінюється при використанні іншої одиниці. Наприклад, довжина стола дорівнює 2 м, або 200 см. Числові значення фізичної величини (довжини стола) різні, оскільки різні одиниці цієї величини.

Крім основних, існують **кратні і частинні** одиниці. Так, кратною одиницею довжини являється кілометр, а частинними одиницями — дециметр, сантиметр, міліметр. Кратні одиниці маси — тонна, центнер, частинні — грам, міліграм та інші. Щоб переходити від одних одиниць до інших, потрібно знати співвідношення між ними. Так,

$$1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 10^2 \text{ см};$$

$$1 \text{ км} = 1000 \text{ м} = 10^3 \text{ м};$$

$$1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м} = 10^{-3} \text{ м};$$

$$1 \text{ кг} = 1000 \text{ г} = 10^3 \text{ г};$$

$$1 \text{ мг} = 10^{-3} \text{ г} = 10^{-6} \text{ кг};$$

$$1 \text{ год} = 3600 \text{ с} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ с}.$$



Запитання для самоперевірки

1. Які фізичні величини характеризують наступні явища: а) охолодження повітря в кімнаті; б) рух автомобіля?
2. Які фізичні величини наведено в параграфі? Наведіть приклади відомих вам фізичних величин, що не вказані в тексті параграфа.
3. Назвіть одиниці довжини і часу, які не вказані в тексті параграфа.



Завдання 2

1. Довжина кімнати 4 м. Виразіть її довжину в см; в дм.
2. Маса автомобіля 2 т. Виразіть його масу в кг; в г.
3. Учень виконав завдання за 1 год 20 хв. Виразіть цей час у хв; у с.
- 4*. Об'єм води в акваріумі 5 л. Виразіть цей об'єм у м^3 ; дм^3 ; у см^3 .



Робота з комп'ютером

Вивчіть матеріал уроку і виконайте запропоновані в електронному додатку завдання.

§7. Вимірювання фізичних величин

- ✓ Що називають фізичною величиною?
- ✓ Які вимірювальні прилади ви знаєте?

1 Джерелом наших знань про природу є спостереження й експерименти. Під час проведення фізичних дослідів доводиться вимірювати найрізноманітніші величини.

Наприклад, спостереження та численні експерименти показують, що об'єм тіла збільшується з підвищенням його температури. Для того, щоб

дізнатися про те, як саме об'єм тіла залежить від температури, потрібно під час досліду проводити вимірювання цих двох величин.

2 Що означає виміряти фізичну величину?

Наприклад, ми хочемо виміряти довжину олівця. Щоб це зробити, візьмемо відрізок завдовжки 1 см і з'ясуємо, скільки разів цей відрізок укладеться на довжині олівця. Іншими словами, ми порівнюємо довжину олівця з довжиною відрізка 1 см.

Щоб виміряти проміжок часу між початком руху автомобіля і його зупинкою, потрібно з'ясувати, скільки секунд міститься в цьому проміжку. Ми порівнюємо цей проміжок часу з проміжком, що дорівнює 1 с.

Таким чином, **щоб виміряти фізичну величину, потрібно порівняти її з однорідною величиною, яку прийнято за одиницю.**

У результаті вимірювання величини отримують її значення, виражене у певних одиницях.

3 Фізичні величини вимірюють за допомогою спеціальних приладів. Одним із найпростіших вимірювальних приладів є лінійка (рис. 13).

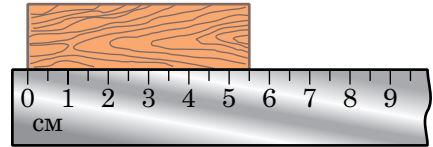


Рис. 13

Використовуючи її, можна виміряти довжину, ширину і висоту тіла, тобто його лінійні розміри.

Фізичними приладами, які вам добре відомі, є також секундомір, за допомогою якого вимірюють час (рис. 14); ваги або терези, які дають змогу визначити масу тіла (рис. 15). Приладом, за допомогою якого вимірюють об'єм рідини, є вимірювальний циліндр — мензурка (рис. 16).

4 Розглянемо прилади, зображені на рисунках 13–16. На приладах нанесені штрихи, а поряд з деякими штрихами стоять числа. *Штрихи і числа поряд з ними утворюють шкалу приладу.* За шкалою приладу визначають значення вимірюваної величини.

На приладі, крім шкали, позначають одиницю вимірюваної величини.

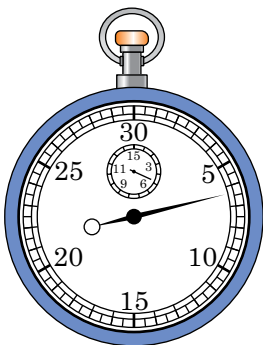


Рис. 14

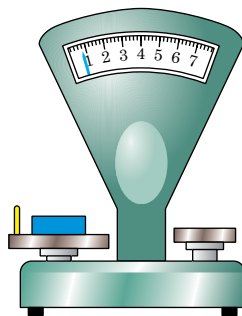


Рис. 15

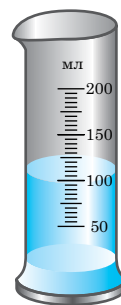


Рис. 16

5 Ще раз поглянемо на шкали приладів (див. рис. 13–16). Ми бачимо, що числа стоять лише біля деяких штрихів, а поряд із більшістю штрихів чисел немає.

Виникає запитання: як дізнатися про значення вимірюваної величини, якщо його не можна прочитати безпосередньо на шкалі приладу? Для цього потрібно знати ціну поділки шкали.

Ціна поділки — це значення найменшої поділки (відстані між двома штрихами) шкали вимірювального приладу.

Щоб визначити ціну поділки шкали приладу, необхідно послідовно виконати наступні дії.

1. Знайти різницю між двома найближчими значеннями, позначеними на шкалі приладу.
2. Знайти кількість поділок між цими значеннями.
3. Знайти ціну поділки шкали приладу, поділивши різницю значень величини на кількість поділок між цими значеннями.

Визначимо ціну поділки шкали лінійки (див. рис. 13). Для цього:

- 1) знайдемо різницю двох будь-яких значень, позначених на лінійці, наприклад, $6\text{ см} - 5\text{ см} = 1\text{ см}$;
- 2) знайдемо кількість поділок шкали між цими значеннями; вона дорівнює 2;
- 3) знайдемо значення однієї поділки; для цього 1 см поділимо на дві поділки: $1\text{ см} : 2 = 0,5\text{ см}$.

Отримане значення і є ціною поділки шкали лінійки. Отже, ціна поділки становить:

$$\frac{6 \text{ см} - 5 \text{ см}}{2} = 0,5 \text{ см.}$$

Тепер, знаючи ціну поділки шкали, визначимо значення вимірюваної величини — довжини бруска. Для цього:

1) розмістимо лівий кінець бруска проти нульової поділки лінійки, знайдемо найближчий штрих перед правим кінцем бруска, біля якого нанесено значення вимірюваної величини; воно дорівнює 5 см.

2) визначимо кількість поділок, розташованих між цим значенням довжини і правим кінцем бруска; вона дорівнює 1.

3) помножимо ціну поділки на кількість поділок:

$$0,5 \text{ см} \cdot 1 = 0,5 \text{ см};$$

4) додамо отримане значення до 5 см:

$$5 \text{ см} + 0,5 \text{ см} = 5,5 \text{ см.}$$

Це і є значення вимірюваної величини, тобто, у цьому випадку довжина бруска становить 5,5 см.



Запитання для самоперевірки

1. З якою метою проводять вимірювання в фізиці?
2. Що означає виміряти фізичну величину? Поясніть на прикладі.
3. Що називається шкалою вимірювального приладу?
4. Що таке ціна поділки шкали приладу і як її можна визначити?



Завдання 3

1. Визначте ціну поділки і покази приладів, зображених на рисунках 14–16. Одержані результати занесіть у таблицю № 1, перемалювавши її в зошит.

Таблиця 1

№ п/п	Назва приладу	Вимірювана величина	Ціна поділки	Значення величини
1	Секундомір			
2	Ваги			
3	Мензурка			

2. Визначте ціну поділки вашої лінійки. Виміряйте нею довжину олівця.
3. Виміряйте вдома довжину і ширину стола за допомогою вимірювальної стрічки (побутового сантиметра), визначивши попередньо ціну поділки її шкали.
4. Визначте об'єм води в каструлі *методом оцінювання*¹.
5. Виміряйте час витікання води з пляшки.



Робота з комп'ютером

Вивчіть матеріал уроку і виконайте завдання, запропоновані в електронному додатку до підручника.

§8. Точність вимірювань

- ✓ Що означає виміряти фізичну величину?
- ✓ Що називають ціною поділки шкали вимірювального приладу? Як її визначити?

1 При вимірюванні фізичних величин часто потрібно одержати якомога точніший результат, оскільки від цього залежить обґрунтованість висновків, які робляться за результатами проведених експериментів.

З'ясуємо, від чого залежить точність вимірювань.

¹ *Метод оцінювання* використовують тоді, коли не вимагається точне вимірювання величини. В основі цього методу лежить порівняння величини, що визначається, з відомою величиною. Так, можна визначити висоту п'ятиповерхового будинку, помноживши висоту одного поверху (біля 3 м) на 5. Отримаємо приблизно 15 м.

Виміряємо довжину одного і того самого бруска за допомогою двох лінійок (рис. 17 і 18). Ціна поділки шкали першої лінійки 1 см, другої — 1 мм.

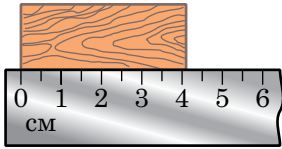


Рис. 17

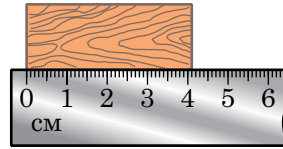


Рис. 18

Значення довжини бруска, отримане за допомогою першої лінійки, дорівнює 4 см, а за допомогою другої — 41 мм. Якщо використати лінійку зі ще меншою ціною поділки шкали, отримаємо ще точніший результат. Отже, точність вимірювань залежить від ціни поділки шкали приладу. *Чим менша ціна поділки, тим більша точність вимірювання.*

Таким чином, фізичну величину не можна виміряти точно. При її вимірюванні є невідворотними помилки, або, як говорять, **похибки** вимірювання. Похибки виникають унаслідок недосконалості вимірювальних приладів, пов'язаних з особливостями їхньої конструкції. В міру удосконалення вимірювальних приладів підвищується точність вимірювань.

Можна вважати, що *похибка вимірювань дорівнює половині ціни поділки шкали вимірювального приладу*. Цю похибку називають **абсолютною похибкою вимірювань**.

Під час використання вимірювальних приладів потрібно дотримуватися певних правил, щоб не вносити додаткову похибку. Так, при зніманні показів шкала приладу повинна знаходитися прямо перед очима; при вимірюванні температури рідини термометр не можна виймати з неї; під час зважування тіл потрібно слідкувати, щоб ваги були горизонтально розташованими, чаші ваг були сухими, і т.ін.

2 Як правильно записати результат вимірювань з урахуванням абсолютної похибки?

Для відповіді на це запитання розглянемо приклад. Виміряємо довжину стола l за допомогою демонстраційного метра, ціна поділки якого 1 см.

Нехай вона становить 231 см. Абсолютна похибка вимірювання складає половину ціни поділки, отже, вона дорівнює 0,5 см. Тоді результат вимірювання довжини стола запишеться у вигляді:

$$l = (231,0 \pm 0,5) \text{ см.}$$

Це означає, що істинне значення вимірюваної величини лежить у межах:

$$230,5 \text{ см} \leq l \leq 231,5 \text{ см.}$$

На числовому промені (рис. 19) виділено інтервал, в якому лежить істинне значення довжини стола; ширина цього інтервалу дорівнює 1 см.

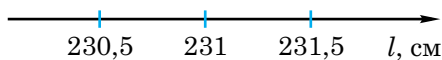


Рис. 19

Таким чином, якщо значення фізичної величини A , отримане в результаті вимірювання, позначити через a , абсолютну похибку вимірювання через Δa (Δ — велика грецька літера «дельта»), то результат вимірювання запишеться так:

$$A = a \pm \Delta a.$$

Зазначимо, що вимірювання розмірів малих тіл є завданням не з легких. Наприклад, якщо вимірювати діаметр пшонини за допомогою лінійки з ціною поділки її шкали 1 мм, то абсолютна похибка такого вимірювання буде приблизно такою самою, як і діаметр пшонини.

Для зменшення похибок вимірювань користуються методом рядів. Для цього вкладають щільно в ряд декілька пшонин (n) і вимірюють довжину ряду (L). Тоді діаметр пшонини $d = \frac{L}{n}$. При цьому абсолютна похибка вимірювання діаметра пшонини дорівнюватиме абсолютній похибці вимірювання лінійкою (0,5 мм), поділеній на кількість пшонин у ряді. Отже, чим *більша* кількість малих тіл у ряді, тим менша абсолютна похибка вимірювання, тобто одержується точніший результат.

Для того, щоб узнати, наскільки великою є похибка вимірювання у кожному випадку, обчислюють **відносну похибку** δa (δ — мала грецька літера «дельта»). Вона дорівнює відношенню абсолютної похибки Δa до значення a фізичної величини, одержаного в результаті вимірювання:

$$\delta a = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\%.$$

Відносну похибку виражають у відсотках.



Запитання для самоперевірки

1. Чи можна фізичну величину виміряти точно? Відповідь поясніть.
2. Назвіть причини похибок при вимірюваннях.
3. Як пов'язана точність вимірювань із ціною поділки шкали приладу?
4. Як записати результат вимірювання з урахуванням похибки?
5. У чому полягає метод рядів?
6. Що таке відносна похибка?



Завдання 4

1. Виміряйте лінійкою довжину зошита і запишіть результат з урахуванням похибки вимірювання.
2. Запишіть покази приладів, зображених на рисунках 13–16, з урахуванням похибок вимірювань.



Робота з комп'ютером

Вивчіть матеріал уроку і виконайте запропоновані в електронному додатку завдання.



Лабораторна робота № 1–2

Визначення ціни поділки вимірювального приладу.

Вимірювання об'єму твердих тіл, рідин і сипких матеріалів

Мета роботи. Навчитися: 1) визначати ціну поділки приладу і знімати його покази; 2) проводити вимірювання за допомогою найпростіших вимірювальних засобів; 3) оформляти звіт про виконання лабораторної роботи.

Обладнання. 1. Лінійка. 2. Мензурка або мірний циліндр. 3. Фотографії шкал кімнатного і медичного термометрів. 4. Паперова стрічка завдовжки 15–20 см. 5. Брусок у формі паралелепіпеда або куба. 6. Склянка з водою. 7. Нитка. 8*. Невелике тіло неправильної форми.



Хід роботи

1. Удома напередодні виконання роботи повторіть §7, §8 підручника й ознайомтеся з вказівками до лабораторної роботи №1.

2. Уважно розгляньте засоби вимірювань і обладнання до лабораторної роботи. Вивчіть шкали лінійки, мензурки, термометрів та визначте ціну поділки кожного приладу; занесіть дані в таблицю.

№ п/п	Вимірювальний прилад	Одиниці вимірювання	Межі вимірювання	Ціна поділки
1	Лінійка			
2	Кімнатний термометр			
3	Медичний термометр			
4	Мензурка			

3. Ознайомтеся з інструкцією і визначте, як правильно знімати покази приладів. Коротко запишіть у зошит основні правила проведення вимірювань. За потреби звертайтеся за роз'ясненнями до вчителя.

4. Виготовіть з паперу мірну стрічку з ціною поділки 2 мм і за допомогою неї виміряйте довжину олівця й авторучки. Занесіть результати вимірювань у таблицю.

№ п/п	Вимірювана величина	Покази засобу вимірювання
1	Довжина олівця	
2	Довжина авторучки	

5. Проведіть вимірювання об'єму води за допомогою мензурки (або мірного циліндра), провівши три досліди.

Дослід 1. Налийте у мензурку певну кількість води (більше половини об'єму) і визначте її об'єм V_1 .

Дослід 2. Відлийте з мензурки 10-20 мл води і виміряйте об'єм води V_2 , що залишилася у мензурці.

Дослід 3. Долийте у мензурку 10-50 мл води і виміряйте її об'єм V_3 . Дані занесіть у таблицю.

Об'єм води у мензурці		
V_1	V_2	V_3

6. Визначте об'єм бруска. Для цього налейте у мензурку певну кількість води і виміряйте її об'єм V_1 . Потім прикріпіть брусок до нитки і повністю занурте його у воду. Визначте, який об'єм V_2 займають вода і брусок разом.

Шуканий об'єм бруска дорівнює $V = V_2 - V_1$. Дані вимірювань занесіть у таблицю, виразивши об'єм у різних одиницях.

Вимірювана величина		Об'єм бруска ($V = V_2 - V_1$)			
V_1	V_2	см ³	мм ³	дм ³	м ³

7. Знайдіть об'єм бруска V за відомою вам математичною формулою, вимірявши лінійкою його довжину (l), ширину (b) і висоту (h): $V = l \cdot b \cdot h$. На основі даних вимірювань і розрахунків заповніть відповідну таблицю.

Вимірювана величина			Об'єм бруска ($V = l \cdot b \cdot h$)			
l	b	h	см ³	мм ³	дм ³	м ³

8. Порівняйте значення об'єму бруска, знайденого за допомогою мензурки, і його об'єму, обчисленого за математичною формулою. Поясніть причини можливої розбіжності у результатах.

9*. Додаткове завдання. Визначте об'єм тіла неправильної форми за допомогою мензурки. Дані занесіть у таблицю.

Об'єм V_1 води до занурення	Об'єм V_2 води після занурення	Об'єм тіла $V = V_2 - V_1$

10. *Вимірювання об'єму сипких речовин за допомогою мензурки.*

Насипте у мензурку невелику кількість сипучої речовини (пісок або гречка).

Легкими потрушуваннями мензурки встановіть поверхню сипкої речовини горизонтальною.

За шкалою мензурки (вимірювального циліндра) визначте об'єм сипкої речовини, що знаходиться в ній. Результат запишіть із врахуванням похибки вимірювання $V = V \pm \Delta V = \underline{\hspace{2cm}}$.

10. Зробіть висновки.



Лабораторна робота № 3

Визначення розмірів малих тіл різними способами

Мета роботи. 1. Ознайомитися з методами вимірювання розмірів малих тіл.
2. Навчитися визначати лінійні розміри малих тіл, якщо ці розміри менші за ціну поділки шкали приладу.

Обладнання. 1. Лінійка. 2. Мензурка. 3. Посудина з водою. 4. Швацька нитка або тонка дротина. 5. Набір тіл малих розмірів (горох, пшоно, дріб).
6. Олівець. 7*. Мікрофотографія.



Хід роботи

1. Удома напередодні виконання роботи повторіть §7, §8 підручника й ознайомтеся з вказівками до лабораторної роботи № 2.

2. З'ясуйте, у чому полягає метод рядів, який використовують при вимірюванні різних характеристик малих тіл (діаметра, об'єму, маси тощо).

3. Скориставшись методом рядів, виміряйте за допомогою звичайної лінійки з міліметровими поділками діаметр горошини, пшонини і мисливської дробини. Результати вимірювань занесіть у таблицю.

№ п/п	Назва малого тіла	Довжина L ряду	Кількість n частинок у ряду	Діаметр $l = \frac{L}{n}$
1	Горошина			
2	Пшонина			
3	Дробина			

4. Визначте товщину нитки (дротини), щільно намотавши її на олівець в один шар. Результати вимірювань занесіть у таблицю.

Довжина L ряду	Кількість n витків	Товщина нитки $l = \frac{L}{n}$

5. За допомогою мензурки визначте середній об'єм однієї мисливської дробини. Для цього налейте з посудини воду в мензурку і визначте об'єм V_1 цієї води. Тоді обережно вкиньте у мензурку 5–10 дробин та визначте об'єм V_2 води і дробин. Дані вимірювань занесіть у таблицю. Проведіть відповідні обчислення. Дослід повторіть 2–3 рази з різною кількістю дробин.

№ п/п	Початковий об'єм води у мензурці V_1	Об'єм води і дробу V_2	Об'єм дробу $V_2 - V_1$	Кількість дробин n	Середній об'єм однієї дробини $V = \frac{V_2 - V_1}{n}$
1					
2					
3					

6*. *Додаткове завдання.* Якщо є мікрофотографія, то розгляньте її. З'ясуйте, що на ній зображено та при якому збільшенні було зроблено знімок. Визначте реальний розмір частинки. Дані вимірювань занесіть у таблицю.

Назва малого тіла (частинки)	Довжина L ряду	Кількість n частинок у ряду	Діаметр частинки на фотографії $l = \frac{L}{n}$	Збільшення N при фотографуванні	Реальний розмір частинки $l_0 = \frac{l}{N}$
7. Зробіть висновки.					



Домашнє завдання

Користуючись лінійкою з міліметровими поділками, виміряйте товщину аркуша паперу, з якого виготовлено підручник фізики.

§9. Зв'язок між фізичними величинами. Фізичні теорії

- ✓ Що називають фізичною величиною?
- ✓ Наведіть приклади взаємозв'язку фізичних величин.

1 Як ви знаєте, для опису фізичних явищ та властивостей тіл і речовин використовують фізичні величини.

Проводячи експерименти, учені помітили, що величини, які характеризують одне і те саме явище, взаємно пов'язані.

Наприклад, при зміні температури тіл їхні об'єм і довжина також змінюються. Вони збільшуються внаслідок підвищення температури і зменшуються з її зниженням. Температура води в чайнику при нагріванні залежить від часу нагрівання.

2 Щоб зробити висновок про те, що взаємозв'язок між величинами не випадковий, його справедливість перевіряють для багатьох подібних явищ.

Якщо зв'язки між величинами, що характеризують явище, виявляються постійно, то їх називають **фізичними законами**.

Існують фізичні закони, що стосуються відношення тільки певних фізичних явищ. Наприклад, існують закони, які описують механічні явища, або закони, яким підлягають теплові явища. Окрім цього, існують більш загальні закони, які справедливі для усіх фізичних явищ. Сукупність явищ, які описуються законами, визначається межами їхньої застосовності.

Звичайно, фізичний закон записують у вигляді формули.

3 Пізнання навколишнього світу було б неповним, якби люди тільки спостерігали й описували явища, установлювали закони. Потрібно ще й уміти пояснювати явища природи. Людина, вивчаючи природу, завжди прагне відповісти не тільки на запитання «Що відбувається?», але й на запитання «Чому так відбувається?».

Відповідь на запитання «Чому відбувається те чи інше явище?» можна одержати за допомогою теоретичних знань, які є основою **фізичної теорії**. Так, механічні явища, наприклад, характер руху транспортних засобів чи супутників Землі, пояснюють теорією, яка називається *механікою*. Пояснити, чому тіла за нагрівання розширюються, чому нагрівається ложка, опущена в склянку з гарячим чаєм, дає змогу *молекулярно-кінетична теорія будови речовини*. Існують теорії, що пояснюють електричні, оптичні і магнітні явища.

Таким чином, фізичні явища — механічні, теплові, електричні та інші — пояснюються відповідними фізичними теоріями. Теорія містить загальні, систематизовані знання про фізичні явища.

Теорія дає змогу не тільки пояснити, чому відбувається явище, але й передбачити його перебіг.



Запитання для самоперевірки

1. Що виражає фізичний закон?
2. Чи можна вважати фізичним законом зв'язки між величинами, які не повторюються в експериментах?
3. Яка роль фізичної теорії?
4. Які явища пояснює механіка?

§10. Початкові відомості про будову речовини. Атоми й молекули

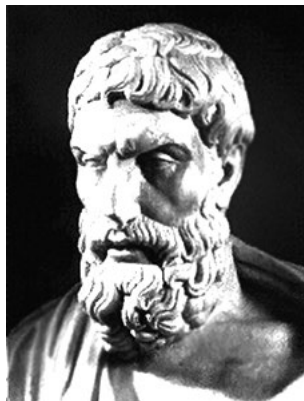
- ✓ Якщо шматок крейди розламати навпіл, отримані уламки ще раз розламати і т.д., то чи існує межа поділу?
- ✓ Як ви вважаєте, чи існують проміжки між частинками, з яких складаються різні тіла?

1 Існує багато явищ природи, які можна пояснити й зрозуміти лише знаючи будову речовини.

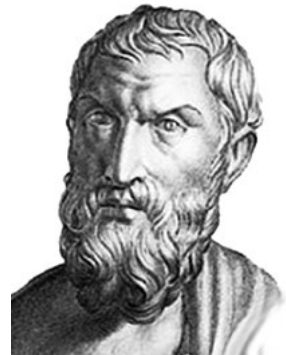
Питання про будову речовини цікавило вчених ще в стародавні часи. Так, у V ст. до н.е. давньогрецький учений **Демокріт** (460–370 рр. до н.е.) висловив думку про те, що речовина складається з невидимих найдрібні-



Демокріт



Епікур



Лукрецій Кар

ших частинок, розділених певними проміжками. Цю найменшу частинку речовини він назвав атомом. Слово «атом» — грецьке, що означає «неподільний». Інший давньогрецький учений **Епікур** (341–270 рр. до н.е.) дали розвинув ідеї Демокріта. Він уважав, що атоми безперервно рухаються і стикаються між собою. Погляди Демокріта та Епікура були викладені у поемі римського філософа і поета **Лукреція Кара** «Про природу речей». Але здогадки цих учених не відразу перетворилися в наукову теорію.

Бо справедливість тієї чи іншої гіпотези міг підтвердити лише експеримент, який у ті далекі часи провести було неможливо.

Тому ідеї Демокріта та Епікура на багато століть були забуті. До них повернулися лише в XVII–XVIII ст., коли була створена теорія газів і були зроблені інші відкриття в науці.

2 Атоми за своїми розмірами настільки малі, що побачити їх неозброєним оком і навіть за допомогою найкращого оптичного мікроскопа неможливо. Встановлено, що атоми мають розмір приблизно 10^{-10} м, або 0,000 000 000 1 м. Щоб уявити цей розмір, розглянемо атом і поряд з ним горіх. Якщо уявно збільшити ці об'єкти так, щоб атом мав такий самий розмір, як горіх, то горіх буде розміром, як Земля.

З окремих атомів складаються різні хімічні елементи: Гідроген, Оксиген, Уран і т.д. На сьогодні відомо більше 110 різних хімічних елементів; їхні атоми відрізняються між собою розмірами, масою та іншими властивостями. За цією ознакою російський хімік **Д. Менделєєв** (1834–1907) склав періодичну систему хімічних елементів.

Атом — це найменша частинка хімічного елемента, яка не ділиться під час хімічних реакцій і зберігає його властивості. Останнє означає, що коли взяти краплю ртуті і окремо атом Меркурію, то вони будуть поводити себе однаково у різних хімічних реакціях.



Дмитро Менделєєв

Атоми можуть сполучатися у молекули. «Молекула» — латинське слово, означає «маленька маса». **Молекулою називають найменшу частинку речовини, яка зберігає усі її хімічні властивості.** Розуміти це слід так. Наприклад, візьмемо крейду — речовину, молекули якої складаються з одного атома Кальцію, одного атома Карбону та трьох атомів Оксигену (CaCO_3). До складу молекули бензолу входять 6 атомів Карбону і 6 атомів Гідрогену (рис. 20). Молекули вітамінів, білків складаються з сотень тисяч і мільйонів різних атомів.

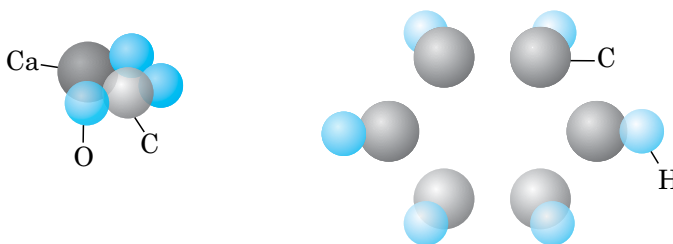


Рис. 20

3 Численні експерименти і теоретичні міркування показали, що атоми і молекули є найдрібнішими частинками, з яких складається речовина. Дрібніших частинок, які б визначали хімічні властивості речовин, не існує. Проте на початку ХХ ст. було встановлено, що атом теж має складну структуру: у центрі атома знаходиться **атомне ядро**, навколо якого рухаються **електрони**. Розрахунки англійського фізика Ернеста Резерфорда показали, що розмір ядра атома приблизно у сто тисяч разів менший від розміру атома. Тобто, якщо розміри атома збільшити до розмірів будинку, то ядро було б маковим зернятком у цьому будинку. Ядро атома, у свою чергу, складається з частинок, які називаються **протонами** і **нейтронами**, а останні складаються з **кварків**. Чи кварки уже є межею поділу і чи вони складаються з якихось структурних частинок — на сьогодні невідомо.

Атом, який втратив або приєднав один або декілька електронів, називається **йоном**. Так, метали складаються з йонів, які коливаються від-

носно деяких положень рівноваги — вузлів кристалічної решітки — та вільних електронів, що хаотично рухаються, утворюючи електронний газ.



Запитання для самоперевірки

1. Чи існує межа поділу речовини?
2. Що таке атом?
3. Які приблизно розміри атомів?
4. Що називають молекулою?
5. Чи можна поділити атом на дрібніші частинки у ході хімічної реакції? А — молекулу?
6. З яких атомів складається молекула води; бензолу?
7. Чи можете ви навести порівняння, що дає змогу уявити розмір атома?
8. Чому різні речовини — вода, мідь, скло — здаються нам суцільними?
9. До яких пір буде розтікатися крапля олії, поміщена на поверхню води у широкій посудині? Відповідь обґрунтуйте.



Завдання 5

- 1.* Як, знаючи об'єм краплі олії, визначити розмір молекули олії? Проведіть відповідний експеримент.
2. Скільки приблизно атомів уміщається на відрізьку завдовжки 1 м, якщо їх розташувати впритул один до одного?

§11*. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та їхнє дослідне обґрунтування

✓ Як ви думаєте, чи можна побачити атоми речовини?

Молекулярно-кінетична теорія — це сучасне вчення про будову і властивості різних речовин. В основі цієї теорії лежать три основні положення:

- 1) усі тіла складаються з дрібних частинок — атомів та молекул;
- 2) атоми та молекули перебувають у безперервному безладному (хаотичному) русі;
- 3) між атомами та молекулами діють сили притягання та відштовхування.

Нижче будуть розглянуті експериментальні підтвердження цих положень.

1 Нині уже ніхто не сумнівається в існуванні атомів та молекул. У 70-х роках ХХ ст. за допомогою спеціального електронного мікроскопа, який дає збільшення у сотні тисяч і мільйони разів удалося розгледіти окремі атоми та молекули і навіть сфотографувати їх. До цього часу існували лише непрямі докази їхнього існування. На рис. 21 наведено фотографію вістря вольфрамової голки, зробленої за допомогою електронного мікроскопа. На цій фотографії круглі плями — це зображення окремих атомів Вольфраму.



Рис. 21

2 Далі, розглянемо такий дослід. У мензурку наллємо розчин мідного купоросу. Цей розчин має темно-блакитний колір, він важчий за воду. Поверх нього обережно, щоб не змішати рідини, доливаємо шар чистої води, щоб між рідинами була чітка межа (рис. 22, а). Посудину залишимо у спокійному місці. Через два-три дні ми помітимо, що межа між рідинами розмивається (рис. 22, б). А через два-три тижні уся рідина у пробірці набуває блідо-блакитного кольору (рис. 22, в).

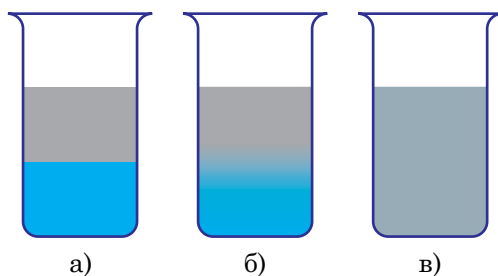


Рис. 22

У цьому досліді молекули мідного купоросу проникають у проміжки між молекулами води, а молекули води — у проміжки між молекулами мідного купоросу.

Явище самовільного взаємного проникнення контактуючих між собою речовин називається дифузією.

Дифузія є дослідним підтвердженням хаотичного руху молекул. Вона спостерігається і в газах. Якщо в кімнаті відкрити флакон з одеколоном, то через деякий час його запах пошириться по всій кімнаті. Це пояснюється тим, що молекули одеколону внаслідок свого хаотичного руху проникають у проміжки між молекулами повітря і навпаки. Дифузія в газах відбувається навіть швидше, ніж у рідинах.

Дифузія відбувається і в твердих тілах, хоча там вона відбувається дуже повільно, оскільки відстані між атомами твердих тіл значно менші, ніж у рідинах, а тим більше в газах. Було проведено такий дослід. Дві добре відполіровані плитки — свинцева і золота — притискали одна до одної

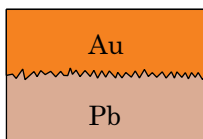


Рис. 23

і поміщали в піч з високою температурою, але нижчою, ніж температура плавлення свинцю. Приблизно через рік розглядали під мікроскопом шар на межі стикання плиток. У ньому було виявлено як наявність золота, так і наявність свинцю (рис. 23).

Виникає запитання: від чого залежить швидкість дифузії? З наведених вище прикладів випливає, що дифузія залежить від агрегатного стану речовини: газ, рідина чи тверде тіло. Крім цього, виявляється, що вона істотно залежить і від температури: чим вища температура, тим швидше відбувається дифузія. Переконайтеся у цьому можна на такому досліді. Приготуйте дві посудини з розчином мідного купоросу і наллємо на нього шар чистої води, як описано вище. Одну посудину залишимо в кімнаті, а іншу поставимо у холодильник. Помітимо, що за той час, поки у посудині в кімнаті весь розчин набуде одноманітного забарвлення, у посудині в холодильнику рівень розчину купоросу ледве досягне половини посудини. Оскільки явище дифузії пов'язане з хаотичним рухом, то можна сказати, що **температура — це фізична величина, яка характеризує інтенсивність теплового руху атомів чи молекул тіла**. Чим температура вища, тим швидкість руху молекул більша і навпаки. Так, за кімнатної температури швидкість руху молекул газу складає сотні метрів за секунду.



Роберт Броун

У природі, техніці й побуті можна виявити чимало явищ, пов'язаних з дифузією: при фарбуванні тканини частинки фарби проникають у проміжки між частинками тканини, при склеюванні, паянні тощо. Дифузія відіграє важливу роль у житті рослин, тварин і людей. Так, кисень при диханні проникає в організм людини через поверхню легень, поживні речовини з кишківника дифундують у кров, поживні речовини з ґрунту через поверхню коренів надходять до рослин.

Підтвердженням існування та безперервного руху молекул є і так званий *броунівський рух*.

У 1827 р. англійський ботанік **Р. Броун** (1773–1858) спостерігав під мікроскопом рух спор у краплі води: вони безладно рухалися (рис. 24 — спора з положення 1 з часом переходить у положення 2). Рух спор довго пояснити не вдавалося. Сам Броун припускав, що спори рухаються тому, що вони живі. Але пізніше досліди були повторені з дрібно розмеленою фарбою і тушшю. І тільки згодом зрозуміли справжню причину броунівського руху. Ця причина — результат руху молекул води. Молекули води, в якій знаходиться броунівська частинка — спора чи частинка фарби — рухаються й ударяють її з різних боків. Причому з різних боків об частинку вдаряється не однакова кількість молекул і з різними швидкостями, що й призводить до хаотичного руху броунівської частинки.

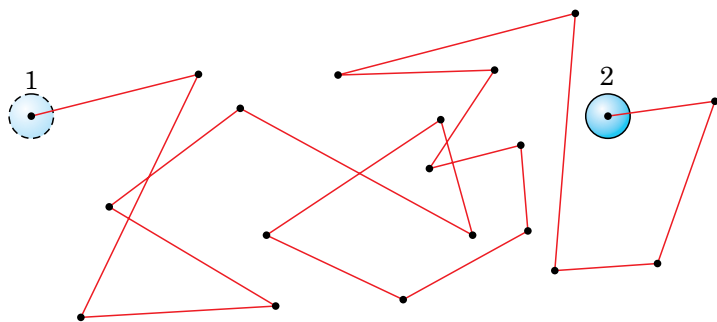


Рис. 24

Ми розглянули досліди, які підтверджують той факт, що молекули весь час перебувають у хаотичному русі. Проте особливості цього руху залежать від агрегатного стану речовини. У газах рух молекул цілком хаотичний. Тому гази не зберігають ні форми, ні об'єму, вони займають увесь об'єм посудини. Молекули рідини коливаються відносно деяких положень рівноваги і час від часу стрибкоподібно переміщуються у нові стабільні положення, відносно яких продовжують коливання. Тому рідина зберігає свій об'єм, але набуває форми посудини, в яку вона налита. У твердому тілі атоми (молекули, йони) настільки сильно взаємодіють між собою, що переважно коливаються відносно деяких положень рівноваги, а «пере-

скакування» у нове положення відбувається дуже рідко. Тому тверді тіла зберігають і форму, і об'єм.

3 Спостереження показують, що тіла не розпадаються на окремі молекули, деякі з них трудно помітно розтягнути або стиснути. Як можна пояснити ці факти? Очевидно, що *молекули притягуються одна до одної*.

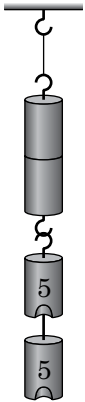


Рис. 25

Проведемо такий дослід. Візьмемо два свинцеві циліндри, стиснемо їх основами, а потім відпустимо. Циліндри роз'єднаються. Далі, зачистимо основи циліндрів і дослід повторимо. Циліндри злипнуться. Вони не роз'єднаються, якщо навіть до нижнього циліндра підвісити вантаж масою у кілька кілограмів (рис. 25). Цей дослід можна пояснити так: циліндри утримуються разом унаслідок того, що між їхніми частинками діють сили притягання. Чому ці сили не проявлялися, поки ми циліндри не зачистили? Очевидно, поверхні циліндрів мали нерівності, які були усунуті при зачищенні, і до зачищення ми не змогли їх зблизити на малі відстані. Звідси можна зробити висновок, що сили притягання між атомами речовини проявляються тільки на малих відстанях.

Чому ж тоді, хоча між атомами й молекулами діють сили притягання, тіла не суцільні і між частинками існують проміжки? Чому тверді тіла й рідини трудно стиснути? Візьміть олівець або металевий стержень і попробуйте його помітно стиснути. Це зробити вам не вдасться. Причина — між частинками речовини, крім сил притягання, діють також сили відштовхування. Ці сили взаємно зрівноважуються, якщо на тіло не діють зовнішні сили. Взаємодія між атомами і молекулами — сили притягання і сили відштовхування — проявляються тільки на малих відстанях, приблизно таких, як розмір атома. Тому не можна, з'єднавши уламки розбитої чашки, отримати цілу чашку: відстані між уламками все одно будуть великими.



Запитання для самоперевірки

1. Які основні положення молекулярно-кінетичної теорії?
2. Чи можна побачити окремі атоми та молекули?
3. Яке явище називається дифузією? Наведіть приклади дифузії.
4. Порівняйте швидкість дифузії в газах, рідинах і твердих тілах.
5. Чи пов'язана швидкість дифузії з температурою? Що характеризує температура?
6. Що таке броунівський рух?
7. Про що свідчать дифузія і броунівський рух?
8. Чому тіла самовільно не розпадаються на окремі атоми чи молекули?
9. Наведіть приклади дослідів, на яких можна спостерігати прояв сил притягання і сил відштовхування, що діють між частинками речовини.
10. Чому неможливо відновити розбиту чашку, якщо просто прикласти її уламки один до одного? Чому її можна склеїти?



Завдання 6

1. Чому дитячі повітряні кульки з часом зменшуються в об'ємі?
2. В якій воді — холодній чи гарячій — цукор розчиняється швидше? Чому?
3. Поясніть, чому частинки крейди, які залишилися на класній дошці після проведення записів, не відпадають від її поверхні.
4. Проведіть наступний дослід. Налийте воду у склянку і опустіть на дно кристалик марганцівки. Спостерігайте за процесом дифузії. Вимірюйте щодня висоту забарвленого стовпа води. Дані спостережень заносьте у зошит. Визначте, через який час забарвиться верхній шар води.
5. Проведіть спостереження дифузії у твердих тілах. Для цього візьміть невелику скляну пластинку, покладіть на неї кристалик марганцівки і покрийте його розплавленим парафіном. Помістіть пластинку в тепле місце і щодня спостерігайте за нею. Визначте, через який інтервал часу буде помітним результат дифузії.



Розділ II

МЕХАНІЧНИЙ РУХ

Питання про те, як і чому рухаються тіла, хвилювало людей з давніх часів. Де опиниться тіло через певний час після початку руху? Що потрібно знати, щоб визначити його положення? Які вимірювання і як їх потрібно провести для того, щоб описати і пояснити «поведінку» тіла? Ці та багато інших питань, що стосуються руху тіла, будуть обговорені у цьому розділі, де ви познайомитеся з різними механічними рухами.

§12. Механічний рух та його види

✓ Наведіть приклади руху фізичних тіл.

1 Погляньте навколо. Ви помітите, що предмети, які оточують вас, поводять себе по-різному. Деякі з них перебувають у стані спокою: стіл, за яким ви сидите, дошка, портрети вчених на стіні класу тощо. Інші рухаються: учитель, що демонструє дослід, стрілки годинників, книга, що падає з парти. Поглянувши у вікно, ви побачите ще більше рухомих тіл: автомобілі, велосипеди, пішоходи та ін. Уявіть, що ви знаходитесь у лісі. Тут, здається, рухається все: листя на деревах і навіть їхні стовбури, трава, жуки, бабки, хмари на небі. Усі ці рухи дуже різні. Та об'єднує їх одна спільна властивість: *усі тіла змінюють своє положення у просторі.*

Зміна положення тіла (або його окремих частин) у просторі відносно інших тіл з плином часу називається механічним рухом.

2 Розгляньте рисунок 26. Кулька, прикріплена до нитки у точці С, здійснює різні рухи. Відмітимо на поверхні кульки точки А й В і прослідкуємо, як будуть змінюватися їхні положення під час різних рухів. У ви-

падку а) всі точки рухаються однаково, будь-яка пряма (AC), проведена в тілі, зміщується паралельно сама собі. Такий рух називають **поступальним**. У випадку б) кулька (її центр) рухається по колу, а у випадку в) — коливається. Це приклади інших видів механічного руху — **обертального** і **коливального** відповідно.

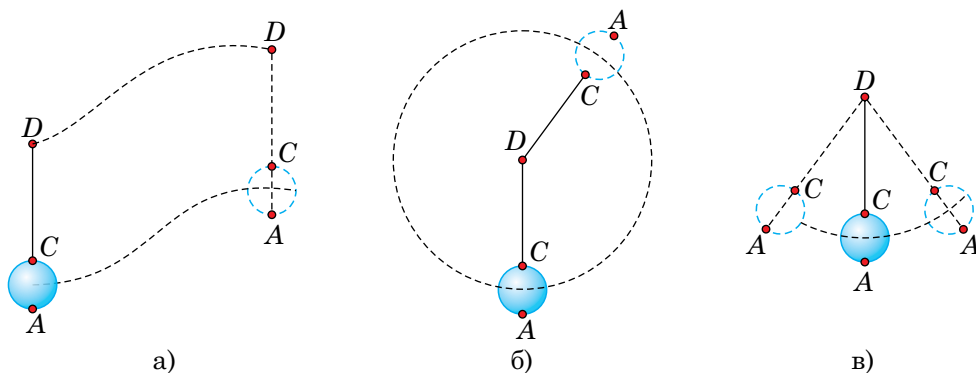


Рис. 26

Можна навести дуже багато прикладів механічного руху. Автомобіль, що рухається по шосе, санчата, що зісковзують з льодяної гірки, літак під час зльоту або посадки — усе це приклади поступального руху. Обертальний рух здійснюють годинна і хвилинна стрілки годинника, людина на каруселі, Місяць навколо Землі. Прикладами коливального руху є рух маятника настінного годинника, хлопчика на гойдалці, струни гітари, що звучить.

Механічний рух — найпростіший вид руху. З іншими, складнішими видами руху ви ознайомитеся на уроках фізики пізніше.



Запитання для самоперевірки

1. Що називають механічним рухом?
2. Які види механічного руху ви знаєте?
3. До якого виду механічного руху — поступального, обертального чи коливального — належать рухи наступних тіл:
— поїзд у метро;

- листок осики на вітрі;
- лопаті вентилятора;
- крила метелика, що летить?

Відповідаючи на запитання, намалюйте таблицю з трьох стовпчиків відповідно до трьох різних видів рухів і заповніть її. Доповніть таблицю своїми прикладами.

4. Які прилади потрібні для вивчення руху?
- 5*. Наведіть приклади рухів, що відрізняються від механічного руху.

§13. Відносність механічного руху. Тіло відліку

✓ Які види механічного руху вам відомі?

1 Головна особливість будь-якого руху — його відносність.



Рис. 27

Уявіть собі, що ви сидите у човні і дивитесь на воду в річці (рис. 27). Чи можна впевнено сказати, що човен рухається? Що ви зробите для того, щоб переконалися в цьому? Звичайно ж подивитесь на берег і тоді скажете, рухається човен чи стоїть на місці.

Інший приклад. Ви знаходитесь у вагоні поїзда і під час зупинки дивитесь у вікно на поїзд, що стоїть поряд. Потім ви бачите, що ваш поїзд починає по-

вільно рухатися, і через деякий час із здивуванням бачите, як мимо вас проїхав «хвіст» іншого поїзда, а ваш, виявляється, продовжував увесь час стояти біля тієї самої платформи.

2 Ці приклади свідчать про те, що робити висновок про рух тіла можна, тільки співставивши його положення з положенням якогось іншого тіла, яке прийнято називати **тілом відліку**.

Отже, **тіло, яке умовно вважається нерухомим і відносно якого вивчається рух досліджуваного тіла, називається тілом відліку**.

Автомобіль рухається відносно шосе або будинків на узбіччі, птах — відносно дерева, візок із вантажем (рис. 28) — відносно стола. А чи рухається вантаж, що знаходиться на візку?

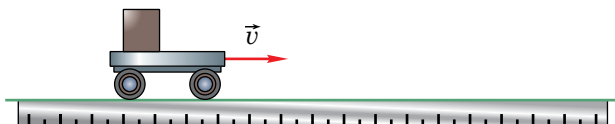


Рис. 28

Так, якщо розглядати його рух відносно стола.

Ні, якщо розглядати його рух відносно візка.

3 Виявляється, одне і те саме тіло може водночас і рухатися, і перебувати у стані спокою. Це залежить від того, відносно якого тіла відліку розглядається його рух.

Якщо у першому прикладі за тіло відліку прийняти човен, в якому ви сидите, то відносно нього ви перебуваєте у спокої. Якщо ж за тіло відліку прийняти дерево на березі річки, то відносно нього ви рухаєтесь.



Запитання для самоперевірки

1. Наведіть приклади, що ілюструють відносність руху тіл.
2. Що називається тілом відліку?
3. Як ви розумієте твердження: «Рух і спокій відносні»?



Завдання 7

1. Мотоцикліст рухається по шосе. Відносно якого тіла він перебуває у спокої:
 - а) будинку біля дороги;
 - б) собаки, що вискочив із під'їзду будинку;
 - в) автомобіля, який їде поряд з тією самою швидкістю, що й мотоцикліст;
 - г) пасажирів у колясці мотоцикла?Виберіть правильні відповіді.

2. Придумайте ситуацію, в якій одне й те саме тіло знаходилося б водночас і в русі, і в спокої.
3. Чи зможе космонавт дати відповідь на запитання: рухається космічний корабель чи ні? Як він учинить, розв'язуючи цю проблему?
4. Проведіть такий дослід. Візьміть широку лінійку, поставте її на котки (два олівці або дві ручки). Потім маленький візок поставте на цю лінійку. На стіл, лінійку і візок установіть по прапорцю (рис. 29). Продемонструйте рух і спокій візка відносно стола і лінійки, лінійки відносно стола і візка. Назвіть в усіх випадках тіло відліку.

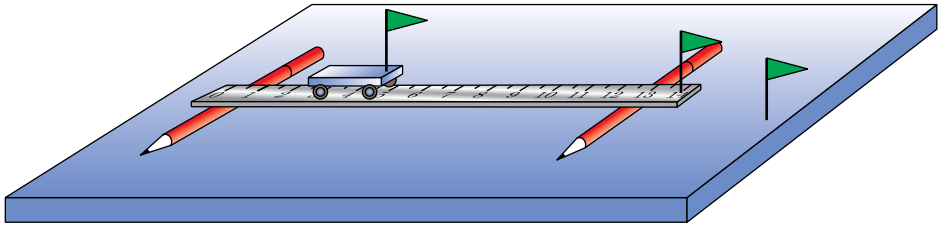


Рис. 29

§14. Матеріальна точка. Система відліку

- ✓ Чи завжди при визначенні положення тіла у просторі необхідно вказувати положення усіх його точок?

1 Під час механічного руху тіла його положення відносно тіла відліку змінюється. Причому, різні точки тіла мають різні положення. Але у багатьох випадках немає потреби вказувати положення усіх точок тіла та описувати їхні рухи. Зокрема, за поступального руху літака, автомобіля, корабля та ін. усі точки кожного з цих тіл рухаються однаково, а тому достатньо описати рух якоїсь однієї точки.

Окрім цього, у багатьох випадках можна знехтувати геометричними розмірами тіла порівняно з відстанню, яку воно проходить. У зв'язку з цим вводять поняття **матеріальної точки** і розглядають її рух.

Матеріальною точкою називають фізичне тіло, розмірами якого і формою за умов задачі можна знехтувати.

Наприклад, розглядаючи рух спортсмена, який пробігає марафонську дистанцію, спортсмена можна вважати матеріальною точкою. Якщо ж цей спортсмен виконує вправи вранішньої фіззарядки, то вважати його матеріальною точкою не можна. У разі поступального руху будь-яке тіло можна вважати матеріальною точкою.

Для визначення положення матеріальної точки у просторі потрібно з тілом відліку пов'язати *систему координат*. Якщо матеріальна точка рухається вздовж деякої прямої, то її положення визначається однією координатою x (рис. 30, а). Якщо матеріальна точка рухається у межах деякої площини, наприклад, шматок крейди під час проведення записів на дошці, то система координат складається з двох взаємно перпендикулярних осей і положення матеріальної точки характеризується двома координатами x та y (рис. 30, б). Якщо ж, наприклад, під час польоту літака змінюється його висота відносно Землі і напрям руху, то доводиться з тілом відліку пов'язувати три взаємно перпендикулярні осі координат і вводити три координати x , y , z (рис. 30, в).

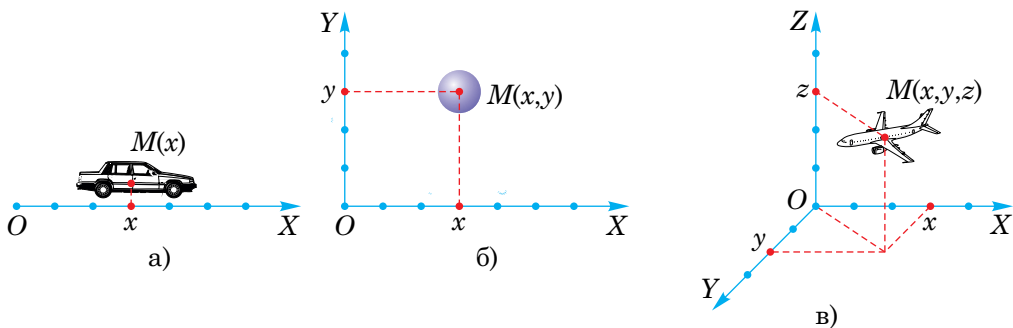


Рис. 30

Під час руху тіла його координати з часом змінюються. Щоб описати цю зміну, потрібно з тілом відліку, крім системи координат, пов'язати ще й прилад для вимірювання часу — *годинник*. Іншими словами, необхідно ввести *систему відліку*.

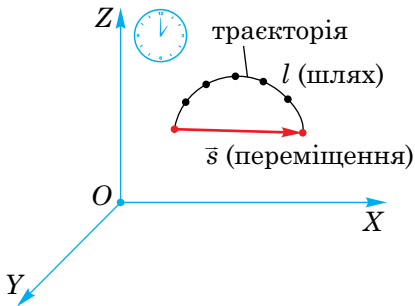


Рис. 31

Під *системою відліку* розуміють пов'язані з тілом відліку систему координат, що служить для визначення положення тіла у просторі, та годинник, який слугує для вимірювання часу (рис. 31).

Описати рух тіла — означає з'ясувати, як змінюються з часом його координати відносно обраної системи відліку.



Запитання для самоперевірки

1. Що називається матеріальною точкою?
2. Які з тіл можна вважати матеріальними точками у наступних випадках рухів:
 - Юпітер рухається навколо Сонця по орбіті;
 - поїзд їде зі Львова до Києва;
 - спортсмен виконує різні вправи на турніку;
 - Земля обертається навколо власної осі?
3. Наведіть приклади різних годинників.
4. Дайте визначення системи відліку.

§15. Траєкторія. Шлях. Переміщення

✓ Чи всі фізичні тіла при русі залишають за собою видимі сліди?

1 Як уже зазначалося, при вивченні руху тіла важливо знати, як змінюється його положення (координати) з часом.

Деякі тіла під час руху залишають за собою видимий слід. Це, наприклад, слід лижника, що біжить по свіжому снігу (рис. 32), слід метеора, що пролетів по небі (рис. 33), слід кінчика олівця, що рухається по чистому аркуші паперу (рис. 34). Такий слід, точніше, **лінію, вздовж якої рухається тіло, називають траєкторією руху**. Залежно від форми

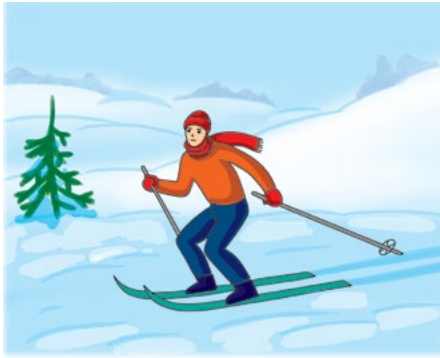


Рис. 32



Рис. 33

траєкторії, рухи поділяють на прямолінійні та криволінійні. Очевидно, що у більшості випадків траєкторію побачити неможливо.

Траєкторія відносна, її форма залежить від вибору системи відліку, відносно якої розглядається рух. Так, відносно системи відліку, пов'язаної з віссю колеса велосипеда (K'), що рухається вздовж прямолінійної ділянки дороги, будь-яка точка ободу його колеса описує коло, а відносно системи відліку, пов'язаної із Землею (K) — складнішу лінію (циклоїду) (рис. 35).

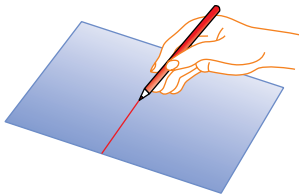


Рис. 34

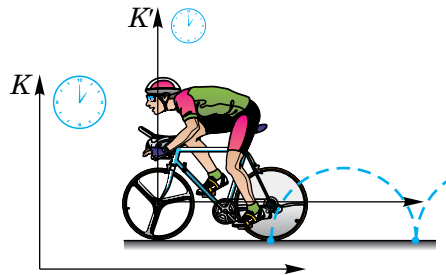


Рис. 35

2 Знаючи траєкторію руху матеріальної точки, можна визначити пройдений нею шлях. Для цього потрібно виміряти довжину ділянки траєкторії між початковим та кінцевим її положеннями. Такі вимірювання можна здійснити за допомогою лінійки, мірної стрічки тощо. Шлях, про-

йдений автомобілем упродовж деякого інтервалу часу, зазвичай визначають як різницю кінцевого і початкового показів спеціального лічильника, встановленого на *спідометрі* (рис. 39). Отже, **пройдений шлях** — це довжина ділянки траєкторії, описаної матеріальною точкою або тілом упродовж певного інтервалу часу (див. рис. 31).

Пройдений шлях, або просто шлях, — це фізична величина, її прийнято позначати латинською літерою l . Шлях з плином часу може тільки збільшуватися або залишатися величиною сталою, якщо тіло перебуває у спокої. Певного напрямку у просторі шлях не має. Такі фізичні величини, які характеризуються лише числовим значенням або величиною і певного напрямку у просторі не мають, називаються скалярними величинами або просто **скалярами**. Отже, шлях — *скаляр*.

Для вимірювання пройденого шляху служить основна одиниця довжини — *метр* (1 м). На практиці використовують й інші одиниці шляху: *кілометр* (1 км = 1000 м = 10^3 м), *сантиметр* (1 см = 0,01 м = 10^{-2} м), *міліметр* (1 мм = 0,1 см = 10^{-3} м).

3 Якщо відомо початкове положення тіла, то для визначення його наступного положення знати тільки пройдений ним шлях недостатньо. Якщо,

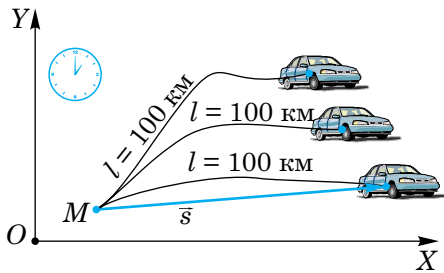


Рис. 36

наприклад, автомобіль за годину проїхав $l = 100$ км, то встановити, де він буде через годину лише за цими даними неможливо, адже автомобіль міг рухатися на північ, південь, схід, захід тощо (рис. 36). Для цього потрібно знати ще й напрям руху: з'єднати початкове і кінцеве положення тіла прямою лінією і стрілкою вказати напрям його руху (див. рис. 31).

У зв'язку з цим вводять нову фізичну величину — *переміщення* тіла. **Переміщення** — **величина векторна**. Векторні величини, крім числового значення, мають ще й певний напрям у просторі. Їх позначають відповідними буквами зі стрілкою зверху. Вектор переміщення позначається \vec{s} . Запис $|\vec{s}|$ або просто s означає модуль вектора переміщення, тобто

його числове значення або довжину. Переміщення вимірюють у тих самих одиницях, що й шлях. Переміщення не єдина векторна фізична величина. З іншими векторними величинами ви ознайомитеся при подальшому вивченні фізики.

Отже, переміщення матеріальної точки (або тіла) — це вектор, що сполучає її (його) початкове положення з наступним (див. рис. 31).



Запитання для самоперевірки

1. Що називають траєкторією руху?
2. Чи можна побачити траєкторію руху трамвая, тролейбуса, корабля, літака?
3. Яку фізичну величину називають шляхом?
4. Яку фізичну величину називають переміщенням?
5. Які одиниці шляху та переміщення?
6. Чим відрізняються векторні фізичні величини від скалярних?



Завдання 8

1. Чи залежить форма траєкторії руху тіла від вибору системи відліку?
2. Чи може шлях, пройдений тілом, з плином часу зменшуватися, збільшуватися, не змінюватися? Наведіть приклади.
3. М'яч кинули під кутом до горизонту, після чого він упав на Землю. Як практично виміряти його переміщення?
4. Автомобіль виїхав з гаража і після розвезення пошти повернувся назад. Чому дорівнює переміщення автомобіля? Як практично шофер може визначити пройдений автомобілем шлях?
- 5*. Чи справджується рівність $s = l$, де s — переміщення тіла, l — шлях? Відповідь обґрунтувати, навести приклади.

§16. Рівномірний прямолінійний рух та його швидкість

- ✓ Назвіть можливі одиниці швидкості руху тіла.
- ✓ Наведіть приклади фізичних величин, пов'язаних між собою прямою пропорційною залежністю.

1 Серед різноманітних механічних рухів найпростішим є рівномірний рух тіла. *Рівномірним* називають такий рух, за якого тіло впродовж будь-яких однакових інтервалів часу проходить однакові шляхи.

Наприклад, якщо поїзд на досить довгому перегоні проходить за кожну годину 60 км, за кожні півгодини 30 км, за кожну хвилину 1 км і т.д., то його рух рівномірний. Рівномірний рух можна спостерігати на досліді з рухомим візком, на якому встановлена крапельниця (рис. 37). Через рівні інтервали часу з крапельниці падають краплі. Вимірявши відстані між слідами двох сусідніх крапель, можна помітити, що вони однакові. Це означає, що візок рухається рівномірно вздовж прямої лінії. Такий рух називають *рівномірним прямолінійним рухом*. Рівномірний рух може відбуватися не тільки вздовж прямої. Так, наприклад, стрілки годинника також рухаються рівномірно, але кожна їхня точка описує кола з різними радіусами.

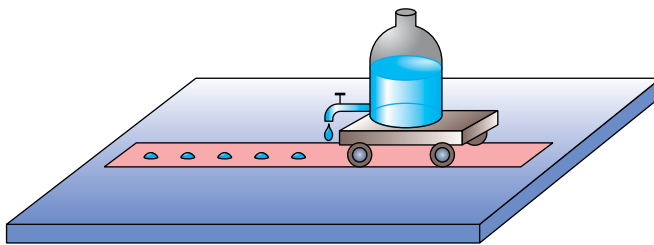


Рис. 37

Далі, ми будемо вивчати у цьому параграфі тільки рівномірний прямолінійний рух.

Рівномірним прямолінійним рухом називають такий рух, під час якого тіло за будь-які рівні інтервали часу здійснює однако-ві переміщення.

2 Уявімо собі, що з пункту *A* до пункту *B* рівномірно рухаються ав-томобіль, велосипедист і пішохід (рис. 38).

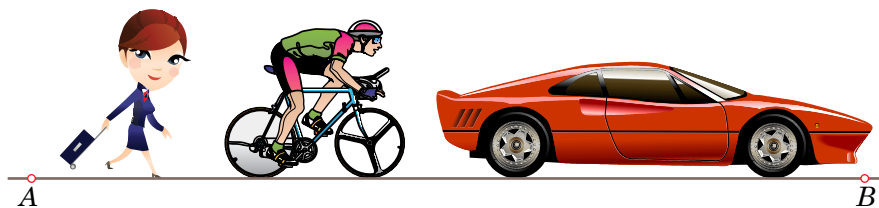


Рис. 38

Хоча усі три рухи є рівномірними, вони зазвичай відрізняються один від одного: автомобіль рухається найшвидше і першим приїде до пунк-ту *B*; потім туди приїде велосипедист і, нарешті, дійде пішохід. Отже, рухи цих тіл відрізняються темпом руху, інакше кажучи, **швидкостями**.

3 Для визначення швидкості рівномірного руху тіла потрібно поді-лити шлях, пройдений тілом, на час, упродовж якого цей шлях був про-йдений:

$$\text{швидкість} = \frac{\text{шлях}}{\text{час}}.$$

Якщо тіло рухається прямолінійно і при цьому **не змінює напрям руху**, то, очевидно, модуль його переміщення (*s*) дорівнює пройденому шляху (*l*).

Швидкість — це векторна фізична величина, оскільки вона, крім чис-лового значення, має ще й напрям. На рисунках напрям швидкості руху тіла вказують стрілкою. Швидкість позначають \vec{v} , переміщення — \vec{s} і час — *t*. Тому можна записати формулу для знаходження швидкості

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

У вказаному вище випадку рівномірного прямолінійного руху $s = l$, і для величини (модуля) швидкості можна записати:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{l}{t},$$

тобто швидкість тіла показує, який шлях воно проходить за одиницю часу або яке переміщення воно здійснює за одиницю часу.

4 За одиницю швидкості приймають швидкість такого рівномірного прямолінійного руху, за якого тіло впродовж 1 с здійснює переміщення 1 м.

Основною одиницею швидкості є метр за секунду (**1 м/с**). Окрім неї можливі й інші: міліметр за секунду (**1 мм/с**), сантиметр за секунду (**1 см/с**), кілометр за годину (**1 км/год**).

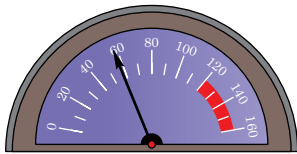


Рис. 39

Швидкість руху транспортних засобів прийнято виражати в км/год. Наприклад, швидкість автомобіля — 60 км/год, швидкість велосипедиста — 20 км/год. А ось швидкість равлика зручніше вимірювати у менших одиницях; так, швидкість виноградного равлика становить біля 1,5 мм/с.

Швидкість автомобіля вимірюють спеціальним приладом — *спідометром* (рис. 39).

5 Приклад розв'язування задачі.

Чи зможе людина перегнати вітер, якщо відомо, що спортивну дистанцію 1500 м вона пробігає за 4 хв 10 с? Швидкість помірного вітру дорівнює приблизно 6 м/с, а швидкість штормового вітру складає біля 21 м/с.

Перш ніж розв'язувати задачу, зверніть увагу на одиниці часу. У таких випадках потрібно виразити час в однакових одиницях, краще в секундах, оскільки секунда — основна одиниця часу.

$$4 \text{ хв } 10 \text{ с} = 4 \cdot 60 \text{ с} + 10 \text{ с} = 250 \text{ с}.$$

Уведемо позначення:

v — швидкість людини, що біжить;

v_1 — швидкість помірного вітру;

v_2 — швидкість штормового вітру.

Пригадаємо, що шлях позначається буквою l , а час — буквою t .

Скорочений запис умови задачі і її розв'язування здійснюється так.

Дано:	СИ	Розв'язування.
$l = 1500 \text{ м}$		Згідно з визначенням швидкість людини дорівнює $v = \frac{l}{t}$;
$t = 4 \text{ хв } 10 \text{ с}$	250 с	
$v_1 = 6 \text{ м/с}$		
$v_2 = 21 \text{ м/с}$		$v = \frac{1500 \text{ м}}{250 \text{ с}} = 6 \text{ м/с.}$
$v = ?$		

Відповідь. $v = 6 \text{ м/с}$. Отже:

- 1) людина не зможе перегнати штормовий вітер: $v < v_2$;
- 2) людина не зможе перегнати помірний вітер, але її швидкість може приблизно дорівнювати швидкості такого вітру: $v \approx v_1$.



Запитання для самоперевірки

1. Який рух називається рівномірним прямолінійним рухом?
2. Що показує швидкість за рівномірного прямолінійного руху? За якою формулою можна її розрахувати?
3. Які фізичні величини називають векторними?
4. Чому швидкість руху є векторною фізичною величиною?
5. Які одиниці швидкості ви знаєте?
6. Яким приладом можна виміряти швидкість автомобіля?



Завдання 9

1. Хто рухається швидше: велосипедист, швидкість якого становить 18 км/год, чи ковзаняр, швидкість якого 10 м/с?
2. За течією ріки рівномірно пливе пліт зі швидкістю 1,2 м/с. Який шлях відносно берега він пропливе за 20 хв?
3. Як ви вважаєте, швидкість 1 м/с — це велика чи мала швидкість?

- 4*. Розгляньте формулу $v = \frac{s}{t}$. Чи можна вважати, що швидкість рівномірного прямолінійного руху залежить від переміщення тіла і часу руху? Відповідь обґрунтуйте.

§17. Рівняння руху. Графіки рівномірного прямолінійного руху

1 Як бачимо з формул для визначення швидкості, наведених у попередньому параграфі, якщо відома швидкість рівномірного прямолінійного руху тіла, то пройдений ним шлях можна визначити за формулою:

$$l = vt.$$

Для переміщення маємо аналогічну формулу:

$$s = vt.$$

Легко також записати і залежність координати від часу, обравши координатну вісь уздовж напрямку руху тіла (рис. 40):

$$x = x_0 + s,$$

або

$$x = x_0 + vt,$$

де x_0 — початкова координата тіла.

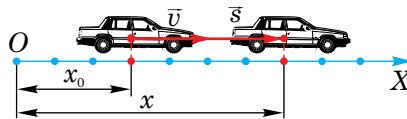


Рис. 40

Якщо тіло рухається протилежно до напрямку обраної осі OX , то остання залежність набуває вигляду:

$$x = x_0 - vt.$$

Наведені вище три останні рівняння називають *рівняннями рівномірного прямолінійного руху тіла*.

2 З метою унаочнення і кращого розуміння закономірностей рівномірного прямолінійного руху побудуємо графік залежності координати тіла від часу, який називають **графіком руху** тіла. Розглянемо наступний приклад. Нехай у початковий момент координата автомобіля становила 4 м ($x_0 = 4$ м), а швидкість руху дорівнювала 0,5 м/с і з часом не змінювалася. Тоді рівняння його руху матиме вигляд:

$$x = 4 + 0,5t.$$

У математиці, як відомо, таку залежність називають лінійною функцією і її графіком буде пряма лінія. Для побудови останньої досить спочатку на графік нанести положення двох будь-яких точок, а потім через них провести пряму. При $t = 0$, $x = 4$ м, при $t = 2$ с, $x = 5$ м. На рис. 41 зображено графік руху автомобіля.

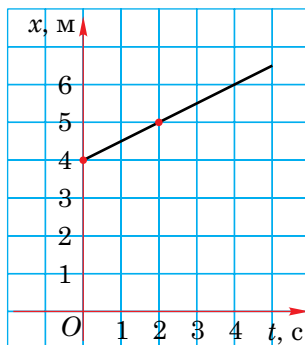


Рис. 41

3 Для розглядуваного випадку можна також побудувати графік залежності шляху від часу, який виражається формулою:

$$l = 0,5t,$$

що є прямою пропорційною залежністю. Її графіком, як відомо, є пряма лінія. При $t = 0$, $l = 0$; при $t = 4$ с, $l = 2$ м. Відповідний *графік шляху* зображено на рис. 42, а). Для тіла, швидкість якого більша ніж 0,5 м/с, графік шляху йтиме стрімкіше (рис. 42, б), так само йде графік залежності модуля переміщення s від часу t .

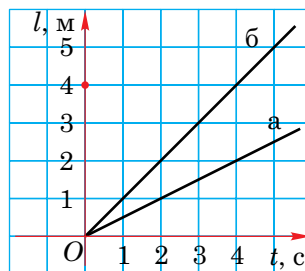


Рис. 42

4 *Графік швидкості*. Для будь-якого моменту часу швидкість $v = 0,5$ м/с. Відповідний графік зображено на рис. 43.

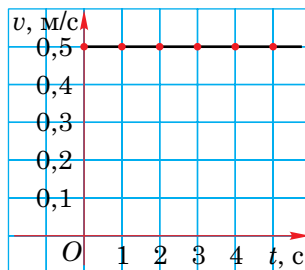


Рис. 43



Запитання для самоперевірки

1. Що таке рівняння руху? Як його можна записати для рівномірного прямолінійного руху?
2. Що таке графік руху тіла?
3. Як можна графічно зобразити залежність координати від часу для тіла, яке рухається рівномірно прямолінійно?
4. Який вигляд має графік шляху для рівномірного прямолінійного руху?



Завдання 10

1. Визначте швидкість тіла, графік шляху якого зображено на рис. 42 лінією б.
- 2*. Визначте шлях, пройдений тілом за 4 с, скориставшись графіком швидкості (рис. 43).

§18. Нерівномірний прямолінійний рух. Середня швидкість

- ✓ Який механічний рух називають рівномірним?
- ✓ Як визначити швидкість тіла під час рівномірного руху?

1 Рівномірний рух зустрічається в природі нечасто. Строго кажучи, ідеально рівномірно не може рухатися жодне тіло, але можна створити такі умови, за яких рух відбуватиметься практично рівномірно. Спробуйте уявити собі, за яких умов автомобіль міг би рухатися рівномірно із пункту *A* до пункту *B* (див. рис. 38). Це могло б бути лише у тому разі, якби він ніде не гальмував, ніде не зупинявся, уже в початковому пункті, тобто на старті, їхав зі швидкістю \vec{v} і проїхав пункт *B* з тією самою швидкістю. Такий рух і справді можливий, але тільки на деякій ділянці шляху автомобіля.

Будь-яке тіло, рушаючи з місця, розганяється; миттєво зупинитися воно також не може. Уявіть собі рух поїзда чи автомобіля, рух птаха або свій власний рух зі школи додому. На деякій ділянці шляху можна ру-

ЗМІСТ

Дорогі друзі!..... 3

Розділ I. Фізика як природнича наука.

Методи наукового пізнання..... 4

§1. Що вивчає фізика..... 4

§2. Як вивчають явища природи..... 7

§3. Зв'язок фізики з іншими науками..... 11

§4. Фізика й оточуючий світ 14

§5. Видатні вчені-фізики 16

§6. Фізичні величини. Одиниці фізичних величин 19

§7. Вимірювання фізичних величин 21

§8. Точність вимірювань 25

Лабораторна робота № 1–2. Визначення ціни поділки вимірювального приладу. Вимірювання об'єму 29

Лабораторна робота № 3. Визначення розмірів малих тіл різними способами..... 32

§9. Зв'язок між фізичними величинами. Фізичні теорії..... 34

§10. Початкові відомості про будову речовини. Атоми й молекули..... 36

§11*. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та їхнє дослідне обґрунтування 40

Розділ II. Механічний рух..... 46

§12. Механічний рух та його види 46

§13. Відносність механічного руху. Тіло відліку..... 48

§14. Матеріальна точка. Система відліку..... 50

§15. Траєкторія. Шлях. Переміщення..... 52

§16. Рівномірний прямолінійний рух та його швидкість	56
§17. Рівняння руху. Графіки рівномірного прямолінійного руху	60
§18. Нерівномірний прямолінійний рух. Середня швидкість	62
§19*. Рівноприскорений рух. Прискорення.....	65
§20. Рівномірний рух матеріальної точки по колу	69
Лабораторна робота № 4. Визначення періоду обертання, частоти та швидкості руху по колу.....	72
§21. Коливальний рух. Маятники	74
Лабораторна робота № 5. Дослідження коливань математичного маятника	77
Навчальний проект № 1	78

Розділ III. Взаємодія тіл. Сила..... 79

§22. Явище інерції	79
§23. Інертність тіла. Маса.....	82
§24. Вимірювання маси.....	85
Лабораторна робота № 6. Вимірювання маси тіл на важільних терезах	88
§25. Густина речовин.....	90
Лабораторна робота № 7. Визначення густини речовин твердих тіл і рідин	94
§26. Сила	96
§27. Вимірювання сили.....	101
§28. Сила пружності. Закон Гука.....	105
Лабораторна робота № 8. Градування шкали динамометра і вимірювання сили.....	108
§29. Додавання сил. Рівнодійна	110
§30. Сила тяжіння	114
§31. Вага тіла. Невагомість	117
§32. Сила тертя	120
Лабораторна робота № 9. Визначення коефіцієнта тертя ковзання.....	127

§33.	Тиск твердих тіл.....	129
§34.	Тиск рідин і газів. Закон Паскаля.....	134
§35.	Тиск у нерухомих рідинах і газах.....	139
§36.	Сполучені посудини.....	144
§37.	Атмосферний тиск.....	146
§38.	Манометри і насоси.....	153
§39.	Виштовхувальна сила. Закон Архімеда.....	156
§40.	Плавання суден. Повітроплавання.....	162
	Лабораторна робота № 10. З'ясування умов плавання тіл.....	167
	Навчальний проект № 2	169

Розділ IV. Механічна робота та енергія..... 170

§41.	Механічна робота.....	170
§42.	Потужність.....	175
§43.	Механічна енергія та її види.....	180
§44.	Закон збереження енергії в механіці.....	185
§45.	Прості механізми.....	190
§46.	Умова рівноваги важеля.....	193
	Лабораторна робота № 11. Вивчення умови рівноваги важеля.....	200
§47.	Застосування правила рівноваги важеля до блока. «Золоте правило» механіки.....	202
§48.	Коефіцієнт корисної дії простих механізмів.....	206
	Лабораторна робота № 12. Визначення ККД похилої площини.....	209
	Навчальний проект № 3	211

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт у фізичному кабінеті..... 212

Міжнародна система одиниць (СІ)..... 213

Відповіді до деяких задач..... 214

Алфавітний покажчик..... 215



Навчальне видання

ПІСТУН Петро Федорович
ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ Валерій Володимирович

ФІЗИКА

Підручник для 7 класу

загальноосвітніх навчальних закладів

Головний редактор *Богдан Будний*

Редактор *Володимир Дячун*

Художник обкладинки *Ростислав Крамар*

Дизайн та комп'ютерна верстка *Андрія Кравчука*

Підписано до друку 19.01.2015. Формат 70×90/16. Папір офсетний.

Гарнітура Шкільна. Умовн. друк. арк. 16,046.

Умовн. фарбо-відб. 64,184.

Видавництво «Навчальна книга – Богдан»

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до Державного реєстру видавців,

виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 4221 від 07.12.2011 р.

Навчальна книга – Богдан, просп. С. Бандери, 34а, м. Тернопіль, 46002

Навчальна книга – Богдан, а/с 529, м. Тернопіль, 46008

тел./факс (0352)52-06-07; 52-19-66; 52-05-48

office@bohdan-books.com

www.bohdan-books.com