

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

ФІЗИКА

7

За редакцією В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого

КЛАС



Дорогі друзі!

Цього навчального року починається ваша подорож світом нової для вас науки — фізики. Ви будете спостерігати явища природи, проводити справжні наукові експерименти й на кожному уроці робити власні маленькі відкриття.

Вам зустрінуться не тільки добре відомі з курсу природознавства поняття: «фізичне тіло», «речовина», «атоми», «молекули», «дифузія», «механічний рух»,— а й багато нових.

Жодна справжня подорож не буває легкою, але ж скільки нового ви дізнаєтеся про світ навколо! А підручник, який ви тримаєте в руках, стане для вас надійним помічником.

Будьте уважними й наполегливими, вивчаючи зміст кожного параграфа, і тоді ви зможете зрозуміти суть викладеного матеріалу та застосувати здобуті знання в повсякденному житті.

Зверніть увагу, що параграфи завершуються рубриками: «*Підбиваємо підсумки*», «*Контрольні запитання*», «*Вправа*». Для чого вони потрібні і як з ними краще працювати?

У рубриці «*Підбиваємо підсумки*» подано відомості про основні поняття та явища, з якими ви ознайомилися в параграфі. Отже, ви маєте можливість іще раз звернути увагу на головне.

«*Контрольні запитання*» допоможуть з'ясувати, чи зрозуміли ви вивчений матеріал. Якщо ви зможете відповісти на кожне запитання, то все гаразд, якщо ж ні, знову зверніться до тексту параграфа.

Рубрика «*Вправа*» зробить вашу подорож у дивовижний світ фізики ще цікавішою, адже ви зможете застосувати отримані знання на практиці. Завдання цієї рубрики диференційовані за рівнями складності — від доволі простих, що потребують лише уважності, до творчих, розв'язуючи які слід виявити кмітливість і наполегливість. Номер кожного завдання має відповідний колір (у порядку підвищення складності: синій, зелений, жовтий, червоний, фіолетовий).

Серед завдань є такі, що слугують для повторення матеріалу, який ви вже вивчали в курсах природознавства, математики або на попередніх уроках фізики.

А от ті, хто не звик зупинятися на досягнутому, знайдуть багато корисного в матеріалах, позначених «*».

Чимало цікавого очікує на вас на електронному освітньому ресурсі «Інтерактивне навчання» (interactiv.ranok.com.ua). Це відеоролики, що демонструють етапи проведення всіх запропонованих у підручнику лабораторних робіт, показують у дії той чи інший фізичний дослід або процес; інформація, яка допоможе вам у виконанні завдань; тренувальні тестові завдання з комп'ютерною перевіркою.

Зверніть увагу на те, що кожна рубрика в підручнику має відповідну позначку, — це допоможе вам орієнтуватися в поданому матеріалі:



Підбиваємо підсумки



Контрольні запитання



Вправа



Завдання на повторення



Експериментальне завдання



Інтернет-підтримка

Фізика — наука експериментальна, тому в підручнику на вас очікують *експериментальні завдання та лабораторні роботи*. Обов'язково виконуйте їх — і ви будете краще розуміти й любити фізику. Радимо опрацьовувати *завдання «із зірочкою»*. Це допоможе навчитися подавати результати експериментів так, як це роблять справжні вчені. Зрозуміло, що перед цим слід ознайомитися з відповідним матеріалом у § 5.

Матеріали, запропоновані наприкінці кожного розділу в рубриках «Підбиваємо підсумки розділу» і «Завдання для самоперевірки», допоможуть систематизувати отримані знання, будуть корисними під час повторення вивченого та в ході підготовки до контрольних робіт.

У разі роботи над *навчальними проектами* радимо уважно ознайомитися з деякими порадами щодо їх створення і презентації, поданими наприкінці підручника.

Для тих, хто хоче більше довідатися про розвиток фізичної науки й техніки в Україні та світі, знайдеться чимало цікавого й корисного в рубриках «Фізика і техніка в Україні» і «Енциклопедична сторінка».

Цікавої подорожі світом фізики, нехай вам щастить!

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

- Ви знаєте, як виміряти, наприклад, довжину зошита, а дізнаєтесь, як визначити розмір молекули
- Ви знаєте імена видатних учених, а дізнаєтесь про їхні відкриття
- Ви вмієте визначати об'єм прямокутного паралелепіпеда, а навчитеся вимірювати об'єм тіла будь-якої форми
- Ви знаєте, як виглядають моделі літаків, а з'ясуєте, чи можна побачити фізичні моделі та для чого їх створюють



§ 1. ФІЗИКА — НАУКА ПРО ПРИРОДУ. ФІЗИЧНІ ТІЛА ТА ФІЗИЧНІ ЯВИЩА

У перекладі з давньогрецької слово «фізика» означає «природа». Отже, *фізика* — наука про природу, або *природнича наука*. Звернемося до тлумачного словника. Словом «природа» зазвичай називають навколишній нерукотворний світ. Але існує також інше тлумачення: природа — це сутність, основна властивість чого-небудь. Згадайте: «природа блискавки», «природа вулканічної діяльності», «природа тіл Сонячної системи». Спробуємо з'ясувати, в якому ж розумінні використано слово «природа» в назві предмета, який ви починаєте вивчати.

1 Дізнаємося, як зароджувалася фізика

Ще в далеку давнину люди почали досліджувати навколишній світ. Передусім це було викликано повсякденними потребами — надійно захиститися від негоди та хижаків, зібрати врожай, врятуватися від ворогів тощо. Людині потрібно було навчитися піднімати й переміщувати важкі камені, щоб збудувати домівку з міцними стінами; виплавляти метал із руди, щоб виготовити плуги, сокири, надійні й гострі наконечники стріл...

Проте не тільки практичні потреби спонукали до вивчення природи. Допитливість, властива людині, штовхала її до пошуку відповідей на численні питання (рис. 1.1): як виникли Земля й Сонце, Місяць і зорі? як літають птахи і як плавають риби? чому трапляються землетруси, повені, посухи, пожежі? звідки з'явилася сама людина і яким є її призначення? Так почала зароджуватися наука про природу, яку сьогодні називають *природознавство*. Із часом обсяг знань збільшувався і єдина «наука про природу» почала розпадатися на окремі дисципліни (рис. 1.2).

Так, у стародавні часи виникла астрономія — наука, що вивчала розташування та рух небесних тіл, потім — *філософія* (у перекладі



Рис. 1.1. Намагаючись зрозуміти навколишній світ, людина ставить перед собою безліч питань і шукає відповіді на них



Рис. 1.2. Фізика, хімія, географія, біологія, медицина мають свій початок у природознавстві

з давньогрецької це слово означає «любов до мудрості»). Філософи збирали знання про навколишній світ, доповнювали їх власними ідеями та передавали своїм учням.

А от засновником фізики вважають давньогрецького філософа *Аристотеля* (рис. 1.3). Саме він одну зі своїх праць, у якій систематизував природничі знання свого часу, назвав «Фізика».

2 З'ясуємо, що вчені називають матерією

З античних часів у науці використовують поняття матерії. Почувши слово «матерія», багато хто з вас напевне уявить якусь тканину. Проте для вчених це поняття є набагато ширшим! *Матерія* — це все те, що нас оточує.

Спостерігаючи світ навколо, ви бачите різноманітні фізичні тіла (рис. 1.4). Будь-яке фізичне тіло складається з *речовини* — металу, пластику, дерева, повітря тощо. *Речовина* — це один із видів матерії.

Фізичне тіло — це певна частина простору, зайнята речовиною.

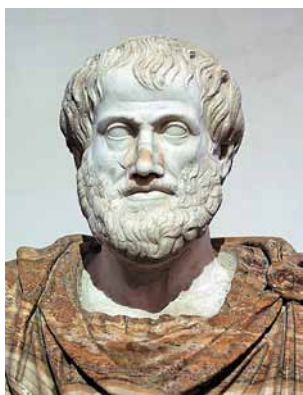


Рис. 1.3. Аристотель (384–322 рр. до н. е.)



Рис. 1.4. Приклади фізичних тіл



Рис. 1.5. Приклади природних явищ

Фізичні тіла можуть бути твердими (олівець, камінь), рідкими (краплі дощу, олія у склянці), газоподібними (повітря в повітряній кульці). Багато тіл мають тверді, рідкі та газоподібні складові (живі істоти, автомобілі, хмари).

? Спробуйте навести ще кілька подібних прикладів.

У XIX ст. учені встановили, що крім речовини існує *ще один вид матерії* — **поле**. За допомогою поля — невидимих електромагнітних хвиль — ми маємо змогу спілкуватися по мобільному телефону, капітан корабля може з'ясувати координати свого судна через супутник. На подібних хвилях працюють радіо й телебачення. Світло теж є прикладом електромагнітного поля.

Речовина і поле різняться своїми властивостями, але можуть перетворюватися одне в одне. Сяйво Сонця та зір, народження елементарних частинок у надсучасних прискорювачах — результати такого перетворення.

Наприкінці XX ст. науковці відкрили за межами Сонячної системи нові матеріальні сутності, фізичну природу яких не встановлено й нині. Ці матеріальні сутності назвали **темна матерія** і **темна енергія**. Згідно з даними 2013 р., всесвіт на 95,1 % складається з темної матерії й темної енергії і лише на 4,9 % — зі «звичайної» матерії (речовини та поля). Питання щодо властивостей темної енергії й темної матерії — головна проблема сучасної фізики.

i 3 Розглядаємо фізичні явища

Світ навколо нас безперервно змінюється. Тіла переміщуються одне відносно одного, деякі з них зіштовхуються і, можливо, руйнуються, з одних тіл утворюються інші... Перелік таких змін можна продовжувати й продовжувати — не дарма ще давньогрецький філософ *Геракліт* (бл. 544–483 рр. до н. е.) зауважив: «Усе тече, усе змінюється». Зміни в природі вчені називають *природними явищами* (рис. 1.5).

Щоб краще зрозуміти складні природні явища, учені розглядають їх як сукупність



Рис. 1.6. Складне природне явище — гроза — являє собою сукупність різних фізичних явищ

фізичних явищ — явищ, які можна описати за допомогою відповідних фізичних законів.

Наприклад, грозу можна розглядати як сукупність блискавки (електромагнітне явище), гуркоту грому (звукове явище), руху хмар, падіння крапель дощу (механічні явища) та ін. (рис. 1.6).

Розгляньте приклади деяких фізичних явищ, наведені в таблиці. Що може бути спільного між польотом ракети, падінням каменя, бігом коня, обертанням Землі? Відповідь проста. Усі ці явища є *механічними* й описуються одними законами — *законами механічного руху*.

Наведемо ще приклад. Знімаючи светр або розчісуючи волосся пластмасовим гребінцем, ви, напевне, звертали увагу на крихітні іскорки, які при цьому з'являються. Ці іскорки і потужний розряд блискавки однаково належать до *електромагнітних явищ* (рис. 1.7), а отже, підпорядковуються одним законам. Тому для дослідження електромагнітних явищ

Фізичні явища	Приклади
Механічні	Політ ракети, падіння каменя, біг коня, обертання Землі навколо Сонця
Звукові	Дзвін, пташиний спів, тупіт коня, гуркіт грому, розмова
Теплові	Замерзання води, танення снігу, нагрівання їжі, згоряння палива в циліндрі двигуна
Електромагнітні	Розряд блискавки, електризація волосся, притягання магнітів
Світлові	Світіння електричної лампочки, сонячні та місячні затемнення, веселка



Рис. 1.7. Приклади електромагнітних явищ

не обов'язково чекати на грозу. Досить вивчити, як поведуться безпечні іскорки, щоб зрозуміти, чого чекати від блискавки та як уникнути можливої небезпеки.

Вивчаючи фізичні явища, вчені, зокрема, встановлюють їхній *взаємозв'язок*. Так, розряд блискавки (електромагнітне явище) обов'язково супроводжується значним підвищенням температури в каналі блискавки (тепловим явищем). Дослідження цих явищ у їхньому взаємозв'язку дозволило не тільки краще зрозуміти природне явище — грозу, але й знайти шлях для практичного застосування електричного розряду. Прикладом може бути *електрозварювання* — спосіб з'єднання металевих деталей за допомогою електричного розряду (див. [рис. 1.7](#)) (кожен, хто проходить повз будівельний майданчик, напевно бачив робітників у захисних масках і сліпучі спалахи). Електрозварювання — це приклад практичного використання наукових досліджень.

4 **Визначаємо, що вивчає фізика**

Фізика — це природнича наука, яка вивчає найзагальніші закономірності явищ природи, властивості та будову матерії, закони її руху.

Фізика є основною природничою наукою. Чому так? Адже існують й інші природничі науки: біологія, хімія, астрономія, географія тощо.

По-перше, *фізика вивчає найбільш загальні закономірності*, які визначають структуру та поведінку найрізноманітніших об'єктів — від гігантських зір до надзвичайно маленьких атомів.

По-друге, *закони фізики є основою будь-якої природничої науки*. Наприклад, в *астрономії* закони фізики пояснюють причини світіння та будову зір, утворення планет, рух космічних об'єктів. У *географії* закони фізики застосовують для пояснення клімату, течій річок, утворення рельєфу. У *хімії* саме фізика пояснює напрямок і швидкість перебігу хімічних реакцій.

5 **Доводимо, що фізика є основою техніки**

Зіставимо морські подорожі в давнину і сьогодні ([рис. 1.8](#)). На відміну від вітрильників минулого, судно XXI ст. має двигун і не залежить



Рис. 1.8. Наприкінці XV ст. іспанський мореплавець Христофор Колумб плыв до берегів сучасної Америки два місяці. Сучасне судно пододало б цю відстань менш ніж за тиждень

від примх вітру. У сучасного капітана є детальна карта; судно має GPS-навігатор, завдяки якому завжди відомі курс судна та місце його перебування; сонар, який попередить про підводні скелі та рифи; радар, який виявить айсберги, скелі та інші судна в умовах поганої видимості*. У разі аварії завжди можна викликати допомогу по радіо. Очевидно, що із сучасним обладнанням морські мандрівки стали швидшими та безпечнішими.

Протягом усієї історії люди створювали різноманітні технічні пристрої на основі фізичних знань.

Вивчення теплових явищ привело до створення теплових двигунів, які працюють в автомобілях і мотоциклах, на судах і в літаках, на теплових електростанціях і в ракетноносіях.

Завдяки відкриттям у галузі електрики ми маємо змогу освітлювати приміщення, користуватися телевізором, телефоном, комп'ютером, праскою, пральною машиною тощо.

Приблизно половина електричної енергії в нашій країні виробляється на атомних електростанціях, створених завдяки відкриттям у галузі ядерної фізики.

Лікарі та будівельники, мандрівники та хлібороби, енергетики й машинобудівники користуються пристроями і технологіями, створення яких стало можливим завдяки знанню законів, що свого часу були відкриті фізиками.



Підбиваємо підсумки

Всесвіт складається з різних видів матерії: речовина, поле, темна матерія, темна енергія. Усі фізичні тіла «побудовані» з речовини.

У природі постійно відбуваються зміни, які називають природними явищами. Складні природні явища розглядають як сукупність фізичних

* Про *GPS-навігатор* див. в Енциклопедичній сторінці наприкінці даного розділу; *сонар* — пристрій для дослідження морського дна за допомогою ультразвукових хвиль; *радар* — пристрій для виявлення об'єктів за допомогою радіохвиль.

явищ — таких, які можна описати за допомогою відповідних фізичних законів. Фізичні явища бувають теплові, світлові, механічні, звукові, електромагнітні тощо.

Фізика є основною природничою наукою. Вона вивчає найзагальніші закономірності явищ природи, властивості та будову матерії, закони руху матерії.



Контрольні запитання

1. Що означає слово «фізика» в перекладі з грецької? 2. Що таке матерія? Які існують види матерії? 3. Наведіть приклади фізичних тіл. Зазначте, які це тіла (рідкі; тверді; газоподібні; мають змішану структуру). 4. Наведіть приклади фізичних явищ — електромагнітних, теплових, світлових, механічних, звукових. 5. Що вивчає фізика? 6. Чому фізика є основною природничою наукою? 7. Наведіть докази того, що фізика є основою техніки.



Вправа № 1

1. Назвіть речовини, з яких складаються такі тіла: підручник, олівець, футбольний м'яч, склянка, автомобіль.
2. Заповніть таблицю на основі наведеного речення*.

Дослідник поклав шматок олова у сталеву посудину та розплавив його в полум'ї газового пальника.

Фізичне явище	Фізичне тіло	Речовина

3. Визначте, про які фізичні явища йдеться в реченнях.
Обертається гвинт електром'ясорубки. Дріт нагрівся в полум'ї пальника. Навколишній світ ми бачимо різнокольоровим.
4. Поміркуйте, які фізичні явища можна «побачити» в таких природних явищах: виверження вулкана; повінь; сходження снігової лавини; «падіння» зірки.
5. Наведіть приклади застосування фізичних знань у побуті.
6. Закономірності яких фізичних явищ треба знати, щоб створити автомобіль?



7. Уявіть, що ви потрапили на безлюдний острів. Як ви можете дізнатися, з яких речовин складаються тіла, що вас оточують, і в якому агрегатному стані вони перебувають? Спробуйте записати план ваших досліджень і проілюструвати його.

* Зрозуміло, що *таблиці, подані в підручнику, слід переносити до зошита*. Кількість стовпчиків у таблиці має бути такою, як наведено в підручнику, а от кількість рядків зазвичай необхідно збільшити.

§ 2. ПОЧАТКОВІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ. МОЛЕКУЛИ. АТОМИ

На уроках природознавства у 5 класі ви дізналися, що всі речовини складаються з дрібних частинок — молекул, атомів. Ви також знаєте, що атомам надані спеціальні назви та символи для позначення, наприклад: Гідроген (H), Оксиген (O), Карбон (C), Сульфур (S). Зараз науці відомі 118 різних видів атомів і при цьому — мільйони різних молекул. Як же пояснити такі розбіжності в цифрах? З'ясуємо.

1 Розрізняємо атом і молекулу

Кожна речовина складається з певних молекул, і тільки з них. Так, речовина метанол складається з молекул метанолу, а речовина мурашина кислота складається з молекул мурашиної кислоти.

Перш ніж почати вивчення будови молекули, згадаємо українську абетку. Вона має лише 33 букви, проте кожен із вас може скласти з них тисячі слів. Проведіть аналогію: буква — атом, слово — молекула. Кожне слово — це певна комбінація букв. Так само *кожна молекула — це певна комбінація атомів.*

Використовуючи цю аналогію, розглянемо схематичне зображення двох різних молекул — молекули мурашиної кислоти і молекули метанолу (рис. 2.1, а, б).

Бачимо, що ці молекули містять однакові види атомів, проте очевидно, що молекули є різними: молекула мурашиної кислоти складається з 5 атомів (і є аналогом слова, яке складається з 5 букв), а молекула метанолу складається з 6 атомів (і є аналогом іншого слова, яке складається з 6 букв). Отже, *кожна нова комбінація навіть тих самих видів атомів відповідає новій молекулі.* Кількість атомів, що складають різні молекули, може бути й однаковою, — так само як існує безліч слів, що мають однакову кількість букв.

Таким чином, *із 118 видів атомів можна скласти мільйони різноманітних молекул і, відповідно, отримати мільйони різноманітних речовин.*

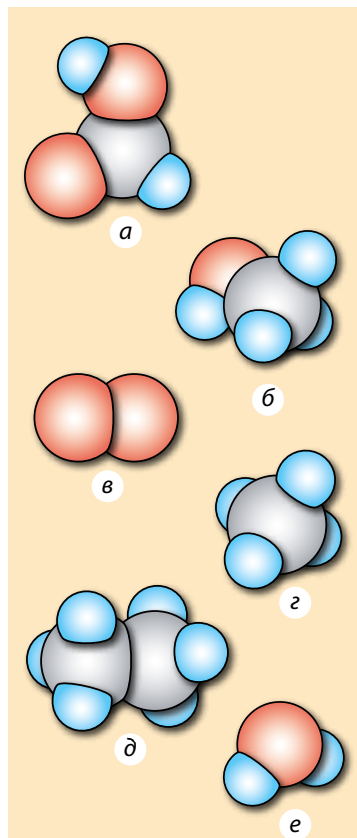


Рис. 2.1. Схематичне зображення молекул деяких речовин: а — мурашиної кислоти (НСООН); б — метанолу (СН₃ОН); в — кисню (О₂); г — метану (СН₄); д — етану (С₂Н₆); е — води (Н₂О). Сині кульки — моделі атомів Гідрогену, сірі — Карбону, червоні — Оксигену

? Розгляньте рис. 2.1. Скільки видів атомів містить кожна молекула? Яка кількість атомів у кожній молекулі? Чи може молекула складатися з однакових атомів? Чи може в різних молекулах бути однаковою кількість атомів? Проведіть аналогії з абеткою.

2 Намагаємося уявити розміри атомів

Світ молекул, атомів і їхніх складників називають *мікросвітом*. Характеризуючи об'єкти мікросвіту, вчені використовують числа, що суттєво відрізняються від тих, з якими людина має справу в повсякденному житті. Для короткого запису таких чисел використовують степінь числа 10^* . Так, *розмір атома приблизно дорівнює 0,000 000 0001 м, або $1 \cdot 10^{-10}$ м*. Щоб уявити, наскільки малим є це значення, наведемо приклади.

Приклад 1. Якщо з балона зі стисненим повітрям через мікроскопічну тріщину буде витікати щосекунди мільярд атомів і молекул, з яких складається повітря, то за 650 років маса балона зменшиться лише на 0,001 г.

Приклад 2. Головка сталеві шпильки, радіус якої 1 мм, містить близько 100 000 000 000 000 000 000, або $1 \cdot 10^{20}$, атомів заліза. Якщо ці атоми розмістити один за одним, то отримаємо ланцюжок завдовжки 20 мільйонів кілометрів, що приблизно в 50 разів більше за відстань між Землею і Місяцем.

Побачити окремі атоми та молекули навіть у найпотужніший оптичний мікроскоп неможливо, але в ХХ ст. вчені створили прилади, які дозволяють не тільки бачити окремі молекули речовини, а навіть переміщати їх з місця на місце.

3 Згадуємо будову атома

Атом, як і молекула, має складну структуру. Атом являє собою *ядро*, оточене легкими частинками — *електронами*. Діаметр ядра атома набагато менший, ніж діаметр власне атома, — приблизно у стільки разів, у скільки розмір горошини менший за розмір футбольного поля. Внутрішню будову атома наочно описати неможливо, тому для пояснення процесів, які відбуваються в атомі, створено його фізичні моделі**, наприклад планетарну модель атома (рис. 2.2).

Електрони можуть залишати одні атоми та приєднуватися до інших. Якщо атом втратив один або кілька електронів, то атом перетворюється на *позитивний йон*. Якщо ж до атома приєднались один або кілька електронів, то атом перетворюється на *негативний йон*.

* Такий запис називають *стандартним виглядом числа*, тобто це запис числа у вигляді добутку $a \cdot 10^n$, де $1 \leq a < 10$, n — ціле число. Число n називають *порядком числа*. Наприклад, порядок числа, що передає розмір атома, становить -10 .

** Докладніше про фізичні моделі ви дізнаєтесь у § 3.

4 Переконаємось у наявності проміжків між молекулами

Як ви вважаєте: якщо змішати 100 мл води та 100 мл спирту, яким буде об'єм суміші? Насправді він буде меншим, ніж 200 мл! Річ у тім, що між молекулами існують проміжки і в ході змішування рідин молекули води потрапляють у проміжки між молекулами спирту. Цей дослід добре моделюється за допомогою пшона та гороху (рис. 2.3).

5 Знайомимося з тепловим рухом

Із 5 класу ви знаєте таке явище, як дифузія (від латин. *diffusio* — поширення, розтікання).

Дифузія — процес взаємного проникнення молекул (атомів, йонів) однієї речовини в проміжки між молекулами (атомами, йонами) іншої речовини, внаслідок чого відбувається самовільне перемішування дотичних речовин.

Проведемо дослід. У прозору посудину з водою наллємо мідний купорос так, щоб рідини не змішалися (рис. 2.4). Спочатку спостерігатимемо чітку межу між водою і розчином, проте, залишивши посудину в спокої на кілька днів, побачимо, що вся рідина набула бірюзового кольору (рис. 2.5).

Причиною дифузії є *безперервний хаотичний рух частинок речовини* (молекул, атомів, йонів). Завдяки такому рухові речовини переміщуються без жодного зовнішнього втручання.

Безперервний хаотичний рух частинок речовини називають *тепловим рухом*, оскільки збільшення (зменшення) температури речовини спричиняє збільшення (зменшення) середньої швидкості руху її частинок. Так, якщо налити мідний купорос не в одну, а в дві посудини з водою і одну посудину розташувати в теплому місці, а другу — в холодному, то через деякий час побачимо, що в теплому місці дифузія відбувається набагато швидше.

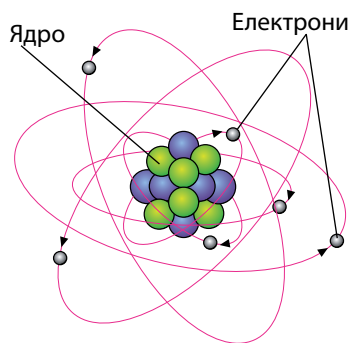


Рис. 2.2. Планетарна модель атома. Насправді відстань від ядра до електронів перевищує розмір ядра в 100 000 разів



Рис. 2.3. Об'єм суміші гороху та пшона менший, ніж сума об'ємів компонентів цієї суміші: крупинки пшона потрапили в проміжки між горошинами



Рис. 2.4. За допомогою лійки можна акуратно налити мідний купорос на дно склянки з водою



Рис. 2.5. Процес дифузії та його схематичне зображення: молекули на межі розподілу речовин міняються місцями, і в результаті з часом речовини повністю перемішуються

6 Підтверджуємо взаємодію молекул

Ми з'ясували, що молекули перебувають у безперервному хаотичному русі. Чому ж вони не розлітаються навсібіч? Понад те, тіла не тільки не розсипаються на окремі молекули, а навпаки, щоб їх розтягти, зламати, розірвати, потрібно докласти зусиль. Причина криється в притяганні між молекулами. Саме завдяки *міжмолекулярному притягання* тверді тіла зберігають свою форму, рідина збирається в краплини (рис. 2.6), клей прилипає до паперу, розтягнута пружина набуває вихідної форми.

Якщо між молекулами є притягання, то чому розбита чашка не стає цілою після того, як її уламки притиснуть один до одного? Пояснити це можна тим, що *міжмолекулярне притягання стає помітним тільки на дуже малих відстанях* — таких, які можна порівняти з розмірами самих частинок. Коли ми притискаємо один до одного уламки чашки, то через нерівність поверхні на зазначені відстані зближується незначна кількість молекул. А відстань між більшою їх частиною залишається такою, що молекули майже не взаємодіють.



Рис. 2.6. Провислу краплю води деякий час утримують від падіння сили притягання між молекулами

Спробуйте стиснути, наприклад, закриту пластикову пляшку, доверху заповнену водою, або монетку — ви відчуєте, що зробити це без додаткових засобів неможливо. Річ у тім, що *молекули не тільки притягаються одна до одної, але й відштовхуються*. Зазвичай у рідинах і твердих тілах притягання врівноважується відштовхуванням. Але якщо стискати рідину або тверде тіло, то відстань між молекулами зменшиться й міжмолекулярне відштовхування стане сильнішим, ніж притягання.

7 Формулюємо основні положення молекулярно-кінетичної теорії

Понад 25 століть тому давньогрецький філософ *Демокрит* (бл. 460–370 рр. до н. е.) висловив ідею, що всі тіла складаються з маленьких тілець (учений назвав їх атомами — у перекладі з грецької це слово означає «неподільний»). А от підтвердження існування так званих атомів і молекул було отримано тільки в ХІХ ст. Саме тоді з'явилася й була дослідно обґрунтована **молекулярно-кінетична теорія**, яка розглядає будову речовини з точки зору таких *трьох основних положень*.

1. Усі речовини складаються з частинок — молекул, атомів, йонів; між частинками є проміжки.
2. Частинки речовини перебувають у безперервному безладному (хаотичному) русі; такий рух називають *тепловим*.
3. Частинки взаємодіють одна з одною (притягуються та відштовхуються).



Підбиваємо підсумки

Усі речовини складаються з дрібних частинок — молекул, атомів, йонів. Між частинками існують проміжки.

Частинки, з яких складається речовина, перебувають у безперервному хаотичному русі. Такий рух називають тепловим. Збільшення (зменшення) температури речовини спричиняє збільшення (зменшення) середньої швидкості руху її частинок. Одним із доказів руху молекул є дифузія. Дифузія — процес самовільного перемішування дотичних речовин, який відбувається внаслідок теплового руху їх молекул.

Частинки речовини взаємодіють — вони відштовхуються та притягуються. Взаємодія частинок виявляється на відстанях, які можна порівняти з розмірами самих молекул, атомів, йонів.



Контрольні запитання

1. Скільки видів атомів відомо науці?
2. Чим пояснюється той факт, що існують мільйони різних речовин?
3. Що ви знаєте про розмір атомів і молекул?
4. Як можна довести, що між частинками речовини існують проміжки?
5. Що називають тепловим рухом?
6. Дайте означення дифузії.
7. Наведіть приклади дифузії.
8. Чому тверді тіла та рідини не розпадаються на окремі частинки?
9. За якої умови взаємодія між молекулами стає помітною?

**Вправа № 2**

1. Чи можемо ми змінити об'єм тіла, не змінюючи кількості молекул у ньому? Якщо так, то як це зробити?
2. Чому для того, щоб розірвати нитку, потрібно докласти зусиль?
3. Чи можна наведене нижче твердження вважати істинним? Відповідь обґрунтуйте.
Із двох уламків лінійки неможливо без сторонніх засобів отримати єдине ціле, оскільки між молекулами лінійки діють сили відштовхування.
4. Подайте у стандартному вигляді числа: 10 000 000; 5000; 2500; 400.
5. Обчисліть, скільки приблизно молекул можна розмістити вздовж відрізка завдовжки 0,5 мм. Вважайте, що діаметр молекули дорівнює 0,000 000 0001 м.
6. Площа плівки, утвореної на поверхні води краплею олії об'ємом 0,005 мм³, не може бути більшою за 50 см². Який висновок щодо розміру молекул олії випливає з цього факту?
7. Згадайте та опишіть по два приклади спостережень й експериментів, які ви проводили у 5 або 6 класі. У чому, на вашу думку, полягає головна відмінність між спостереженням й експериментом?

**Експериментальні завдання**

1. Візьміть дві неглибокі тарілки. В одну налийте тонким шаром холодну воду, в другу — гарячу. За допомогою піпетки помістіть у центр кожної тарілки кілька крапель міцно завареного чаю. Поясніть результат.
2. Використовуючи м'яку пружинку (або тонку гумову стрічку), чисту металеву (або скляну) пластинку та блюдце з водою, продемонструйте, що між молекулами води і металу (скла) існують сили притягання. Опишіть свої дії або проілюструйте їх схематичними рисунками (фотографіями).



Відеодослід. Перегляньте відеоролик і поясніть спостережуване явище.

§ 3. НАУКОВІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ПРИРОДИ. ВНЕСОК УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ У РОЗВИТОК ФІЗИКИ

Кожен із вас щоденно досліджує навколишній світ і одержує нові знання. Наприклад, ви самостійно і вже давно встановили, що ложка, якщо її випустити з рук, обов'язково падає вниз, полум'я багаття піднімається вгору, сонячні промені нагрівають землю, а крижинка на долоні холодить. А як одержують наукові знання вчені? Як вони проводять наукові дослідження?

1 Дізнаємося, що таке фізичне дослідження, встановлюємо відмінності між спостереженнями й експериментами

Фізичне дослідження — це цілеспрямоване отримання нових знань про фізичні тіла або явища.

Зазвичай фізичне дослідження починається зі **спостереження**, коли дослідник спостерігає за явищем, не втручаючись у його перебіг.

Якщо *результати* спостережень *повторюються*, то дослідник робить *висновки*. Наприклад, у ході спостережень можна встановити, що кожної зими вода в річках, ставках і озерах нашої країни вкривається кригою. За результатами цих спостережень можна зробити висновок: унаслідок сильного охолодження (до мінусової температури) вода в річках, ставках і озерах перетворюється на лід.

Однак далеко не завжди висновки, одержані за допомогою спостережень, є істинними. Розгляньте, наприклад, відрізки на [рис. 3.1](#). Червоний відрізок здається меншим, ніж синій. Якщо ж виміряти довжину відрізків лінійкою, то виявиться, що їхні довжини є абсолютно однаковими.

Щоб не робити подібних хибних висновків, учені проводять **експерименти (досліди)**.

Експеримент (дослід) — це дослідження фізичного явища в умовах, які перебувають під контролем науковця ([рис. 3.2](#)).

Експерименти зазвичай супроводжують *вимірюваннями*.

Коли науковці проводять серію експериментів, спрямованих на вивчення певного фізичного явища, йдеться про *експериментальне дослідження*. Через декілька уроків ви виконуватимете *лабораторну роботу* — це найпростіший вид експериментального дослідження.

2 Визначаємо основні етапи фізичних досліджень

Спочатку дослідник аналізує побачене під час спостережень, а потім **висуває гіпотезу** — робить припущення про досліджуване явище в інших умовах. Наприклад, за результатами спостережень стану води в річках й озерах узимку можна висунути гіпотезу: після охолодження до температури, нижчої від нуля, вода завжди (не тільки в річках та озерах і не тільки взимку) перетворюється на лід.

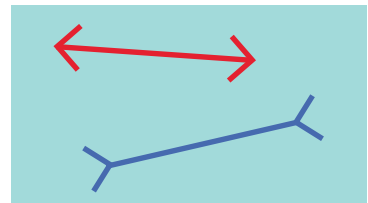


Рис. 3.1. Довжина відрізків є однаковою. У цьому легко переконатися за допомогою лінійки

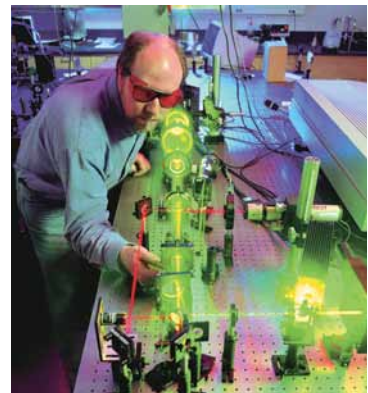
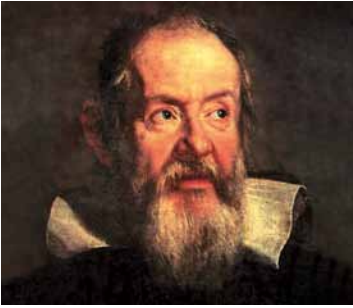


Рис. 3.2. Учені проводять експерименти (досліди) у спеціально обладнаних приміщеннях — фізичних лабораторіях



i

Рис. 3.3. Галілео Галілей
(1564–1642)



i

Рис. 3.4. Ісаак Ньютон
(1642–1727)

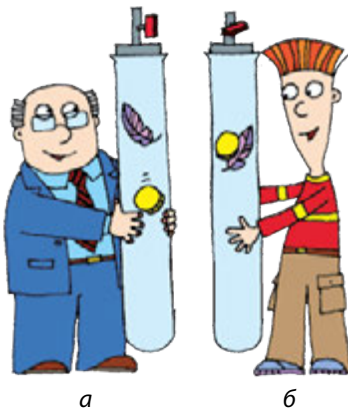


Рис. 3.5. Моделювання експериментів І. Ньютона: у скляну трубку помістили монету і пташине перо. Тіла почали падіння одночасно. Через опір повітря перо «відстало» (а). Із трубки викачали повітря — тіла досягли дна трубки одночасно (б)

Далі дослідник **проводить експеримент (дослідження)**, за допомогою якого перевіряє гіпотезу. Експеримент має проводитися в умовах, які перебувають під контролем дослідника.

? Який експеримент ви можете здійснити, щоб перевірити гіпотезу про перетворення води на лід?

Завдяки гіпотезі та її експериментальній перевірці дослідник отримує **нове знання**. А результат вашого експерименту напевно буде таким: за температури, нижчої від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, вода *завжди* перетворюється на лід*.

Проведення деяких експериментів не потребує багато часу, але інколи пошуки істини тривають століттями. Наведемо приклад.

Із повсякденного досвіду філософи Стародавньої Греції зробили висновок, що важчі предмети завжди падають на землю швидше, ніж легкі. І тільки через майже дві тисячі років італійський учений *Галілео Галілей* (рис. 3.3) висунув гіпотезу про те, що швидкість падіння тіл не залежить від їх маси, а повільніше падіння легкого тіла пояснюється опором повітря.

За легендою, для підтвердження своєї здогадки учений провів дослідження, використавши для цього відому Пізанську вежу. З вершини цієї споруди він кидав предмети (мушкетну кулю й гарматне ядро), на рух яких опір повітря впливає незначно. Результати експериментів підтвердили гіпотезу вченого: обидва предмети досягали землі практично одночасно.

Більш точні експерименти здійснив видатний англійський учений *Ісаак Ньютон* (рис. 3.4, 3.5). Проте Ньютон не обмежився підтвердженням висновків Галілея.

* Цей висновок справджується для води за нормального атмосферного тиску, оскільки передбачається, що експеримент проведений саме за цих умов. Детальніше про атмосферний тиск ви дізнаєтесь у § 25 цього підручника, а про особливості поведінки води за тиску, який значно відрізняється від нормального атмосферного, — в ході вивчення курсу фізики 8 класу.

Проаналізувавши одержані дані та зробивши необхідні обчислення, тобто провівши **теоретичні дослідження**, І. Ньютон припустив, що падіння тіл на поверхню землі та обертання планет Сонячної системи навколо Сонця підкорюються одному закону. Щоб обґрунтувати це твердження, вчений знову звернувся до математики. У результаті Ньютон відкрив *закон всесвітнього тяжіння* — створив **нове знання**.

З часів Галілея і Ньютона основними методами здобуття нових знань стали *експериментальний* і *теоретичний*. Сучасні експериментальні дослідження неможливо уявити без спеціально сконструйованих складних приладів. У розробленні нових теорій беруть участь сотні вчених, для теоретичних розрахунків застосовують надпотужні комп'ютери.

Однак і в наші дні основні етапи отримання нових знань (знання — спостереження — теоретичне дослідження, гіпотеза — експеримент — нове знання) залишаються незмінними. Послідовність етапів пізнання у фізичних дослідженнях можна уявити у вигляді спіралі, яка складається з повторюваних елементів (рис. 3.6).

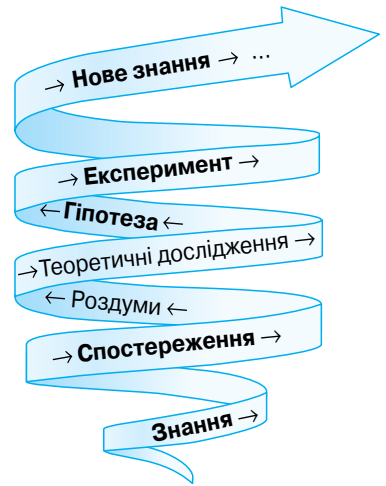


Рис. 3.6. Етапи пізнання у фізичних дослідженнях

3 З'ясуємо, навіщо створюють фізичні моделі

Будь-який фізичний процес є доволі складним і супроводжується численними явищами. Зрозуміло, що одночасно дослідити всі явища, які відбуваються в ході процесу, і врахувати вплив абсолютно всіх чинників неможливо. Саме тому перед проведенням теоретичного дослідження певного процесу фізики уявляють і описують його *фізичну модель*. Створення фізичної моделі починається з визначення чинників, які суттєво впливають на процес. Далі вчені створюють фізичну модель процесу — його уявний аналог, у якому «діють» тільки ці чинники. Які саме чинники слід врахувати, а якими нехтувати, визначається метою дослідження.

Ті з вас, хто грав у комп'ютерну гру «Angry Birds», вже мали справу з найпростішою фізичною моделлю руху тіла, кинутого під кутом до горизонту (рис. 3.7). Загальні закономірності, що «працюють» у цій моделі, будуть виконуватися й у випадку, наприклад, гарматного пострілу, але з деякими поправками — на швидкість вітру, на якість заряду, на зношення дула гармати тощо. А от якщо необхідно розрахувати рух космічної ракети, то уточнень має бути ще більше: слід врахувати зменшення маси ракети під час польоту через згоряння палива, змінення температури зовнішнього середовища, поступове розрідження повітря та ін. Недарма модель руху ракети створюють тисячі вчених, використовуючи найпотужніші комп'ютери.

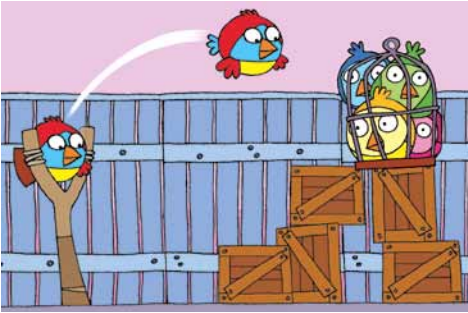


Рис. 3.7. У комп'ютерній грі «Angry Birds» використана найпростіша модель руху тіла, кинутого під кутом до горизонту

4 Дізнаємося про українських фізиків

У «спорудження будівлі» сучасної фізики вчені, чия творчість пов'язана з Україною, теж зробили свій внесок. Серед них *Іван Павлович Пулюй* (рис. 3.8) — один із перших українських учених, який здобув світове визнання своїми дослідженнями в різних галузях експериментальної фізики та електротехніки. У плеяді найяскравіших імен також *Володимир Іванович Вернадський* (1863–1945), *Олександр Теодорович Смакула* (1900–1983), *Лев Васильович Шубников* (рис. 3.9), *Лев Давидович Ландау* (1908–1968), *Микола Миколайович Боголюбов* (1909–1992). В Україні народився й працював дослідник радіоактивності та земного магнетизму *Микола Дмитрович Пильчиков* (рис. 3.10), якого можна віднести до числа перших ядерників-експериментаторів.

Про багатьох наших співвітчизників-учених, а також про славетні університети та дослідні інститути нашої країни ви дізнаєтесь, уважно прочитавши рубрику «Фізика і техніка в Україні» як у цьому підручнику, так і в підручниках для 8 і 9 класів.

Досягнення українських учених добре відомі за межами нашої країни. Матеріали та технології, створювані в київському Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона, застосовують на всіх континентах. Синтетичні кристали, які виробляють в Інституті монокристалів (Харків) і на



Рис. 3.8. І. П. Пулюй (1845–1918)



Рис. 3.9. Л. В. Шубников (1901–1945)

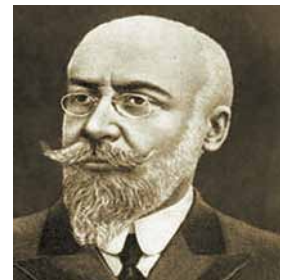


Рис. 3.10. М. Д. Пильчиков (1857–1908)

науково-виробничому підприємстві «Карат» (Львів), не поступаються найкращим світовим зразкам. Мають авторитет у галузі обчислювальної техніки й інформаційних технологій розробки Інституту кібернетики ім. В. М. Глушкова (Київ). Одним із центрів ядерної фізики є Харківський фізико-технічний інститут НАН України. У Дніпропетровську, в конструкторському бюро «Південне» і на заводі «Південмаш», створено один із найпотужніших ракетних комплексів.



Підбиваємо підсумки

Основні методи здобуття нових знань — експериментальний і теоретичний. На певному етапі вчені мають певні знання; внаслідок спостережень і роздумів вони переконуються в необхідності вдосконалення цих знань, проводять теоретичні дослідження, висувають гіпотезу та підтверджують (або спростовують) її шляхом експериментальної перевірки. Результатом стає нове знання.

Перед тим як проводити теоретичні дослідження певного фізичного процесу, фізики створюють його ідеалізований аналог — фізичну модель.



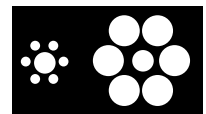
Контрольні запитання

1. Що таке спостереження? 2. Наведіть приклади фізичних явищ, знання про які ви здобули в результаті власних спостережень. 3. Чим дослід відрізняється від спостереження? 4. Хто і як експериментально підтвердив гіпотезу Г. Галілея про те, що повільніше падіння більш легкого тіла пояснюється опором повітря? 5. Назвіть основні методи отримання нових знань у фізичних дослідженнях. Наведіть приклади. 6. Які етапи проходять учені, здійснюючи фізичні дослідження?



Вправа № 3

1. На Місяці, де відсутнє повітря, астронавт Девід Скотт узяв до рук, а потім одночасно відпустив молоток і пташине перо. Дослід якого вченого повторив астронавт? Який результат він отримав?
2. Який круг із поданих на рисунку є більшим — той, що оточений маленькими кругами, чи той, що оточений великими? Яким методом фізичного пізнання можна скористатися, щоб отримати відповідь?
3. У науці розрізняють такі поняття: 1) явище, яке спостерігається повсякденно; 2) експериментальний факт; 3) гіпотеза. Визначте, до якого з понять належать подані твердження.
а) за відсутності опору повітря всі тіла падають з однакової висоти за той самий час; б) імовірно, різниця у швидкості падіння тіл різної маси пояснюється опором повітря; в) тіло, випущене з рук, падає.
4. Щоб зменшити шкідливий вплив вихлопних газів на довкілля, вчені здійснили певні розрахунки та запропонували склад нового палива для двигуна автомобіля. Щоб дізнатися, якою при цьому буде тяга двигуна, його розмістили на випробувальному стенді



та за допомогою приладів виміряли силу тяги. У якому випадку вчені виконали експериментальне дослідження, а в якому — теоретичне? Відповідь обґрунтуйте.



5. Назвіть щонайменше шість приладів, якими ви користувалися на уроках математики, природознавства та в повсякденному житті. Що ви вимірювали за допомогою кожного з цих приладів? У яких одиницях отримували результати?



Експериментальні завдання

1. Постерігайте яке-небудь фізичне явище та опишіть його за планом, поданим на форзаці підручника (використовуйте тільки пункти 1, 2, 4).

2. Візьміть кілька однакових аркушів паперу та надайте їм, окрім одного, різної форми (складіть, зімніть тощо). Висуньте гіпотезу щодо швидкості падіння кожного з одержаних тіл. Перевірте свою гіпотезу експериментально. Поясніть результати експерименту.



Відеодослід. Перегляньте відеоролик і поясніть спостережуване явище.

Фізика і техніка в Україні



Перший президент Академії наук України **Володимир Іванович Вернадський** (1863–1945) був одним із останніх природознавців — ученим, який зробив вагомий внесок одразу в декілька наукових напрямів. Більш того, академік В. І. Вернадський не лише розвивав відомі наукові напрями, але й став фундатором кількох нових наук, зокрема біогеохімії.

Сьогодні багато відомих міжнародних організацій у своїх прогнозах розвитку людства базуються на концепції безперервного розвитку суспільства, яка є продовженням ідей В. І. Вернадського. Суть цієї концепції полягає в тому, щоб від покоління до покоління не падали якість і безпека життя людей, не погіршувався стан навколишнього середовища, щоб відбувався соціальний прогрес.

§ 4. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ. ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Як ви вважаєте, наскільки часто люди виконують вимірювання? Наскільки важливо вміти це робити правильно? Яких наслідків слід очікувати, якщо результати вимірювань будуть хибними? Щоб допомогти вам відповісти на ці запитання, нагадаємо кілька приладів, якими ви та ваша родина користуєтесь майже щоденно: годинник, ваги, термометр, спідометр, манометр... Сподіваємось, що ви переконалися в необхідності ретельно опрацювати цей параграф!

1 Визначаємо поняття «фізична величина»

Люди здавна для описування яких-небудь явищ або властивостей тіл використовують їхні характеристики. Наприклад, коли ми говоримо, що тенісна кулька менша за повітряну, то маємо на увазі, що *об'єм* тенісної кульки менший від об'єму повітряної кульки. Об'єм — приклад *фізичної величини*. Ця величина характеризує *загальну властивість* тіл займати певну частину простору (рис. 4.1, а). Зрозуміло, що об'єми тіл можуть суттєво різнитися. Ще одним прикладом фізичної величини може слугувати вже відоме вам поняття *швидкість руху*, яке характеризує рух тіл (рис. 4.1, б).

Фізична величина — це кількісно виражена характеристика тіла або фізичного явища.

Зрозуміло, що об'єм і швидкість руху — це далеко не всі фізичні величини, якими оперує фізика. Навіть у повсякденному житті ми маємо справу з великою кількістю фізичних величин: довжина, площа, об'єм, маса, час, шлях, температура.

? Яку фізичну величину вимірює людина в разі застуди?

Для зручності кожен фізичну величину позначають певним символом (буквою латинського або грецького алфавіту). Наприклад, об'єм позначають символом V , час — символом t , швидкість руху — символом v .

2 Дізнаємося про Міжнародну систему одиниць

У романі Жуль Верна «П'ятнадцятирічний капітан» є такий епізод: «Пройшовши кроків триста берегом річки, маленький загін ступив під склепіння дрімучого лісу, звивистими стежками якого їм треба було мандрувати...».

Проаналізуємо цей уривок і з'ясуємо, яку фізичну величину мав на увазі автор, чому дорівнює числове значення цієї величини та в яких одиницях була виміряна величина. Неважко встановити, що йдеться про фізичну величину *шлях*, *числове значення* якої становить *триста*, а *одiniцею шляху* слугує *один крок*.

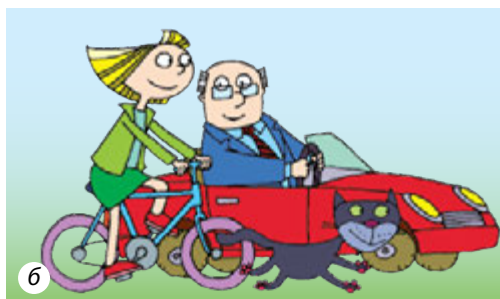


Рис. 4.1. Для характеристики властивості тіл займати ту чи іншу частину простору використовують фізичну величину об'єм (а); для характеристики руху тіл — швидкість руху (б)

Очевидно, що вибір кроку за одиницю шляху не може бути вдалим, адже довжина кроку в усіх є різною (рис. 4.2). Таким чином, зрозуміло, чому люди здавна почали домовлятися про те, щоб вимірювати ту саму фізичну величину однаковими одиницями.

Зараз у більшості країн світу діє запроваджена в 1960 р. Міжнародна система одиниць, яку називають *Система Інтернаціональна (СІ)* (рис. 4.3).

У СІ одиницею довжини є метр (м), одиницею часу — секунда (с), об'єм вимірюється в метрах кубічних (м³), швидкість руху — у метрах за секунду (м/с). Про інші одиниці СІ ви дізнаєтеся пізніше.

Записуючи значення фізичної величини, треба навести символ, яким вона позначається, числове значення фізичної величини та її одиницю. Наприклад, запис $v=5$ м/с означає, що швидкість руху якогось тіла становить 5 метрів за секунду.

3 З'ясуємо, чим кратні одиниці відрізняються від частинних

Для зручності записування великих і малих значень фізичних величин використовують кратні та частинні одиниці.

Кратні одиниці — це одиниці, які більші за основні одиниці в 10, 100, 1000 і більше разів.

Частинні одиниці — це одиниці, які менші від основних одиниць у 10, 100, 1000 і більше разів.

Для запису кратних і частинних одиниць використовують відповідні префікси. Наприклад, кілометр (1000 м) — кратна одиниця довжини; сантиметр (0,01 м) — частинна одиниця довжини.

У таблиці, поданій на с. 27, наведено найуживаніші префікси.



Рис. 4.2. Якщо бабуся й онук вимірюватимуть відстань у кроках, то зрозуміло, що вони отримають різні результати



Рис. 4.3. Основні одиниці Міжнародної системи одиниць (СІ)

Префікси для утворення назв кратних і частинних одиниць

Префікс	Значення в перекладі з грецької або латинської мови	Символ	Множник	
тера-	чудовисько	Т	1 000 000 000 000	10^{12}
гіга-	гігантський	Г	1 000 000 000	10^9
мега-	великий	М	1 000 000	10^6
кіло-	тисяча	к	1000	10^3
гекто-	сто	г	100	10^2
деци-	десять	д	0,1	10^{-1}
санти-	сто	с	0,01	10^{-2}
мілі-	тисяча	м	0,001	10^{-3}
мікро-	малий	мк	0,000001	10^{-6}
нано-	карлик	н	0,000000001	10^{-9}

4

Визначаємо, чим відрізняються прямі і непрямі вимірювання

Значення фізичних величин одержують шляхом *вимірювань*.

Згадайте приклад вимірювання, наведений у п. 2 цього параграфа. Автор, описуючи подорож заgonу берегом річки, за одиницю шляху обрав крок. Щоб подати числове значення (триста) шляху в кроках, йому необхідно було порівняти пройдену відстань із довжиною кроку.

Виміряти фізичну величину означає порівняти її з однорідною величиною, взятою за одиницю.

Існують два види вимірювань: *прямі* і *непрямі* вимірювання.

У разі *прямого вимірювання* шукане значення фізичної величини отримують відразу (рис. 4.4, 4.5).



Рис. 4.4. «У мене знову підвищився тиск», — скаржиться жінка після вимірювання кров'яного тиску



Рис. 4.5. До відправлення потяга залишилося 2 хвилини — цей інтервал часу ви з хвилюванням визначаєте за допомогою годинника

У разі *непрямого вимірювання* шукане значення фізичної величини визначають за певною формулою, підставивши в цю формулу значення інших фізичних величин, отриманих в ході прямих вимірювань. Так, щоб визначити площу S прямокутника, спочатку за допомогою лінійки вимірюють довжину l і ширину d прямокутника (прямі вимірювання), а потім обчислюють його площу за формулою $S = l \cdot d$.

? Непрямі вимірювання яких величин ви виконували на уроках математики?

i 5 Знайомимося з вимірювальними приладами

Для *встановлення значень* фізичних величин у ході прямих вимірювань використовують *вимірювальні прилади* (рис. 4.6).

Зараз у науці, техніці та повсякденному житті застосовують як *електронні цифрові вимірювальні прилади*, в яких значення вимірюваної величини висвітлюється на екрані, так і вимірювальні прилади, під час користування якими значення вимірюваної величини користувач визначає *за шкалою*. Вимірювальний прилад зазвичай містить інформацію щодо одиниць, у яких подається значення вимірюваної цим приладом величини.

За шкалою можна встановити дві найважливіші характеристики вимірювального приладу: *ціну поділки шкали* приладу та *межі вимірювання**.

Ціна поділки шкали вимірювального приладу — це значення найменшої поділки шкали цього приладу.

Щоб визначити ціну поділки шкали вимірювального приладу, необхідно різницю двох будь-яких найближчих значень величини, наведених на шкалі, поділити на кількість поділок між ними.



Рис. 4.6. Вимірювальні прилади: *а* — зі шкалою; *б* — електронні цифрові

* Межі вимірювання в електронних цифрових приладах визначають за паспортом приладу або встановлюють спеціальним перемикачем на панелі приладу.



i Рис. 4.7. Медичний термометр

Визначимо ціну поділки шкали медичного термометра, зображеного на рис. 4.7. Для цього:

1) оберемо два значення температури, які наведені на шкалі, наприклад $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $39\text{ }^{\circ}\text{C}$, і знайдемо їхню різницю: $40\text{ }^{\circ}\text{C} - 39\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$;

2) визначимо кількість поділок між рисками, поряд з якими вказані ці значення, — 10 поділок;

3) отриману різницю поділимо на кількість поділок: $\frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{10} = 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Отже, ціна поділки шкали цього термометра становить $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$C_{\text{терм}} = \frac{40\text{ }^{\circ}\text{C} - 39\text{ }^{\circ}\text{C}}{10} = \frac{1\text{ }^{\circ}\text{C}}{10} = 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Межі вимірювання приладу — це найбільше та найменше значення фізичної величини, які можна виміряти цим приладом.

Так, верхня межа вимірювань медичного термометра на рис. 4.7 дорівнює $42\text{ }^{\circ}\text{C}$, нижня становить $34,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Підбиваємо підсумки

Фізична величина — це кількісно виражена характеристика тіла або фізичного явища. Виміряти фізичну величину — це означає порівняти її з однорідною величиною, взятою за одиницю.

У результаті прямих вимірювань за допомогою вимірювальних приладів одержують значення фізичних величин. Записуючи значення фізичної величини, треба навести символ, яким вона позначається, числове значення фізичної величини та її одиницю. Для зручності записування великих і малих значень фізичних величин застосовують кратні та частинні одиниці. Для запису кратних і частинних одиниць використовують спеціальні префікси.



Контрольні запитання

1. Дайте означення фізичної величини.
2. Наведіть приклади фізичних величин. Які властивості тіл або які фізичні явища вони характеризують?
3. Яким символом позначають об'єм тіла; швидкість руху тіла; час руху тіла?
4. Що означає виміряти фізичну величину?
5. Наведіть приклади префіксів, які використовують для утворення частинних одиниць; кратних одиниць.
6. Наведіть приклади вимірювальних приладів.
7. Які характеристики приладу можна визначити за допомогою його шкали?
8. Що називають ціною поділки шкали приладу?



Вправа № 4

1. Подайте в метрах такі значення фізичних величин: 145 мм; 1,5 км; 2 км 32 м.
2. Назвіть фізичні величини, прилади для вимірювання яких зображено на рис. 1–3. Наведіть символи для позначення цих величин; їх одиниці в СІ.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

3. Визначте межі вимірювання; ціну поділки шкали шприца на рис. 4.



Рис. 4

4. Запишіть за допомогою кратних або частинних одиниць такі значення: 0,000 007 5 м — діаметр червоних кров'яних тілець; 5 900 000 000 000 м — радіус орбіти планети-карлика Плутон; 6 400 000 м — радіус планети Земля.
5. Баскетбольний майданчик, на якому проводять офіційні змагання, повинен мати довжину 28 м і ширину 15 м. Визначте площу баскетбольного майданчика. Відповідь подайте також у дм^2 і см^2 .
6. Згадайте означення фізичної величини та доведіть, що довжина — це фізична величина.
7. Скористайтесь додатковими джерелами інформації та підготуйте повідомлення про вимірювальні прилади, з якими ви маєте справу у повсякденному житті.



Експериментальні завдання

1. Знайдіть у себе вдома 2–3 вимірювальні прилади, що мають шкалу. Визначте межі вимірювання та ціну поділки шкали кожного приладу.

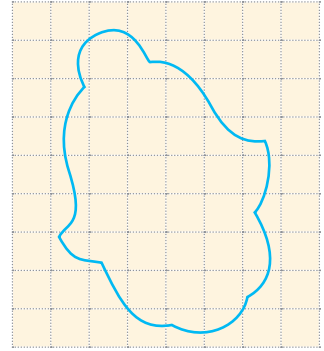
2. Skorистavshись наведеною нижче інформацією, визначте площу вашої долоні.

Площу фігури, яка має неправильну геометричну форму, можна визначити за контуром цієї фігури, намальованим на папері в клітинку, або за допомогою палетки (прозорої пластинки з нанесеною на ній сіткою квадратів певної площі). У такому випадку площу S фігури обчислюють за формулою:

$$S = \left(n + \frac{1}{2} k \right) S_0,$$

де n — кількість цілих квадратів, k — кількість нецілих квадратів, S_0 — площа одного квадрата. Наприклад, площа фігури на рисунку дорівнює:

$$S = \left(20 + \frac{1}{2} \cdot 22 \right) \cdot 25 \text{ мм}^2 = 775 \text{ мм}^2.$$



3. Свого часу давньогрецький математик, фізик і механік Архімед запропонував спосіб вимірювання площі фігури, яка має неправильну геометричну форму, за допомогою точних терезів. Спробуйте відновити цей спосіб і пояснити його.

Фізика і техніка в Україні



Національна академія наук України

(НАНУ) — найвища державна наукова організація України. Академію заснував 27 листопада 1918 р. уряд гетьмана П. П. Скоропадського. Першим президентом і засновником Української академії наук був *Володимир Іванович Вернадський*. НАНУ займається дослідженнями в галузях природничих, гуманітарних, суспільних і технічних наук.

Найбільші досягнення Академії: здійснення штучної ядерної реакції; створення прискорювача заряджених частинок; нового типу радіолокатора; впровадження технології автоматичного зварювання корпусів танків і артилерійських систем; створення нових лікарських препаратів і методів лікування поранених; розробка першої в Європі універсальної електронної обчислюваної машини (ЕОМ). За допомогою саме цієї ЕОМ уперше в світі були проведені експерименти з дистанційного керування технологічними процесами.

У різний час в НАНУ працювали багато видатних учених, сформувалося чимало наукових шкіл. Так, в усьому світі відомі українські школи електрозварювання Є. О. Патона і кібернетики В. М. Глушкова.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема. Визначення ціни поділки шкали вимірювального приладу.

Мета: визначити межі вимірювання та ціну поділки шкал різних вимірювальних приладів.

Обладнання: лінійка, термометр та інші вимірювальні прилади.

ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

II Підготовка до експерименту

Перед тим як виконувати роботу, переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.

- 1) Що називають вимірювальним приладом?
- 2) Як визначити межі вимірювання шкали приладу?
- 3) Як визначити ціну поділки шкали приладу?
- 4) Яких правил безпеки слід дотримуватися, працюючи з термометром?

▶ Експеримент

Сувородо тримуйте інструкції з безпеки (див. форзац підручника).

1. Розгляньте шкали наявних у вас вимірювальних приладів.
2. Заповніть перші п'ять стовпчиків таблиці.

Назва приладу	Фізична величина, вимірювана приладом	Одиниця вимірюваної величини	Блок позначок шкали приладу				
			Числа, якими позначені дві сусідні риски	Кількість поділок між сусідніми рисками, позначеними числами	Ціна поділки шкали	Межі вимірювання	
						нижня	верхня

▶▶ Опрацювання результатів експерименту

Визначте ціну поділки шкали і межі вимірювання кожного з досліджуваних приладів і закінчіть заповнення таблиці.

□ Аналіз експерименту та його результатів

Сформулюйте висновок, у якому зазначте: 1) що саме ви визначали; 2) які результати одержали; 3) для чого можуть знадобитися навички, набуті в ході виконання роботи.

+ Творче завдання

Виготовте мірну стрічку із ціною поділки шкали 5 мм.

§ 5. ПОХИБКИ Й ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Визначте площу поверхні аркуша зошита за допомогою лінійки. Потім запропонуйте вашому сусідові або сусідці зробити те саме за допомогою цієї ж лінійки. Зіставте отримані результати. Якщо результати виявляться різними, то чий результат слід вважати більш точним? Чи можна вважати результати вимірювань абсолютно точними? Спробуємо знайти відповіді на ці запитання.

1 Проводимо вимірювання

Ви багато разів здійснювали вимірювання довжини. А чи правильно ви це робили? Перевіримо. Виміряємо, наприклад, довжину олівця за допомогою лінійки. Для цього:

— прикладемо лінійку до олівця так, щоб нуль на шкалі лінійки збігався з одним кінцем олівця (рис. 5.1);

— визначимо, навпроти якої позначки шкали лінійки розташований другий кінець олівця.

Бачимо, що другий кінець олівця розташований біля позначки 12 см, тобто можна сказати, що довжина олівця становить приблизно 12 см. Однак кінець олівця виступає за позначку 12 см приблизно на 2 міліметри, отже, точніша довжина олівця — 12,2 см, або 122 мм.

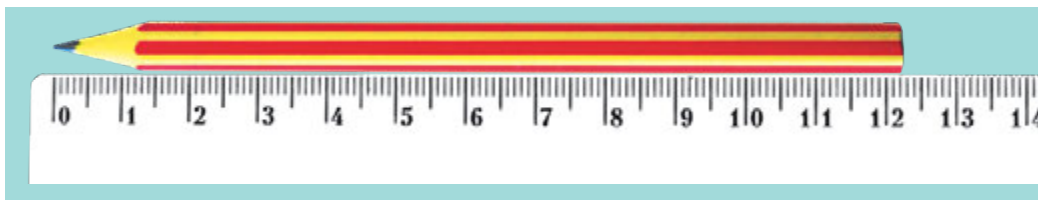


Рис. 5.1. Вимірювання довжини олівця лінійкою

2 Міркуємо про точність вимірювань

Вимірюючи довжину олівця, ми отримали два результати: 12 см і 12,2 см. Який із них є правильним? Узагалі правильними є обидва, а от точність вимірювань є різною: у першому випадку ми виконали вимірювання з точністю до 1 см, а в другому — з точністю до 1 мм (0,1 см). Для нашого експерименту це цілком задовільна точність.

А от якщо потрібен більш точний результат, треба використати вимірювальні прилади, які мають меншу ціну поділки шкали — 0,5 мм або навіть 0,1 мм. Але й тоді ми не виміряємо довжину олівця абсолютно точно. Причин для цього чимало: це і недосконалість конструкції приладу, і недосконалість методу вимірювання (наприклад, початок олівця неможливо абсолютно точно сумістити з нульовою поділкою шкали лінійки), і вплив зовнішніх чинників.

Отже, вимірювання завжди здійснюються з *похибкою*. Щоб зменшити похибку, ті самі вимірювання виконують кілька разів, а потім

обчислюють середнє значення результатів вимірювання (визначають їх середнє арифметичне).

* 3 **Визначаємо абсолютну та відносну похибки результату вимірювання**

Похибки поділяють на *абсолютні* та *відносні*.

Абсолютна похибка результату вимірювання — це відхилення результату вимірювання від істинного значення фізичної величини.

Абсолютна похибка результату вимірювання показує, на скільки найбільше може помилитися дослідник, правильно вимірюючи фізичну величину.

Визначити абсолютну похибку результату вимірювання непросто. Потрібен аналіз методу вимірювання, якості вимірювального приладу, умов досліду, знання вищої математики тощо. Тому поки що домовимося: *під час одного прямого вимірювання абсолютна похибка дорівнюватиме ціні поділки шкали вимірювального приладу*.

Для запису значення абсолютної похибки використовують символ Δ (дельта), поряд з яким наводять символ вимірюваної фізичної величини. Наприклад, запис $\Delta V = 2 \text{ см}^3$ означає, що абсолютна похибка результату вимірювання об'єму становить 2 см^3 .

Повернемося до вимірювання довжини l олівця (див. [рис. 5.1](#)).

1. Ціна поділки шкали лінійки — 1 мм. Отже, вважатимемо, що абсолютна похибка результату вимірювання становить 1 мм ($\Delta l = 1 \text{ мм}$).

2. Довжина l_0 олівця, виміряна лінійкою, дорівнює 122 мм ($l_0 = 122 \text{ мм}$).

3. Результат вимірювання в цьому випадку слід записати так: $l = (122 \pm 1) \text{ мм}$. Такий запис означає, що істинне значення довжини олівця перебуває в інтервалі від 121 мм ($122 \text{ мм} - 1 \text{ мм}$) до 123 мм ($122 \text{ мм} + 1 \text{ мм}$) ([рис. 5.2](#)).

Виміряємо тепер товщину d олівця ([рис. 5.3](#)). Маємо результат: $d_0 = 7 \text{ мм}$. Це майже у 18 разів менше від довжини олівця. При цьому абсолютна похибка та сама — 1 мм ($\Delta d = 1 \text{ мм}$). Однак це не означає, що довжину і товщину олівця ми виміряли з однаковою точністю.

Наскільки точно проведено вимірювання, наочніше показує *відносна похибка*.



Рис. 5.2. Абсолютна похибка вимірювання визначає інтервал, у якому міститься істинне значення вимірюваної величини

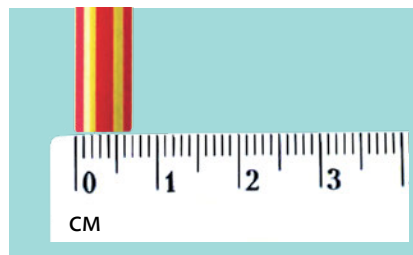


Рис. 5.3. Вимірювання товщини олівця


Відносна похибка результату вимірювання дорівнює відношенню абсолютної похибки до вимірюваного значення фізичної величини.

Відносну похибку позначають символом ε (епсилон) і найчастіше подають у відсотках.

Знайдемо відносні похибки результатів вимірювання:

$$\text{довжини олівця: } \varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% = \frac{1 \text{ мм}}{122 \text{ мм}} \cdot 100\% \approx 0,8\% ;$$

$$\text{товщини олівця: } \varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d_0} \cdot 100\% = \frac{1 \text{ мм}}{7 \text{ мм}} \cdot 100\% \approx 14,3\% .$$

Відносна похибка вимірювання довжини менша за відносну похибку вимірювання товщини майже у 18 разів. Це означає, що довжину олівця було виміряно точніше, ніж його товщину, майже у 18 разів. 

4 Міркуємо про необхідну точність вимірювання

Припустимо, що замість довжини олівця нам треба виміряти довжину кімнати. Зрозуміло, що в цьому випадку немає необхідності враховувати міліметри (рис. 5.4).

Так само, якщо кравець, викроюючи піджак, помилиться на 1 мм, ви цього навіть не помітите. А от якщо, втягуючи нитку у вушко голки, він щоразу помилятиметься на 1 мм, то навряд чи піджак узагалі коли-небудь буде виготовлено.

Таким чином, можна зробити висновок: *необхідна точність експерименту визначається метою цього експерименту.*



Рис. 5.4. Вимірювання довжини кімнати з точністю до 1 мм — приклад надлишкової точності



Підбиваємо підсумки

Вимірювання неможливо провести з абсолютною точністю. Похибки в ході вимірювання фізичних величин пов'язані як з процесом вимірювання, так і з вибором приладу для вимірювання. Щоб зменшити похибку, ті самі вимірювання виконують кілька разів, а потім обчислюють середнє значення результатів вимірювання.



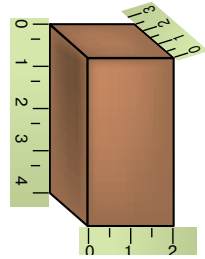
Контрольні запитання

1. Чому неможливо одержати абсолютно точне значення вимірюваної величини?
2. Як підвищити точність вимірювання? *
3. Які види похибок результату вимірювання ви знаєте? *
4. Як визначити відносну похибку в ході прямих вимірювань? *
5. Яка похибка — абсолютна чи відносна — наочніше показує, наскільки точно проведено вимірювання? Обґрунтуйте свою відповідь.
6. Наведіть приклади доцільної і зайвої точності вимірювань.



Вправа № 5

- Діаметр кола виміряли лінійкою з ціною поділки шкали 0,1 см і рулеткою з ціною поділки шкали 0,5 см. У якому випадку отримали точніший результат?
- За допомогою лінійки (див. рисунок) виміряли довжину l , ширину d і висоту h бруска.
 - Запишіть результати вимірювань.
 - * 2) Визначте відносну похибку вимірювання кожного ребра бруска.
 - 3) Результат вимірювання якого ребра є точнішим?



- Під час спокійних вдиху та видиху через легені дорослої людини проходить приблизно $0,5 \text{ дм}^3$ повітря. Скільки разів людині потрібно вдихнути та видихнути, щоб через її легені пройшло повітря, об'єм якого дорівнює 5500 см^3 ? (Приблизно стільки становить об'єм футбольного м'яча.)



- «Улюблене» число математиків — число «пі». Нагадаємо, що це число дорівнює відношенню довжини кола до його діаметра і подається нескінченним дробом. Наведемо значення числа «пі» з точністю до дев'ятого знака після коми: $\pi = 3,141\,592\,653$. Округліть значення числа «пі»: а) до цілих; б) десятих; в) сотих; г) тисячних; д) десятитисячних.



Експериментальне завдання

Візьміть зошит у лінію та визначте відстань між сусідніми лініями двома способами.

Спосіб 1. Виміряйте відстань між сусідніми лініями.

Спосіб 2. Виміряйте відстань між верхньою і нижньою лініями. Отриманий результат поділіть на кількість проміжків між цими лініями.

Який результат вимірювання, на ваш погляд, є точнішим?

Фізика і техніка в Україні

i Національний науковий центр «Інститут метрології» (Харків)

Метрологія — це наука про вимірювання: як їх робити, за допомогою яких приладів, як досягти необхідної точності. Без метрології сьогодні неможливі наукові дослідження і взагалі науковий прогрес. Матеріальною базою всіх сучасних вимірювань є відповідні еталони — їх має кожна розвинена держава. Більшість українських державних еталонів (близько 40 одиниць) створена та зберігається в Національному науковому центрі «Інститут метрології» в Харкові. Зокрема, це еталони довжини, маси, температури, часу, рівня радіації та ін. Так, точність сигналу «Перевірте ваші годинники», який транслюють радіостанції, перевіряють саме в Інституті метрології.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Тема. Вимірювання об'ємів твердих тіл, рідин і сипких матеріалів.

Мета: виміряти об'єми твердих тіл (правильної і неправильної форм), води та сипких матеріалів.

Обладнання: мірна посудина; лінійка; посудина з водою; три пластикові стаканчики: з водою, пшоном, піском; тверде тіло неправильної форми; тверде тіло, що має форму прямокутного паралелепіпеда; нитки.

Теоретичні відомості

1. Об'єм — це фізична величина, яка характеризує властивість тіл займати певну частину простору. Одиницею об'єму в Міжнародній системі одиниць (СІ) є кубічний метр (м^3). Існують кратні та частинні одиниці об'єму: $1 \text{ дм}^3 = 0,1 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} = 0,001 \text{ м}^3$; $1 \text{ см}^3 = 0,001 \text{ дм}^3 = 0,000\,001 \text{ м}^3$. Позасистемною одиницею об'єму є літр (л): $1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3$.

2. Об'єми твердих тіл, рідин і сипких матеріалів можна визначити шляхом прямих вимірювань за допомогою мірної посудини (див., наприклад, рис. 1).

Для вимірювання об'єму рідини або сипкого матеріалу за допомогою мірної посудини необхідно:

а) перелити рідину або висипати сипкий матеріал у мірну посудину: вони набудуть форми посудини, а їхня вільна поверхня розташується на певній висоті (необхідно домогтися, щоб вільна поверхня рідини або сипкого матеріалу була горизонтальною);

б) визначити, навпроти якої позначки шкали розташована поверхня стовпа рідини (рис. 2) або сипкого матеріалу;

в) знаючи ціну поділки шкали, з'ясувати об'єм рідини (або сипкого матеріалу).

Для вимірювання об'єму твердого тіла за допомогою мірної посудини необхідно:

а) налити в мірну посудину воду об'ємом V_1 , причому води слід налити стільки, щоб можна було занурити досліджуване тіло й вода не перелилась би через край посудини;

б) занурити у воду тіло та виміряти загальний об'єм V_2 води разом із тілом;

в) обчислити об'єм V витісненої тілом води як різницю результатів вимірювань об'єму води після і до занурення тіла: $V = V_2 - V_1$.

Об'єм V витісненої тілом води дорівнює об'єму тіла*.



Рис. 1



Рис. 2

* Цей метод вимірювання об'єму твердих тіл запропонував Архімед.

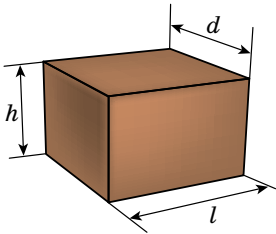


Рис. 3

3. Якщо тіло має правильну геометричну форму, його об'єм можна визначити також шляхом непрямих вимірювань: виміряти лінійні розміри тіла за допомогою лінійки та обчислити об'єм тіла за відповідними математичними формулами. Наприклад, об'єм V тіла, що має форму прямокутного паралелепіпеда (рис. 3), обчислюють за формулою: $V = ldh$, де l — довжина; d — ширина; h — висота тіла.

ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

II Підготовка до експерименту

- Перед тим як розпочати вимірювання:
 - уважно прочитайте теоретичні відомості, подані вище;
 - згадайте, як визначити ціну поділки шкали приладу.
- Визначте та запишіть:
 - ціну поділки шкали лінійки;
 - ціну поділки шкали мірної посудини.
- На кожному твердому тілі закріпіть нитку.

▶ Експеримент

Суворо дотримуйтесь інструкції з безпеки (див. форзац підручника). Результати вимірювань відразу заносьте до таблиць 1 і 2.

Таблиця 1

Номер дослідів	Матеріал	Об'єм рідини або сипкого матеріалу $V_{\text{вим}}, \text{см}^3$
1	Пісок	
2	Пшоно	
3	Вода	

Таблиця 2

Тіло	Прямі вимірювання			Непрямі вимірювання			
	Початковий об'єм води $V_1, \text{см}^3$	Об'єм води та тіла $V_2, \text{см}^3$	Об'єм тіла $V = V_2 - V_1,$ см^3	Довжина тіла $l, \text{см}$	Ширина тіла $d, \text{см}$	Висота тіла $h, \text{см}$	Об'єм тіла $V = ldh,$ см^3
Тіло 1				—	—	—	—
Тіло 2							

1. Виміряйте об'єми сипких матеріалів за допомогою мірної посудини.
2. Виміряйте об'єм рідини за допомогою мірної посудини.
3. Виміряйте об'єм твердого тіла неправильної геометричної форми (тіло 1) шляхом прямих вимірювань (за допомогою мірної посудини).
4. Виміряйте об'єм твердого тіла правильної геометричної форми (тіло 2) шляхом прямих вимірювань.
5. Виміряйте об'єм твердого тіла правильної геометричної форми (тіло 2) шляхом непрямих вимірювань.

Аналіз експерименту та його результатів

1. Проаналізуйте різні способи вимірювання об'єму твердого тіла, зазначте:
 - а) випадки, коли доцільно використовувати той чи інший вид вимірювання об'єму твердого тіла;
 - б) чинники, які вплинули на точність одержаних вами результатів.
2. Сформулюйте висновок, у якому зазначте: 1) що саме ви навчилися вимірювати; 2) для чого можуть бути потрібні навички, набуті в ході виконання роботи.

Творче завдання

Запропонуйте способи вимірювання об'єму тіла неправильної форми у випадках, якщо:

- 1) тіло не вміщується в наявну мірну посудину;
- 2) ви маєте кілька однакових тіл і об'єм кожного тіла є меншим, ніж ціна поділки шкали наявної мірної посудини.

Завдання «із зірочкою»

Оцініть абсолютну та відносну похибки результатів вимірювань об'ємів води й сипких матеріалів. Подайте результат кожного вимірювання у вигляді: $V = V_{\text{вим}} \pm \Delta V$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема. Вимірювання розмірів малих тіл.

Мета: визначити методом рядів діаметр горошини, діаметр пшоного зернятка, товщину нитки.

Обладнання: лінійка; невеликі посудини із пшоном і горохом; дві зубочистки; стрижень для ручки; нитка (№ 10) завдовжки близько 50 см.

Опис методу вимірювання

Метод рядів для вимірювання розмірів тіл застосовують у тих випадках, коли ціна поділки шкали приладу не дозволяє провести вимірювання з достатньою точністю. Наприклад, коли ціна поділки шкали приладу більша або може бути порівняна з розміром, який необхідно виміряти. Зазначимо, що метод рядів дозволяє визначити лише середнє значення розміру малого тіла.

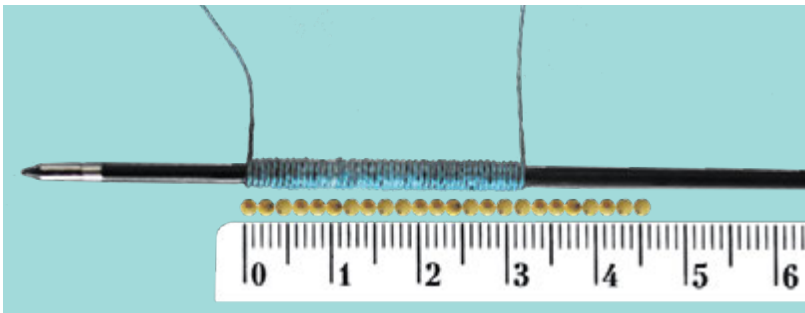
Для визначення розміру d малого тіла методом рядів необхідно:

— утворити ряд, — наприклад, викласти зернятка впритул одне до одного або намотати нитку багато разів на стрижень для ручки таким чином, щоб витки були розташовані в один ряд і впритул один до одного (див. [рисунок](#));

— виміряти довжину L ряду;

— визначити кількість n тіл або витків у ряді;

— знайти відношення: $d = \frac{L}{n}$.



ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

II Підготовка до експерименту

1. Уважно прочитайте опис методу вимірювання. Згадайте:
 - а) як визначити ціну поділки шкали вимірювального приладу;
 - б) як правильно користуватися лінійкою та знімати її покази.
2. Визначте й запишіть ціну поділки шкали лінійки.

▶ Експеримент

Сувородотримуйтеся інструкції з безпеки (див. форзац підручника).

Результати вимірювань відразу заносьте до таблиці. Результати вимірювань діаметрів і товщини округліть до десятих. Для вирівнювання рядів скористайтеся зубочисткою.

1. Визначте методом рядів середнє значення: діаметра горошини; діаметра пшоного зернятка.
2. Визначте методом рядів середню товщину нитки.

Номер дослідку	Тіло	Довжина l ряду, мм	Кількість n тіл (витків) у ряді	Діаметр (товщина) $d_{\text{вим}}$, мм
1	Горошина			
2	Пшоняне зернятко			
3	Нитка			

■ Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізуйте експеримент і його результати. Сформулюйте висновок, у якому зазначте: 1) чого ви навчилися в ході виконання роботи; 2) які результати отримали; 3) як можна підвищити точність експерименту; 4) для чого можуть бути потрібні навички, набуті в ході виконання роботи.

+ Творче завдання

Запропонуйте свій спосіб вимірювання діаметра горошини. Виконайте відповідний рисунок. Зробіть вимірювання. Проаналізуйте переваги та недоліки методу, який використано в роботі, і методу, який запропонували ви. Зазначте випадки, коли, на вашу думку, доречно використовувати той чи інший метод.

i Фізика і техніка в Україні



Національний університет «Києво-Могилянська академія» (НаУКМА) — один із відомих сучасних університетів України.

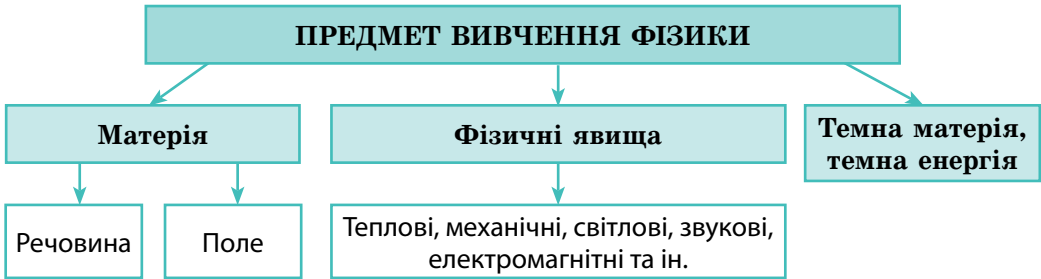
Офіційне відкриття університету «Києво-Могилянська академія» відбулося в 1992 р. Ураховуючи історичну попередницю університету — Києво-Могилянську академію (1659–1817), навчальний заклад вважається одним із найстаріших в Україні.

Свою назву Академія отримала у 1694 р. за згодою між Гетьманщиною і Річчю Посполитою. У 1701 році цар Петро I підтвердив за установою статус академії.

Академія була центром духовного та культурного життя. Декілька поколінь художників, архітекторів, музикантів і науковців були її вихованцями. Серед них — архітектор Іван Григорович Григор'євич-Барський (1713–1791), композитор Артем Лук'янович Ведель (1767–1808), філософ Григорій Савич Сковорода (1722–1794), поет Петро Петрович Гулак-Артемовський (1790–1865). Серед гетьманів України було 14 вихованців Академії.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 1 «Фізика як природнича наука. Методи наукового пізнання»

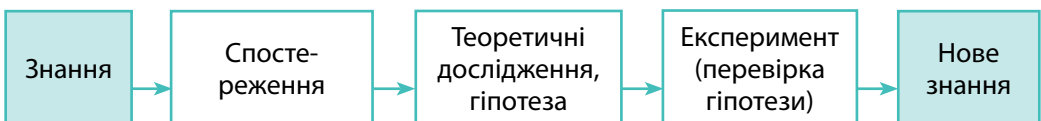
1. У розділі 1 ви дізналися, що фізика є *основною наукою про природу*, та одержали відповідь на питання «*Що вивчає фізика?*».



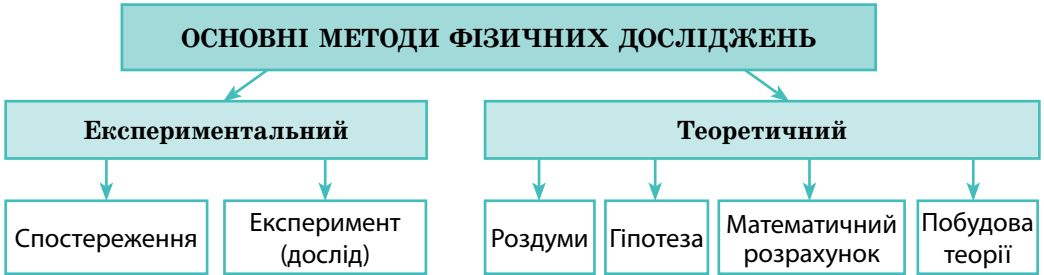
2. Ви з'ясували *основні положення молекулярно-кінетичної теорії* та дізналися, з чого складається речовина.



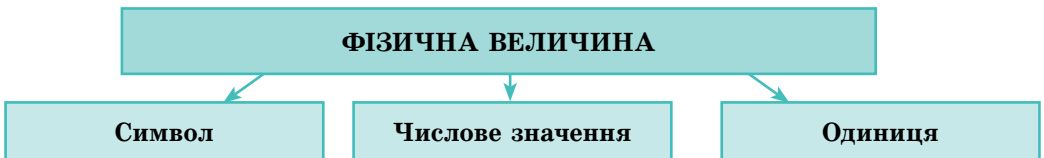
3. Ви простежили *послідовність етапів фізичних досліджень*:



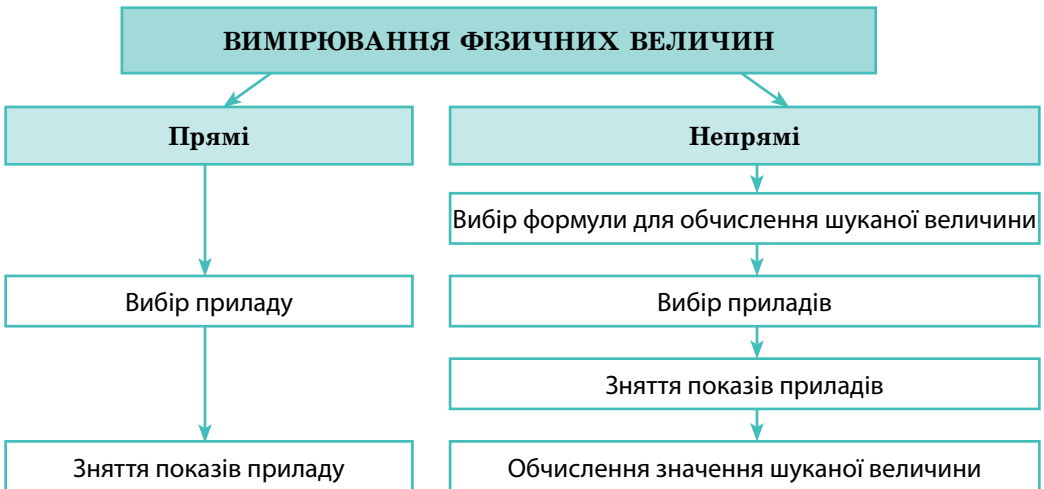
4. Ви ознайомилися з основними методами фізичних досліджень.



5. Ви розширили свої знання про фізичні величини.



6. Ви дізналися про вимірювання фізичних величин.



*



Завдання для самоперевірки до розділу 1 «Фізика як природнича наука. Методи наукового пізнання»

У завданнях 1–6, 8, 9 виберіть одну правильну відповідь.

- (1 бал) Хто із зазначених дослідників зробив великий внесок у розвиток фізики?
 - Ісаак Ньютон;
 - Фернан Магеллан;
 - Джеймс Кук;
 - Жак-Ів Кусто.
- (1 бал) Прикладом фізичного тіла може бути:
 - мідь;
 - метеорит;
 - маса;
 - хвилина.
- (1 бал) Який префікс слід додати до основної одиниці фізичної величини, щоб отримати одиницю, яка менша від основної в 1000 разів?
 - санти- (с);
 - кіло- (к);
 - мілі- (м);
 - мікро- (мк).
- (1 бал) Яке з наведених понять можна вважати фізичним явищем?
 - швидкість руху;
 - нагрівання;
 - час;
 - міркування.
- (2 бали) Яке твердження є істинним?
 - Під час спостережень завжди виконують вимірювання.
 - Експерименти проводять в умовах, які перебувають під контролем ученого.
 - Під час експериментів не виконують вимірювань.
 - Результати спостереження є критерієм істинності гіпотези.
- (2 бали) Унаслідок явища дифузії:
 - кисень із повітря потрапляє навіть на дно глибокої водойми;
 - зменшується довжина рейки під час її охолодження;
 - тане лід;
 - рідина збирається в краплі.
- (2 бали) Виберіть усі правильні відповіді. Молекули речовини:
 - перебувають у стані спокою;
 - безперервно та хаотично рухаються;
 - тільки притягуються одна до одної;
 - тільки відштовхуються одна від одної;
 - відштовхуються одна від одної та притягуються одна до одної;
 - розташовані так, що між ними немає проміжків.
- (3 бали) Яка нерівність є істинною?
 - $520 \text{ см} > 52 \text{ дм}$;
 - $3300 \text{ г} < 33 \text{ кг}$;
 - $2000 \text{ мкм} > 20 \text{ мм}$;
 - $3 \text{ с} < 300 \text{ мс}$.
- (3 бали) Акваріум має форму прямокутного паралелепіпеда, довжина якого становить 0,50 м, ширина — 300 мм, висота — 42 см. Якою є місткість акваріуму?
 - $6,3 \cdot 10^2 \text{ м}^3$;
 - $6,3 \cdot 10^3 \text{ см}^3$;
 - $6,3 \cdot 10^5 \text{ см}^3$;
 - $6,3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$.

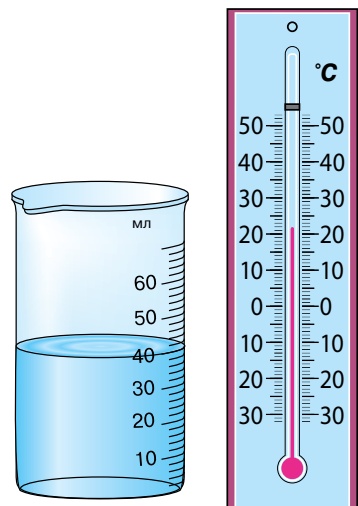


Рис. 1

10. (3 бали) Розгляньте рис. 1 і заповніть таблицю.

Назва приладу	Фізична величина, вимірювана приладом	Одиниця фізичної величини	Ціна поділки шкали приладу	Показ приладу	Межі вимірювання	
					верхня	нижня

11. (3 бали) Установіть відповідність між кожним словом (1–6) речення і фізичним поняттям (А–Є).

- Алюмінієвий (1) А Одиниця фізичної величини
 дріт (2) Б Речовина
 масою (3) В Фізична величина
 двадцять (4) Г Фізичне тіло
 грамів (5) Д Фізичне явище
 зігнули (6). Е Фізичний закон
 Є Числове значення фізичної величини

	А	Б	В	Г	Д	Е	Є
1							
2							
3							
4							
5							
6							

12. (4 бали) Визначте діаметр дроту, зображеного на рис. 2.

13. (4 бали) Бруски, один із яких зображений на рис. 3, слід упакувати в коробку висотою 2,5 см, довжиною 14 см і шириною 6 см. Яку *максимальну* кількість брусків можна покласти в цю коробку, щоб можна було її щільно закрити? Висота бруска — 0,8 см, ширина — 1,2 см.

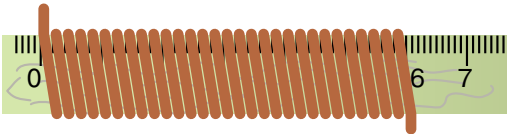


Рис. 2

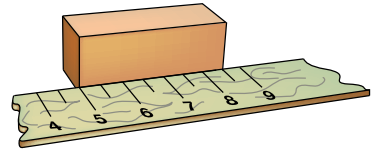


Рис. 3

Зверте ваші відповіді з наведеними в кінці підручника. Позначте завдання, які ви виконали правильно, полічіть суму балів. Цю суму поділіть на три. Сподіваємося, що ви отримали від 7 до 10 балів. Це добрий результат. А щоб отримати ще вищий бал, слід виконати завдання 14.

14. Підтвердьте або спростуйте твердження. Обґрунтуйте свою відповідь.

- Фізика не закінчується за дверима шкільного кабінету.
- Відомо, що $1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ л}$. Якби шкали бензоколонки на автозаправках були проградуїровані в кубічних метрах, то похибка у вимірюванні об'єму пального зменшилась би.
- Альфред Нобель повинен був не розповідати світу про свій винахід — динаміт.



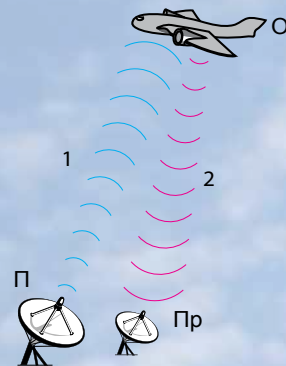
Тренувальні тестові завдання з комп'ютерною перевіркою ви знайдете на електронному освітньому ресурсі «Інтерактивне навчання».

Чому в сучасному світі важко загубитись

Лише кілька десятиліть тому слово «радіолокатор», або «радар», асоціювалося з протиповітряною обороною, слово «гідролокатор», або «сонар», — із сейнерами та підводними човнами. А от абревіатури GPS і взагалі не існувало. Нині найпростіші моделі сонарів може придбати кожний рибалка, радарами оснащуються не лише літаки, але й невеликі катери, а система GPS рекламується як найкращий засіб від викрадень автомобілів.

Радіолокатор / радар

На початку ХХ століття було виявлено, що радіохвилі відбиваються від металевих предметів. Це відкриття дало змогу запропонувати принцип радіолокації — виявлення, розпізнавання та визначення координат різноманітних предметів за допомогою радіохвиль. Якщо прилад зафіксує факт відбиття, це означає, що він виявив об'єкт (літак). За швидкістю поширення радіохвилі (300 000 км/с), інтервалом часу між моментом випромінювання та моментом прийому сигналу можна визначити відстань до об'єкта (його координати). Нарешті, за характером відбитого сигналу можна розпізнати, від якого об'єкта (літака, айсберга, скелі) відбилася радіохвиля.



Принцип дії радара:

П — передавач;

Пр — приймач;

О — об'єкт (літак);

1 — випромінювана хвиля;

2 — відбита хвиля.

У сучасних радарх передавач і приймач зазвичай поєднуються



Спеціальні покриття на поверхні військових літаків знижують рівень відбитого сигналу, і такі літаки не можуть бути виявлені звичайними радарми

Це цікаво

РАДАР — від англійського слова *radar*, скорочення від **ra**(dio) **d**(etecting) **a**(nd) **r**(anging) — радіовиявлення та визначення дальності.

СОНАР — від англійського слова *sonar*, скорочення від **so**(und) **n**(avigation) **a**(nd) **r**(anging) — звукова навігація та визначення дальності.

GPS — абревіатура від англійських слів *global position system* — всесвітня система визначення місця перебування.

Це цікаво

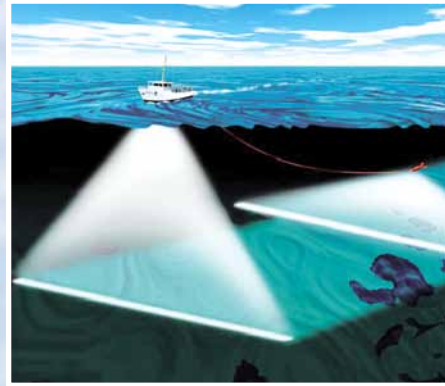
Систему GPS, так само як Інтернет, спочатку було створено на замовлення американського уряду. Сьогодні послуги цієї системи безкоштовні.

Європейський Союз завершує створення власної системи навігації, яка є аналогом GPS. Ця система має назву Galileo.



Гідролокатор / сонар

Принцип роботи гідролокатора подібний до принципу роботи радара, тільки він випромінює і, відповідно, фіксує не радіо-, а звукові хвилі. Як і у випадку радіохвиль, за швидкістю поширення звуку у воді (1500 м/с) та часом затримки приходу відбитої хвилі можна визначити відстань до об'єкта, а за напрямком відбитого сигналу — напрямком на об'єкт. Уперше гідролокатор був застосований для виявлення підводних човнів під час Першої світової війни (1914–1918), згодом його почали застосовувати для дослідження рельєфу морського та океанського дна, виявлення косяків риби тощо.



GPS

GPS створено для того, щоб будь-який користувач міг визначити свої координати на земній поверхні з точністю до кількох десятків метрів. Нині ця система не лише стежить за правильним курсом судна, але й допомагає звичайним туристам не заблукати в незнайомому місті.

Система GPS складається з кількох десятків супутників, які літають на висоті приблизно 20 000 км над Землею, та наземних систем. Супутники постійно підтримують зв'язок із наземними системами і завдяки цьому точно «знають» своє положення відносно Землі. Кожен користувач GPS-навігатора в будь-яку мить може визначити місце свого перебування.

Для цього пристрій повинен отримати сигнали від трьох-чотирьох різних супутників одночасно та опрацювати отримані дані за допомогою вбудованого комп'ютера.

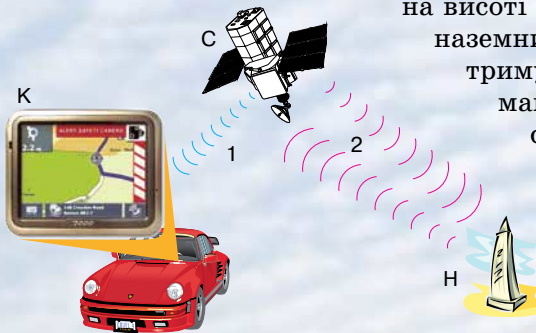


Схема роботи системи GPS: С — супутник; Н — наземні системи; К — користувач приладу GPS; 1 — радіосигнал до користувача; 2 — радіообмін з наземними системами

Теми рефератів і повідомлень

1. Технічні винаходи, що змінили життя людства.
2. Сучасна фізика як доказ мудрості наших предків.
3. Історія створення перших еталонів.
4. Які еталони має Україна і де вони зберігаються.
5. Еволюція вимірювальних приладів.
6. Які вони — найдрібніші об'єкти в природі.
7. Стародавні одиниці довжини і часу.
8. Як зароджувалося вчення про атоми.
9. Перші спроби та сучасні методи вимірювання розмірів молекул.
10. Що можуть нанотехнології.
11. Дифузія навколо нас.
12. Метеорити, що загрожують існуванню людства.
13. Мікро-, макро- й мегасвіти.
14. 10 цікавих фактів із життя видатних учених.
15. Історія одного відкриття.
16. Архімед — великий давньогрецький математик, фізик та інженер.
17. Аристотель — видатний учений давнини.
18. Досягнення і трагедії геніального фізика Галілео Галілея.
19. Генії фізичної науки ХХ століття.
20. Внесок українських учених у розвиток сучасної техніки.
21. Найпрестижніша міжнародна премія з фізики та її лауреати.

Теми експериментальних досліджень

1. Спостереження та дослідження процесу дифузії.
2. Вимірювання лінійних розмірів тіл за допомогою різних приладів. Оцінювання похибки вимірювання.
3. Вимірювання площі поверхні тіл різними способами.

РОЗДІЛ 2

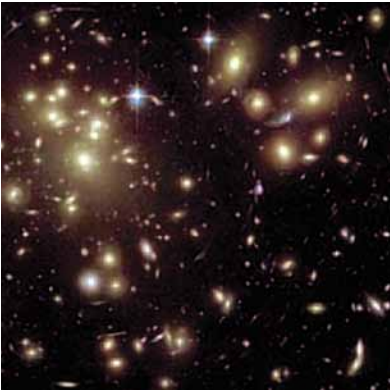
МЕХАНІЧНИЙ РУХ

- Ви знаєте, як визначити шлях, подоланий тілом, а дізнаєтесь, як визначити переміщення цього тіла
- Ви уявляєте, що таке точка, а дізнаєтесь про матеріальну точку
- Ви можете описати рух тіла, спостерігаючи за ним, а зможете розказати, як рухалось тіло, розглядаючи графік його руху
- Ви знаєте, що літак заправляють під час стоянки, а дізнаєтесь, як це можна зробити в повітрі, під час польоту
- Ви знаєте, що в багатьох годинниках використовують маятники, а дізнаєтесь, які властивості маятника забезпечили це використання



§ 6. МЕХАНІЧНИЙ РУХ. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ. СИСТЕМА ВІДЛІКУ. МАТЕРІАЛЬНА ТОЧКА

Згадайте: ви сидите у вагоні потяга й дивитесь на інший потяг, що стоїть на сусідній колії. Раптом вам здається, що ваш потяг рушив з місця, адже за вікном почали пропливати вагони сусіднього потяга. І тут ви дивитесь у вікно навпроти і... розумієте, що ваш потяг, як і раніше, стоїть на пероні. А якби вікна навпроти не було, змогли б ви з'ясувати, чи ваш потяг відправився від станції?



1 Знайомимося з механічним рухом

Усе в світі перебуває в русі (рис. 6.1): мільярди років, що існує всесвіт, розлітаються одна від одної галактики; Земля обертається навколо Сонця, здійснюючи один оберт за рік; за декілька годин літак перелітає із Києва до Парижа; у краплині води безліч мікробів щосекунди пересуваються з місця на місце; увесь час рухаються молекули.

Незважаючи на розмаїття прикладів руху, для них можна визначити спільні риси: по-перше, *всі тіла, що рухаються, змінюють своє положення в просторі відносно інших тіл*; по-друге, *зміна положення тіл відбувається з плином часу*.

Найпростішим різновидом руху є *механічний рух*.

Механічний рух — це зміна з часом положення тіла або частин тіла в просторі відносно інших тіл.

2 Даємо означення системи відліку

Коли тіло рухається, його положення в просторі змінюється. Для визначення положення тіла в просторі використовують *систему координат*, яку пов'язують із *тілом відліку*.

Тіло, відносно якого розглядається положення тіла, що рухається, називають **тілом відліку**.

Вибір тіла відліку є довільним. За тіло відліку можна взяти будь-яке тіло з огляду на міркування зручності. Це може бути як вагон потяга, так і перон вокзалу,

Рис. 6.1. Усе в світі рухається: і величезні галактики, і тіла, що нас оточують, і мікроскопічні істоти

як дерево на узбіччі, так і автомобіль, що мчить дорогою. Тілом відліку можуть бути і планета Земля, і Сонце, і далекі галактики.

? Яке тіло, на вашу думку, можна обрати за тіло відліку, досліджуючи ваш рух на перерві; на уроці фізкультури; під час подорожі?

Після того як тіло відліку вибрано, з ним пов'язують систему координат. Система координат задається за допомогою однієї, двох або трьох *координатних осей*; уздовж осей відкладають відстані в обраному масштабі, наприклад у кілометрах або метрах (рис. 6.2, 6.3).

Зміна положення тіла відбувається не миттєво, а протягом певного часу, тому для дослідження механічного руху є також необхідним *прилад для відліку часу* — годинник.

Тіло відліку, пов'язана з ним система координат і годинник утворюють **систему відліку**.

3 Визначаємо, коли тіло вважають за матеріальну точку

Зазвичай під час руху тіла кожна його точка рухається по-різному. На практиці дослідити рух усіх точок тіла досить складно, проте часто в цьому немає потреби. Описуючи рух тіла, розміри якого набагато менші, ніж відстані, які воно долає, тіло заміняють на фізичну модель — *матеріальну точку*. Матеріальна точка не має розмірів, а її маса дорівнює масі даного тіла.

Матеріальна точка — це фізична модель, яку використовують замість тіла, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати.

Те саме тіло в умовах однієї задачі можна вважати матеріальною точкою, а в умовах іншої — не можна.

Уявіть собі автомобіль, який прямує трасою з Одеси до Києва, і цей же автомобіль, коли він паркується на автостоянці. У першому випадку, досліджуючи рух автомобіля, його розмірами можна знехтувати. Тобто можна не враховувати, що під час руху автомобіля його окремі точки рухалися по-різному, адже відстань, яку подолав автомобіль, була набагато більшою, ніж його, скажімо, довжина. У другому випадку нехтувати розмірами автомобіля не можна.

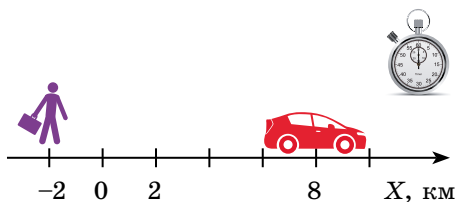


Рис. 6.2. Щоб визначити положення пішохода й автомобіля в певний момент часу на прямолінійній ділянці дороги, досить однієї координати: $x_1 = -2$ км; $x_2 = 8$ км

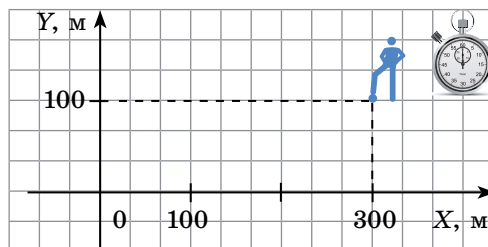


Рис. 6.3. Щоб визначити положення футболіста на полі в певний момент часу, потрібно знати дві координати: $x = 300$ м, $y = 100$ м

? Спробуйте навести подібні приклади, взявши за досліджувані тіла людину, Землю, олівець, дерево.

Зверніть увагу! Коли ми визначаємо *координату тіла*, то вважаємо це тіло за матеріальну точку. Далі, коли говоритимемо про рух тіла, будемо вважати, що йдеться про рух матеріальної точки.

4 Дізнаємося про відносність руху та спокою

Те, що тіло відліку обирається довільно, означає, що *стан руху і стан спокою є відносними*.

Уявіть пасажира, який їде, сидячи в кріслі вагона потяга (рис. 6.4). Відносно крісла та вагона пасажир не змінює свого положення з часом, тобто перебуває у стані спокою, а відносно дерев за вікном пасажир рухається.

? Читаючи ці рядки, ви, найімовірніше, сидите в класі за партою або вдома за столом. Спробуйте назвати тіла, відносно яких ви рухаєтесь, і тіла, відносно яких ви перебуваєте у стані спокою.

Відносність руху дає можливість «зупинити» автомобіль, що мчить дорогою. Для цього потрібний ще один автомобіль, який буде рухатися поряд із першим, не відстаючи і не обганяючи його. У такому випадку автомобілі один відносно одного перебуватимуть у стані спокою. Згадайте, як каскадери пересідають з одного автомобіля, що мчить, на інший, що рухається поряд! Той самий принцип використовують і для заправлення літака паливом під час польоту (рис. 6.5).



Підбиваємо підсумки

Механічний рух — зміна з часом положення тіла або частин тіла у просторі відносно інших тіл. Тіло, відносно якого розглядається положення тіла, що рухається, називають тілом відліку.



Рис. 6.4. Пасажир рухається відносно дерев за вікном потяга і залишається нерухомим відносно вагона



Рис. 6.5. Заправлення літака в повітрі: літаки перебувають у стані спокою відносно один одного

Тіло відліку, пов'язана з ним система координат і годинник для відліку часу утворюють систему відліку. Стани руху та спокою залежать від вибору системи відліку, тобто є відносними.

У фізиці для спрощення опису руху тіла використовують фізичну модель — матеріальну точку. Матеріальна точка — це тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати.



Контрольні запитання

1. Дайте означення механічного руху. Наведіть приклади.
2. Що таке тіло відліку?
3. Як задають систему координат?
4. Які фізичні об'єкти утворюють систему відліку?
5. У яких випадках тіло, що рухається, можна розглядати як матеріальну точку?
6. Як ви розумієте вираз «механічний рух є відносним»?



Вправа № 6

1. Визначте, відносно яких тіл розглядають рух у таких прикладах: а) шматок пінопласту нерухомо лежить на поверхні води в річці; б) повз автомобіль «пролітають» придорожні стовпи; в) Сонце вранці встає на сході, а ввечері сідає на заході.
2. Яків Ісидорович Перельман (1882–1942) у своїй книзі «Цікава фізика» описує випадок, який трапився із пілотом літака на початку ХХ ст. (літаки тоді літали досить повільно, а кабіна пілота була відкритою). Піднявшись на висоту 2 км, пілот побачив біля свого обличчя якийсь предмет. Подумавши, що це комаха, пілот спіймав предмет. Але «комаха» виявилась кулею. Чому пілот зміг спіймати кулю?
3. Чи можна вважати космічний корабель матеріальною точкою, коли він: а) здійснює переліт Земля — Марс? б) здійснює посадку на поверхню Марса?
4. Координати дерева, каменя та світлофора, розташованих на узбіччі прямолінійної ділянки дороги, відповідно такі: $x_d = -1$ км; $x_k = 2$ км; $x_c = 3,5$ км. Накресліть у зошиті координатну вісь, позначте на ній початок координат і положення зазначених тіл. Визначте відстань між тілами.
5. Грибник спочатку був у точці A з координатою $x = 200$ м, $y = 100$ м. Через годину він перемістився в точку B , розташовану на відстані 1,5 км від точки A у напрямку на південь, а ще через півгодини — в точку C , розташовану на відстані 400 м від точки B у напрямку на захід. Накресліть у зошиті систему координат, зобразіть зазначені точки та визначте їхні координати. Домовимося, що напрямок осі Ox є напрямком на схід, а напрямок осі Oy — напрямком на північ.



Експериментальне завдання

Зв'яжіть із вашим столом двомірну систему координат, обравши за початок координат будь-який кут столу, а за осі координат — краї столу, що до цього кута підходять. Визначте координати ластіку, настільної лампи або інших предметів на столі. Подайте звіт у вигляді рисунка, на якому зазначте осі координат, розташування предметів та їхні координати.

§ 7. ТРАЕКТОРІЯ РУХУ. ШЛЯХ. ПЕРЕМІЩЕННЯ

Візьміть аркуш паперу. Поставте на ньому точки A і B та з'єднайте їх кривою лінією (рис. 7.1). Ця лінія збігається із *траєкторією руху* кінчика олівця, тобто лінією, в кожній точці якої послідовно побував кінчик олівця під час свого руху. Відповідь на те, що таке траєкторія руху, а також на багато інших запитань ви знайдете в цьому параграфі.

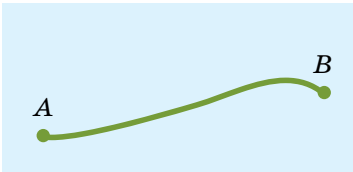


Рис. 7.1. На папері кінець олівця залишає лінію, по якій рухався



Рис. 7.2. Іноді за слідами легко відновити траєкторію руху тіла

1 Дізнаємося про траєкторію руху

Траєкторія руху — це уявна лінія, яку описує в просторі точка, що рухається.

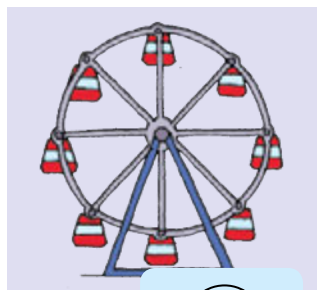
Зазвичай ми не бачимо траєкторії руху тіл, проте інколи бувають винятки. Так, у безхмарну погоду високо в небі можна побачити білий слід, який залишає літак під час свого руху*. За цим слідом можна дізнатися про траєкторію руху літака.

? Як ви вважаєте, траєкторії руху яких тіл можна відновити за слідами, зображеними на рис. 7.2? Поміркуйте, в яких випадках траєкторію руху «заготовлюють» заздалегідь.

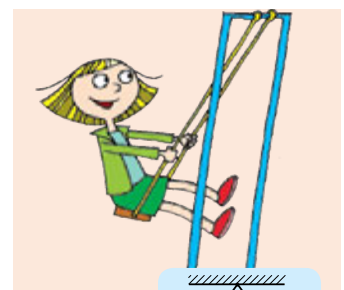
Форма траєкторії може бути різною: пряма, коло, дуга, ламана тощо. За формою траєкторії рух тіл поділяють на *прямолінійний* і *криволінійний* (рис. 7.3).



a



б



в

Рис. 7.3. Рух потяга на станції метро (*a*) — приклад прямолінійного руху; рух кабінки оглядового колеса (*б*) і рух гойдалки (*в*) — приклади криволінійного руху. Стрілками показано напрямки руху.

* Чому виникає такий слід і що він собою являє, ви дізнаєтеся з курсу фізики 8 класу.

Форма траєкторії руху тіла залежить від того, відносно якої системи відліку розглядають рух.

Наведемо приклад. У хлопчика, який їде в автобусі, впало з рук яблуко (рис. 7.4). Для дівчинки, яка сидить навпроти, траєкторія руху яблука — короткий відрізок прямої. У цьому випадку система відліку, відносно якої розглядають рух яблука, пов'язана із салоном автобуса. Але весь час, поки яблуко падало, воно «їхало» разом з автобусом, тому для людини, що стоїть на узбіччі дороги, траєкторія руху яблука зовсім інша. Система відліку в такому разі пов'язана з дорогою.

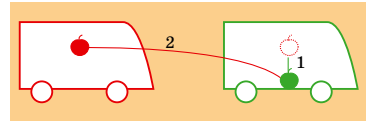


Рис. 7.4. Траєкторія руху яблука для пасажирів автобуса — короткий відрізок прямої (на схемі — лінія 1), для людини на узбіччі дороги — крива лінія (на схемі — лінія 2)

2 З'ясуємо, чим шлях відрізняється від переміщення

Повернемося на початок параграфу (див. рис. 7.1). Щоб знайти шлях, який подолав кінець олівця, рисуємо криву лінію, необхідно виміряти довжину цієї лінії, тобто знайти довжину траєкторії (рис. 7.5).

Шлях — це фізична величина, яка дорівнює довжині траєкторії.

Шлях позначають символом l (ель).
Одиниця шляху в СІ — метр:

$$[l] = \text{м.}$$

Використовують також частинні та кратні одиниці шляху, наприклад *міліметр* (1 мм = 0,001 м), *сантиметр* (1 см = 0,01 м), *кілометр* (1 км = 1000 м).

Шлях, який пододало тіло, буде різним відносно різних систем відліку. Згадаємо про яблуко в автобусі (див. рис. 7.4): для пасажирів яблуко пододало шлях близько півметра, а для людини на узбіччі дороги — декілька метрів.

Звернемося знову до рис. 7.1 і з'єднаємо точки А і В відрізком прямої зі стрілкою (рис. 7.6). У такий спосіб отримаємо *напрявлений відрізок*, який покаже, в якому напрямку та на яку відстань перемістився кінець олівця.

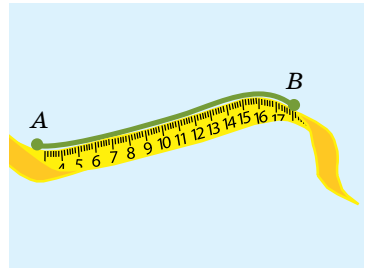


Рис. 7.5. Вимірювання довжини траєкторії

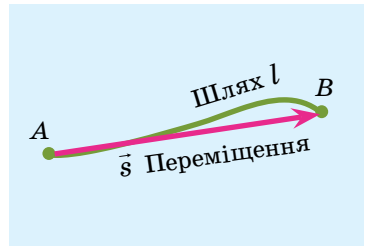


Рис. 7.6. Переміщення показує, в якому напрямку та на яку відстань перемістилося тіло за певний інтервал часу

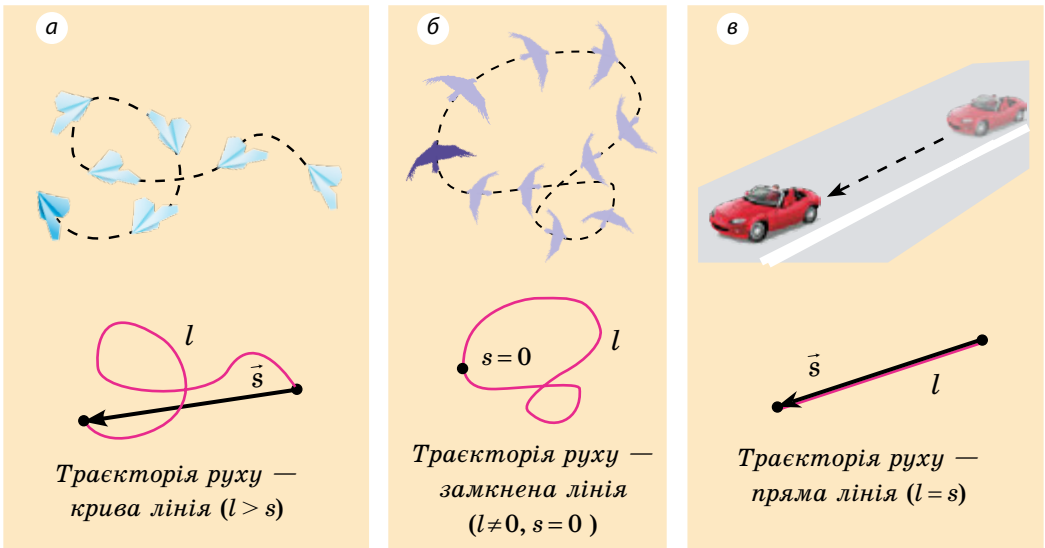


Рис. 7.7. Порівняння шляху l і модуля переміщення s тіла

Напрямленим відрізком прямої, який з'єднує початкове та кінцеве положення тіла, називають **переміщенням**.

Переміщення позначають символом \vec{s} (с).

Стрілка над символом фізичної величини показує, що *переміщення* — це векторна фізична величина*. Щоб правильно задати переміщення, необхідно зазначити не тільки його значення (модуль), але й напрям.

Модуль переміщення, тобто відстань, на яку перемістилося тіло в певному напрямку, також позначають символом s , але без стрілки.

Одиниця переміщення в СІ така сама, як і одиниця шляху, — **метр**:

$$[s] = \text{м}.$$

У загальному випадку переміщення не збігається з траєкторією руху тіла (рис. 7.7, а, б), тому шлях, подоланий тілом, зазвичай більший за модуль переміщення. Шлях і модуль переміщення виявляються рівними тільки в тому випадку, коли тіло рухається вздовж прямої в незмінному напрямку (рис. 7.7, в).



Підбиваємо підсумки

Уявну лінію, яку описує в просторі точка, що рухається, називають траєкторією. За видом траєкторії рух тіл поділяють на прямолінійний і криволінійний.

* Фізичні величини, які мають значення та напрям, називають *векторними*, а ті, які мають тільки значення, називають *скалярними*.

Шлях l — це фізична величина, яка дорівнює довжині траєкторії. Переміщення \vec{s} — це напрямлений відрізок прямої, який з'єднує початкове та кінцеве положення тіла. Одиниця шляху та переміщення в СІ — метр (м).



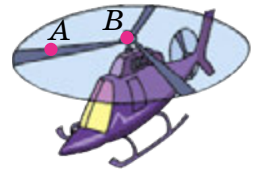
Контрольні запитання

1. Дайте означення траєкторії руху.
2. Дайте означення шляху.
3. Назвіть одиницю шляху в СІ.
4. Чому, знаючи тільки шлях, не можна визначити кінцеве положення тіла?
5. Дайте означення переміщення.
6. Як переміщення позначають на кресленнях?
7. У якому випадку модуль переміщення дорівнює подоланому шляху?
8. Чи залежать траєкторія руху тіла, шлях і переміщення від вибору системи відліку? Наведіть приклади.



Вправа № 7

1. Футболіст пробігає за матч близько 10 км. 10 км — це шлях чи модуль переміщення футболіста? Яким може виявитися мінімальний модуль переміщення футболіста за матч?
2. Гелікоптер піднімається вертикально вгору (див. рисунок). Зобразіть траєкторію руху точок A і B , розташованих на лопатях гвинта гелікоптера: а) відносно пілота; б) відносно Землі.
3. Пасажир потяга пройшов вагоном від першого до четвертого купе. За цей час вагон проїхав відстань 400 м. Відстань між першим і четвертим купе становить 7,5 м. Визначте, який шлях подолав пасажир відносно потяга; відносно землі, якщо він рухався: а) в напрямку руху потяга; б) в напрямку, протилежному напрямку руху потяга.
4. У початковий момент часу тіло перебувало в точці A з координатами $x_0 = 4$ м, $y_0 = -3$ м. Через певний інтервал часу тіло перемістилося в точку B з координатами $x = -4$ м, $y = 3$ м. Накресліть у зошиті систему координат, зазначте точки A і B , побудуйте вектор переміщення та визначте його модуль. Чи можна, використавши дані задачі, визначити шлях, подоланий тілом?
5. Мотоцикліст, рухаючись ареною цирку, проїжджає коло радіуса 13 м за 8 с. Визначте шлях і модуль переміщення мотоцикліста: а) за 4 с руху; б) за 8 с руху.
6. Скориставшись картою міста (села), в якому ви мешкаєте, побудуйте траєкторію вашого руху від дома до школи. Визначте шлях, який ви долаєте, і переміщення.
7. Розв'яжіть рівняння: а) $5 = 2t$; б) $4 + x = 2x$; в) $1,8 = \frac{27}{y}$.





Експериментальне завдання

«Циклоїда». Побудуйте *циклоїду* — траєкторію руху точки на ободі колеса під час прямолінійного руху транспортного засобу. Для цього:

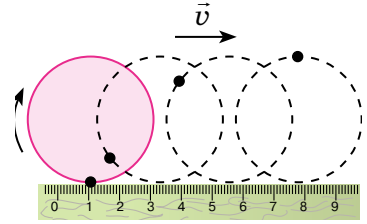
1) зробіть паперовий круг діаметром 2–3 см — «колесо», на «ободі» якого поставте точку;

2) покладіть лінійку на аркуш паперу, поряд із лінійкою розмістіть «колесо» так, щоб воно її торкалося;

3) перекочуючи «колесо» вздовж лінійки, якнайчастіше позначайте на папері положення зазначеної точки (див. рисунок);

4) з'єднайте одержані позначки плавною лінією.

Оберіть інші точки, проколовши в «колесі» 2–3 отвори, один з яких розташуйте в центрі колеса. Побудуйте траєкторію руху кожної точки.



і Фізика і техніка в Україні



Євген Оскарович Патон (1870–1953) — засновник Інституту зварювання, який зараз носить його ім'я, автор і керівник проектів понад 100 зварних мостів. Серед них — розташований у Києві перший у світі суцільнозварний міст, відомий нині як міст Патона.

У роки Другої світової війни (1939–1945) Є. О. Патон запровадив в оборонну промисловість технологію автоматичного зварювання і цим здійснив значний внесок у нарощування випуску танків «Т-34». Автомати швидкісного зварювання дозволили значно знизити трудозатрати під час виготовлення корпусів танків, а крім того, не вимагали від робітників високої кваліфікації, глибоких спеціальних знань і великих фізичних зусиль. Зварювальниками могли працювати підлітки та жінки.

У післявоєнні роки Є. О. Патон очолив дослідження зі створення наукових основ зварювання та широкого запровадження зварювання в промисловість.

§ 8. РІВНОМІРНИЙ РУХ. ШВИДКІСТЬ РУХУ

Під час репортажів з автомобільних перегонів, у повідомленнях про погоду можна, наприклад, почути: «Швидкість руху автомобіля-переможця перед фінішем сягнула 250 кілометрів за годину»; «Швидкість вітру сягатиме 25 метрів за секунду» тощо. Що це означає? Як порівняти ці швидкості?

1 Знайомимося з рівномірним рухом

Слово «швидкість» ви знаєте змалку. Тому, коли чуєте, що швидкість руху автомобіля становить 20 метрів за секунду, то розумієте: автомобіль, рухаючись із такою швидкістю, кожну секунду долає відстань 20 м.

? Поміркуйте, яку відстань подолає цей автомобіль за 10 секунд; за півсекунди; за 0,1 секунди.

Скоріш за все, більшість із вас відповіли так: за 10 с автомобіль подолає 200 м, за півсекунди — 10 м, за 0,1 с — 2 м. І ця відповідь є правильною, якщо вважати, що *за будь-які* (малі або великі) *рівні інтервали часу* автомобіль долає *однаковий шлях*. Тобто якщо рух автомобіля є *рівномірним*.

Рівномірний рух — це механічний рух, у ході якого за будь-які рівні інтервали часу тіло долає однаковий шлях.

Зверніть увагу на слово «*будь-які рівні* інтервали часу». Інколи, розглядаючи навіть *нерівномірний* рух тіла, теж можна дібрати такі рівні інтервали часу, за які тіло долає однакову відстань. Наприклад, за кожні 30 с плавець пропливає доріжку в басейні (25 м), проте не можна стверджувати, що він рухається рівномірно, бо під час повороту він сповільнює рух.

2 Вивчаємо рівномірний прямолінійний рух

Якщо автомобіль рівномірно рухається прямолінійною ділянкою дороги, то за рівні інтервали часу він здійснює однакові переміщення (рис. 8.1), тобто долає однаковий шлях і не змінює напрямку свого руху. Такий рух називають *рівномірним прямолінійним*.

Рівномірний прямолінійний рух — це механічний рух, у ході якого за будь-які рівні інтервали часу тіло здійснює однакові переміщення.

Рівномірний прямолінійний рух — найпростіший вид руху, який у реальному житті зустрічається дуже рідко. Прикладами такого руху можуть бути рух автомобіля на прямолінійній ділянці дороги (без розгону та гальмування), стабільне падіння кульки в рідині, політ парашутиста через деякий час після розкриття парашута.

3 Даємо означення швидкості рівномірного руху

Сподіваємося, вам неважко визначити швидкість рівномірного руху, наприклад, пішохода, який пройшов 30 м за 20 с. Із курсу

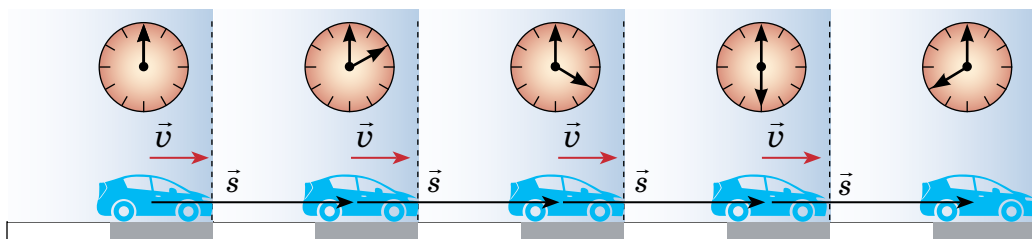


Рис. 8.1. Автомобіль, який рухається рівномірно прямолінійно, за будь-які рівні інтервали часу здійснює однакові переміщення

математики вам добре відомо, що для цього слід шлях, який подолав пішохід ($l = 30\text{ м}$), поділити на час його руху ($t = 20\text{ с}$).

Швидкість рівномірного руху (v) — це фізична величина, що дорівнює відношенню шляху l , який пододало тіло, до інтервалу часу t , протягом якого цей шлях був подоланий:

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

Зверніть увагу! У ході рівномірного прямолінійного руху модуль переміщення дорівнює шляху ($s = l$), тому значення швидкості руху можна визначити за будь-якою із формул:

$$v = \frac{s}{t} \text{ або } v = \frac{l}{t}.$$

У Міжнародній системі одиниць шлях вимірюють у метрах, час — у секундах, тому *одиниця швидкості руху в СІ — метр за секунду*:

$$[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ дорівнює швидкості такого рівномірного руху, в разі якого тіло за 1 с долає шлях 1 м .

Приладом для вимірювання швидкості руху слугує *спідометр*.

4 Характеризуємо швидкість руху

Швидкість руху — векторна величина: вона має не лише значення, а й напрямок. На рисунках напрямок швидкості руху тіла позначають стрілкою (див. рис. 8.1, 8.2). Якщо тіло рухається рівномірно прямолінійно, то значення і напрямок швидкості руху залишаються незмінними (див. рис. 8.1). Якщо тіло рухається рівномірно криволінійною траєкторією, значення швидкості руху залишається незмінним, а напрямок увесь час змінюється (див. рис. 8.2).

Напрямок і значення швидкості руху залежать від того, відносно якого тіла розглядають рух. Уявіть, що ви сидите у вагоні потяга, який прямує на схід (рис. 8.3). Потяг проїжджає повз станцію зі швидкістю $v_{\text{пот}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. У цей час інший пасажир іде вагоном зі швидкістю $v_{\text{пас}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, рухаючись проти руху потяга.

Як ви вважаєте, чи однаковою буде швидкість руху пасажирів для вас і для людей, що стоять на пероні? Звісно, ні! Для вас пасажир рухається на захід зі швидкістю $0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а для людей на пероні він разом із потягом рухається на схід зі швидкістю $4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

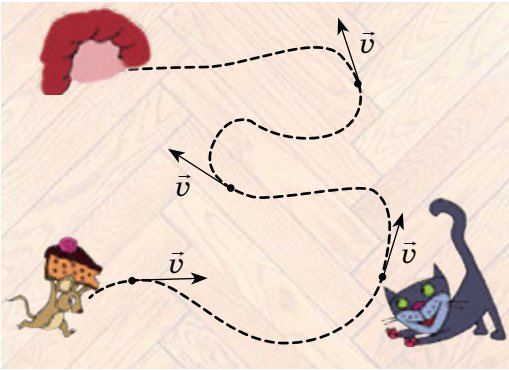


Рис. 8.2. У ході криволінійного руху напрямок швидкості руху весь час змінюється

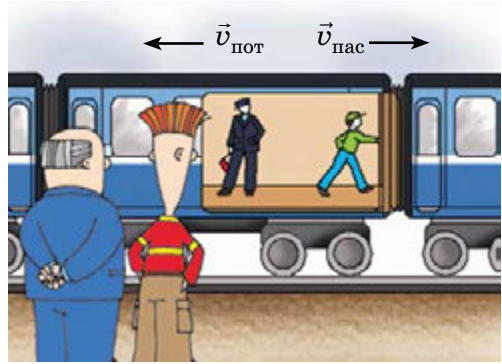


Рис. 8.3. Напрямок і значення швидкості руху залежать від того, де перебуває спостерігач

Значення швидкості руху може бути подано не тільки в метрах за секунду, але й в інших одиницях. Наприклад, автомобіль рухається зі швидкістю 36 кілометрів за годину $\left(v_{\text{авт}} = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}}\right)$, ракета мчить зі швидкістю 8 кілометрів за секунду $\left(v_{\text{р}} = 8 \frac{\text{км}}{\text{с}}\right)$, равлик повзе зі швидкістю 18 сантиметрів за хвилину $\left(v_{\text{равл}} = 18 \frac{\text{см}}{\text{хв}}\right)$ тощо.

Для розв'язування задач слід навчитися подавати швидкість руху, виражену в одних одиницях, в інших одиницях. Як це зробити? Наведемо приклад.

Швидкість руху автомобіля — 36 км/год. Щоб подати її в метрах за секунду, згадаємо, що 1 год = 3600 с, а 1 км = 1000 м. Тоді:

$$36 \frac{\text{км}}{\text{год}} = \frac{36 \text{ км}}{1 \text{ год}} = \frac{36 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

? Спробуйте подати в метрах за секунду швидкості руху ракети та равлика.

Найскладніше в інших одиницях подавати швидкість руху, надану в метрах за секунду, але послідовність дій залишається тією самою.

Наприклад, швидкість руху літака — 250 м/с. Подамо її в кілометрах за годину:

$$250 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{250 \text{ м}}{1 \text{ с}} = \frac{250 \cdot 0,001 \text{ км}}{\frac{1}{3600} \text{ год}} = 250 \cdot 0,001 \cdot 3600 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 250 \cdot 3,6 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 900 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

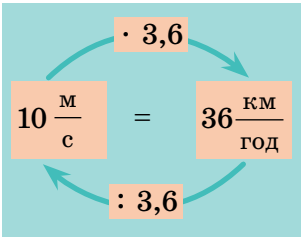
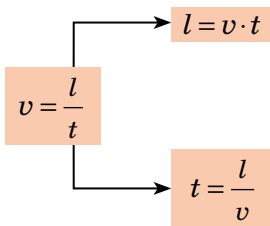


Рис. 8.4. Схема перекладу швидкості руху, поданої в метрах за секунду, у швидкість, подану в кілометрах за годину; і навпаки



Щоб швидкість руху, подану в метрах за секунду, подати в кілометрах за годину (і навпаки), можна скористатися схемою на [рис. 8.4](#).

5 Визначаємо шлях і час руху тіла

З курсу математики ви знаєте: якщо відомі швидкість і час руху тіла, то можна знайти шлях, який пододало тіло. Для цього слід швидкість руху помножити на час:

$$l = vt,$$

де l — шлях; v — швидкість руху; t — час руху із зазначеною швидкістю.

Якщо відомі шлях і швидкість руху тіла, можна знайти час руху тіла. Для цього необхідно шлях поділити на швидкість руху:

$$t = \frac{l}{v}.$$

Іноколи для знаходження шляху, швидкості або часу руху тіла зручно скористатися «чарівним трикутником» ([рис. 8.5](#)).



Підбиваємо підсумки

Рівномірний рух — це механічний рух, у ході якого за будь-які рівні інтервали часу тіло долає однаковий шлях.

Рівномірний прямолінійний рух — це такий рух, у ході якого за будь-які рівні інтервали часу тіло здійснює однакові переміщення.

Швидкість рівномірного руху — це фізична величина, що дорівнює відношенню шляху, який пододало тіло, до інтервалу часу, протягом якого цей шлях був подоланий: $v = \frac{l}{t}$.

Одиницею швидкості руху в СІ є метр за секунду (м/с). Спідометр — прилад для прямого вимірювання швидкості руху тіла.

Окрім значення швидкості руху має напрямок. Напрямок і значення швидкості руху тіла залежать від вибору системи відліку.

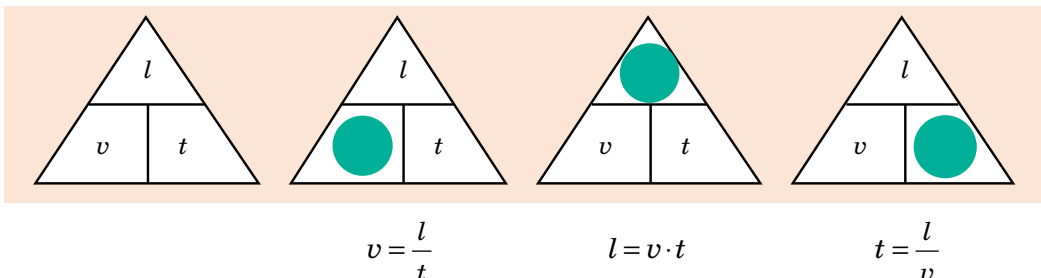


Рис. 8.5. Закривши пальцем символ шуканої величини (позначення шляху, часу або швидкості руху), отримуємо формулу для її визначення



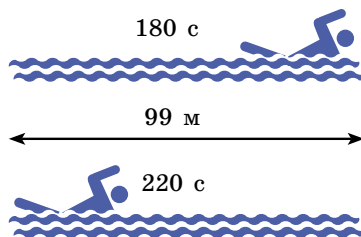
Контрольні запитання

1. Який рух називають рівномірним? 2. Який рух називають рівномірним прямолінійним? Наведіть приклади. 3. Як знайти швидкість рівномірного руху тіла? 4. Назвіть одиниці швидкості руху. 5. Спідометри автомобілів проградуєровані в кілометрах за годину. Як швидкість, виміряну спідометром, подати в метрах за секунду? 6. Як визначити шлях, подоланий тілом, якщо відомі швидкість і час руху тіла? 7. Як визначити час руху тіла, якщо відомі шлях і швидкість його руху?



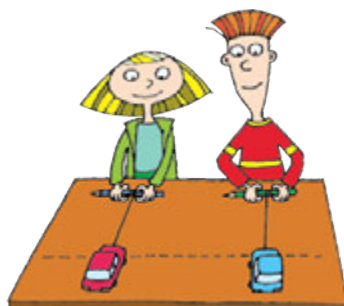
Вправа № 8

1. Стадо антилоп може досить довгий час зберігати швидкість руху 80 км/год. Який шлях подолає стадо за півгодини?
2. Вважаючи рух плавців рівномірним (див. рисунок), визначте швидкість руху кожного з них.
3. Визначте, яка швидкість руху більша: 16 м/с чи 54 км/год.
4. Подайте в метрах за секунду: 18 км/год; 108 км/хв; 72 см/хв.
5. Подайте в кілометрах за годину: 2 м/с; 30 км/хв; 20 см/с.
6. В астрономії існує одиниця довжини *світловий рік*, яку застосовують для визначення міжзоряних відстаней. Один світловий рік дорівнює відстані, яку долає світло у вакуумі за 1 рік. Подайте цю відстань у кілометрах, вважаючи, що швидкість поширення світла у вакуумі дорівнює 300 000 км/с.
7. Skorистайтеся додатковими джерелами інформації та підготуйте презентацію про швидкість руху в живій природі або про швидкість руху сучасних транспортних засобів. Зробіть коротке повідомлення.



Експериментальне завдання

«Автомобільні перегони». Влаштуйте з друзями перегони іграшкових автомобілів. Для цього до кожного іграшкового автомобіля прив'яжіть нитку. Другий кінець нитки закріпіть на олівці. Рухайте автомобілі, обертаючи олівець (див. рисунок). Хто найшвидше пройде трасу? Якою є швидкість руху кожного автомобіля? Які прилади вам потрібні, щоб це визначити? Подайте результати ваших перегонів у вигляді таблиці змагань.



§ 9. УЧИМОСЯ РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧІ

У повсякденному житті ви вже стикалися з фізичними задачами і навіть розв'язували їх! Ви здивовані? Наведемо декілька прикладів фізичних задач, прокоментуємо основні етапи їх розв'язання, і надалі ви будете підходити до розв'язання таких задач як справжні фізики.

Задача 1. Припустимо, що до початку уроків залишилось 15 хвилин. Ви знаєте, що відстань від вашого дому до школи становить 1800 м. Чи прийдете ви своєчасно, якщо будете йти зі швидкістю $3,6 \frac{\text{км}}{\text{год}}$? З якою найменшою швидкістю ви можете рухатися, щоб не запізнитись?

Аналіз фізичної проблеми. У задачі треба знайти:

1) час t_1 руху до школи із зазначеною швидкістю v_1 ;

2) швидкість v_2 , з якою слід рухатися, щоб витратити на шлях не більш ніж 15 хв ($t_2 = 15$ хв).

Вважатимемо рух рівномірним.

Швидкість руху надана в $\frac{\text{км}}{\text{год}}$, а шлях — в одиницях СІ. Подамо час і значення швидкості руху в одиницях СІ:

$$15 \text{ хв} = 15 \cdot 60 \text{ с} = 900 \text{ с};$$

$$3,6 \frac{\text{км}}{\text{год}} = \frac{3,6 \cdot 1000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Закінчивши аналіз, запишемо коротку умову задачі.

Дано:

$$l = 1800 \text{ м}$$

$$v_1 = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_2 = 15 \text{ хв} = 900 \text{ с}$$

Знайти:

$$t_1 \text{ — ?}$$

$$v_2 \text{ — ?}$$

Пошук математичної моделі.

Рух рівномірний, тому скористаємося формулою для розрахунку швидкості рівномірного руху:

$$v = \frac{l}{t}.$$

1-й етап

Аналіз фізичної проблеми

1. Уважно читаємо умову задачі, з'ясуємо, яка фізична ситуація розглядається, про які фізичні величини йдеться.

2. Визначаємо, в яких одиницях будемо розв'язувати задачу. Зазвичай задачі розв'язують в одиницях СІ.

3. Якщо необхідно, виконуємо пояснювальний рисунок. Часто саме рисунок допомагає краще розібратися в задачі.

4. Записуємо коротку умову задачі. Зліва, після слова «Дано», записуємо символи наданих в умові фізичних величин та їхні значення в обраних одиницях. Після слова «Знайти» записуємо символи фізичних величин, які слід знайти в задачі.

2-й етап

Пошук математичної моделі

1. У фізиці будь-якому розрахунку передуює запис формули, тому справа від слова «Дано» записуємо рівняння, які пов'язують фізичні величини, що характеризують наявне в задачі фізичне явище або фізичне тіло.

2. Ураховуємо конкретні умови фізичної ситуації, описаної в задачі, шукаємо додаткові параметри.

Розв'язання. Знайдемо вирази для розрахунку шуканих величин t_1 і v_2 :

$$v_1 = \frac{l}{t_1}, \text{ тому } t_1 = \frac{l}{v_1}; v_2 = \frac{l}{t_2}.$$

Перевіримо одиниці шуканих величин:

$$[t_1] = \text{м} : \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{с}; v_2 = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначимо числові значення шуканих величин:

$$t_1 = \frac{1800}{1} = 1800 \text{ (с)}; t_1 = 30 \text{ хв};$$

$$v_2 = \frac{1800}{900} = 2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Зверніть увагу! Для отримання відповіді у вираз для шуканої величини можна відразу підставляти і числові значення, і одиниці відомих величин. У такому випадку записуємо так:

$$t_1 = \frac{1800 \text{ м}}{1 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{1800 \text{ м} \cdot \text{с}}{1 \text{ м}} = 1800 \text{ с} = 30 \text{ хв};$$

$$v_2 = \frac{1800 \text{ м}}{900 \text{ с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Аналіз результатів. Оскільки $t_1 > t_2$, то, рухаючись зі швидкістю $v_2 = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, ви не встигнете до початку уроків. Щоб не спізнитися, треба рухатися зі швидкістю, значення якої більше за $3,6 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. Саме таке значення отримано в ході розв'язання. Отже, одержані значення шуканих величин є цілком правдоподібними.

Відповідь: $t_1 = 30 \text{ хв}; v_2 = 2 \text{ м/с}.$

3-й етап

Розв'язання. Аналіз одержаних результатів

1. Розв'язуємо рівняння відносно невідомої величини.

2. Перевіряємо одиниці шуканої величини. Для цього в отриману формулу підставляємо лише одиниці, без числових значень. Якщо отримано зовсім іншу одиницю (наприклад, отримали, що час вимірюється в кілограмах), шукаємо помилку.

3. Виконуємо необхідні обчислення й аналізуємо результат, насамперед — на рівні здорового глузду (наприклад, шлях від школи додому навряд чи буде подоланий за добу або за 1 с).

4-й етап

Записуємо відповідь



Задача 2. Озером назустріч один одному рівномірно прямолінійно рухаються два катери. На початок спостереження відстань між катерами становить 1500 м. Швидкість руху першого катера дорівнює $36 \frac{\text{км}}{\text{год}}$, другого — $54 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. Через який час катери зустрінуться? Яку відстань подолає до зустрічі перший катер?

Аналіз фізичної проблеми. Катери рухаються назустріч один одному. Це означає, що вони наближаються один до одного зі швидкістю $v = v_1 + v_2$ і з цією швидкістю долають відстань $l = 1500$ м.

Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Дано:

$$v_1 = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 54 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$l = 1500 \text{ м}$$

Знайти:

$$t \text{ — ?}$$

$$l_1 \text{ — ?}$$

Пошук математичної моделі, розв'язання.

$$\text{За означенням швидкості руху } v = \frac{l}{t} \Rightarrow t = \frac{l}{v}.$$

$$\text{Оскільки } v = v_1 + v_2, \text{ то } t = \frac{l}{v_1 + v_2}.$$

Знаючи час t і швидкість руху v_1 , визначимо шлях l_1 , який подолає перший катер до зустрічі:
 $l_1 = v_1 \cdot t$.

Перевіримо одиниці шуканих величин:

$$[t] = \frac{\text{м}}{\frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{м}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{м}} = \text{с}; [l_1] = \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с} = \frac{\text{м} \cdot \text{с}}{\text{с}} = \text{м}.$$

Визначимо числові значення шуканих величин:

$$t = \frac{1500}{10 + 15} = \frac{1500}{25} = 60 \text{ (с)}; l_1 = 10 \cdot 60 = 600 \text{ (м)}.$$

Аналіз результатів. Оскільки перший катер рухається повільніше від другого, то до моменту зустрічі він подолає менший шлях. Такий результат й отримано: $l_1 = 600$ м, а l_2 відповідно $1500 \text{ м} - 600 \text{ м} = 900 \text{ м}$. Тому результати є цілком реальними.

Відповідь: $t = 60$ с; $l_1 = 600$ м.



Вправа № 9

- Крейсерська швидкість** руху сучасного українського літака АН-158 становить 820 км/год. Скільки часу витратить літак, щоб подолати 410 км?

* Символ \Rightarrow використовують для спрощення й скорочення запису тексту. У даному випадку він означає: оскільки $v = \frac{l}{t}$ правильно, то й $t = \frac{l}{v}$ також правильно.

** Крейсерська швидкість — швидкість руху літака або судна, яку можна досягнути за найменших витрат палива.

- Судно йде рівномірно зі швидкістю $7,5$ м/с. Який шлях подолає судно за 2 години?
- Під час змагань з бігу перший учень пробіг 10 хв зі швидкістю 12 км/год, другий — 5 км за півгодини, третій — 4 км зі швидкістю $12,5$ км/год. Хто з учнів рухався швидше за всіх? Хто подолав найбільшу відстань? Хто біг довше за всіх?
- Автовантажувач рухається рівномірно уздовж ряду контейнерів. Контейнери, завдовжки 12 м кожний, стоять впритул один до одного. З якою швидкістю рухається автовантажувач, якщо повз 5 контейнерів він проїжджає за 1 хв?
- Хлопчик, рухаючись з незмінною швидкістю, подолав відстань від свого будинку до шкільного стадіону за $1,5$ хв. На зворотний шлях він витратив 70 с. Куди хлопчик рухався швидше — до стадіону чи додому? У скільки разів швидше?
- Потяг йде зі швидкістю 20 м/с, а назустріч йому по сусідній колії рухається другий потяг — зі швидкістю 36 км/год. Скільки часу потяги будуть проїжджати один повз одного, якщо довжина першого потяга — 900 м, а другого — 600 м?
- Уявіть, що під час подорожі ви побачили спалахи блискавки та почули десь далеко гуркіт грому. Ви хочете дізнатися, чи наближується до вас гроза. Які виміри та розрахунки вам слід провести, щоб відповісти на це запитання? *Підказка:* вражайте, що світло від спалаху блискавки досягає ваших очей миттєво, а швидкість поширення звуку в повітрі приблизно дорівнює 340 м/с.

§ 10. ГРАФІКИ РІВНОМІРНОГО РУХУ

Спортсмен, велосипед якого має спідометр, рухається по трасі (рис. 10.1). Швидкість руху, яку показує спідометр у будь-який момент часу, дорівнює 5 м/с. Як описати рух цього спортсмена і взагалі будь-якого тіла за допомогою графіків? Згадаємо, адже графіки руху тіл ви вивчали в курсі математиці 6 класу.

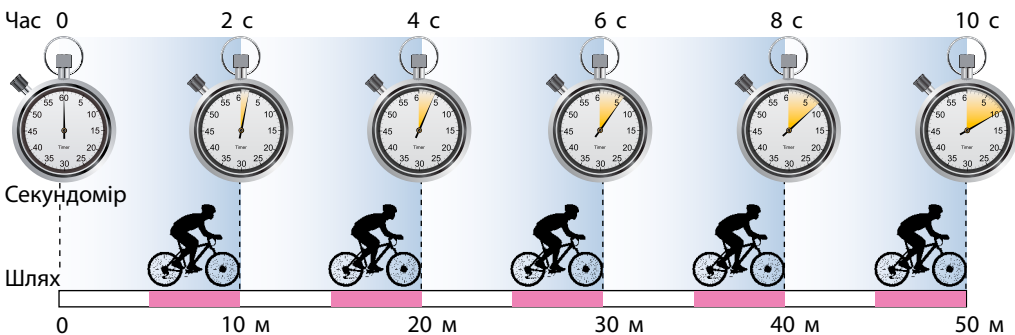


Рис. 10.1. Велосипедист рухається рівномірно: за будь-які рівні інтервали часу він долає однаковий шлях.

1 Будуємо графік залежності шляху від часу для рівномірного руху тіла

Побудуємо *графік залежності шляху*, що долає велосипедист (див. рис. 10.1), *від часу спостереження — графік шляху*.

Для побудови графіка виконаємо такі дії.

1. Заповнимо таблицю відповідних значень часу t руху спортсмена та шляху l , який він долає за цей час.

Зрозуміло, що в момент початку спостереження ($t=0$) шлях теж дорівнює нулю ($l=0$). За час $t=2$ с велосипедист подолає відстань 10 м:

$$l = v \cdot t = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 2 \text{ с} = 10 \text{ м. Міркуючи аналогічно, отримаємо:}$$

$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10
$l, \text{ м}$	0	10	20	30	40	50

2. Проведемо дві взаємно перпендикулярних осі.

На горизонтальній осі — осі абсцис — відкладемо час руху велосипедиста в секундах ($t, \text{ с}$) так, що одній клітинці відповідатиме інтервал часу 2 с. На вертикальній осі — осі ординат — відкладемо шлях у метрах ($l, \text{ м}$) так, що одній клітинці відповідатиме шлях, що дорівнює 10 м (рис. 10.2, а).

3. Побудуємо точки з координатами: (0; 0), (2; 10), (4; 20), (6; 30), (8; 40), (10; 50).

Абсциси зазначених точок відповідають часу руху спортсмена, ординати — шляху, який він подолав за цей час (рис. 10.2, б).

4. З'єднаємо побудовані точки лінією (рис. 10.2, в). Отриманий відрізок прямої — *графік шляху* велосипедиста.

Зверніть увагу! Велосипедист рухається рівномірно, тому шлях, який він долає, можна визначити за формулою $l = v \cdot t$, у будь-який момент часу $v = 5 \text{ м/с}$; тому можна записати: $l = 5t(\text{м})$, де час t задано в секундах. Рівність $l = 5t$ — *рівняння залежності шляху*, який долає велосипедист, *від часу спостереження*.

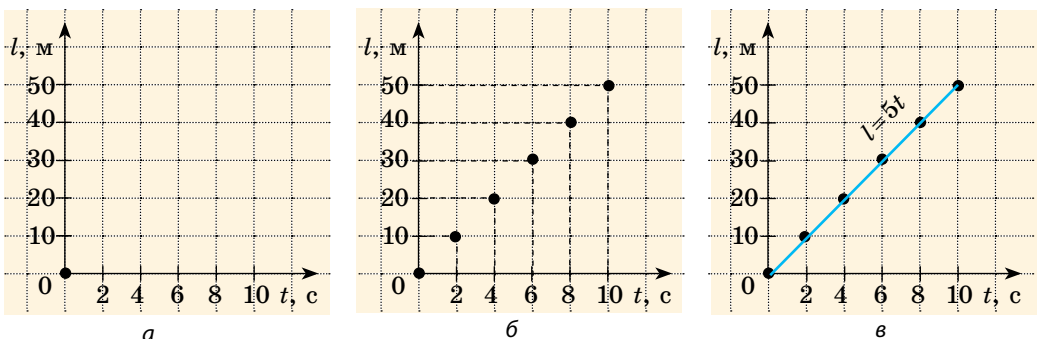


Рис. 10.2. Побудова графіку шляху велосипедиста, який рівномірно рухається зі швидкістю $v = 5 \text{ м/с}$

У разі рівномірного руху графік шляху — це завжди відрізок прямої, нахиленої під певним кутом до вісі часу. Тому для побудови графіка шляху достатньо знайти шлях l для двох значень часу t і через отримані дві точки провести відрізок прямої. Наприклад, будуючи графік шляху велосипедиста, слід взяти час початку спостереження ($t = 0$) і час закінчення спостереження ($t = 10$ с) (рис. 10.3).

2 З'ясуємо, про що можна дізнатися за графіком шляху

Графік шляху дає багато корисної інформації. За графіком шляху можна:

- 1) дізнатися про характер руху тіла;
- 2) визначити шлях, який долає тіло за певний інтервал часу;
- 3) визначити швидкість руху тіла;
- 4) порівняти швидкості руху тіл: чим більше швидкість руху тіла, тим більший кут між графіком шляху та віссю часу (рис. 10.4).

Розглянемо приклад.

Задача. За графіком шляху, який подолало тіло за 4 години (рис. 10.5), дізнайтеся: 1) як рухалось тіло; 2) який шлях подолало тіло за першу годину; за наступні дві години; 3) якою була швидкість руху тіла на кожній ділянці.

Розв'язання

Із графіка бачимо, що весь шлях складається з трьох ділянок, на кожній з яких тіло рухалось рівномірно (графік шляху тіла — відрізки прямих).

Ділянка I. За графіком шлях, який подолало тіло за першу годину, дорівнює 20 км, тому швидкість руху тіла становила:

$$v_I = \frac{l_I}{t_I} = \frac{20 \text{ км}}{1 \text{ год}} = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Ділянка II. За наступні 2 години тіло подолало шлях $l_{II} = 30 \text{ км} - 20 \text{ км} = 10 \text{ км}$. Відповідно швидкість руху тіла дорівнювала:

$$v_{II} = \frac{l_{II}}{t_{II}} = \frac{10 \text{ км}}{2 \text{ год}} = 5 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

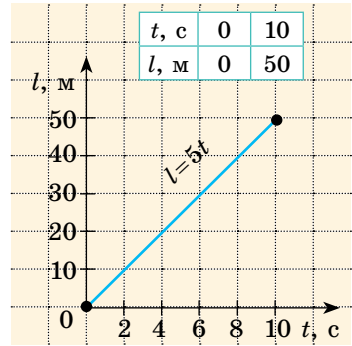


Рис. 10.3. Графік шляху для тіла, яке рухається з незмінною швидкістю 5 м/с

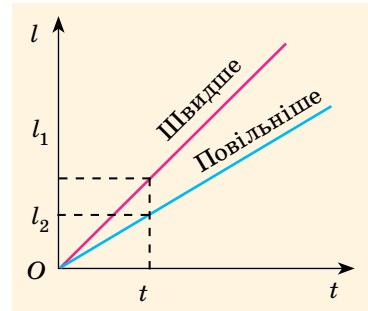


Рис. 10.4. За той самий час тіло, яке має більшу швидкість руху, долає більший шлях ($l_1 > l_2$)

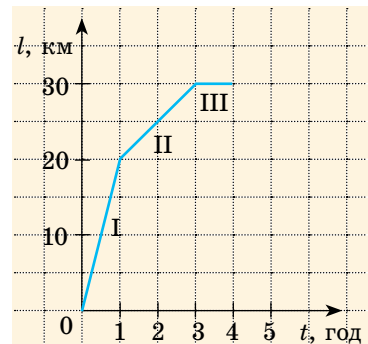


Рис. 10.5. До задачі в § 10

Ділянка III. Останню годину шлях не змінювався, отже, тіло зупинилось: $l_{III} = 30 \text{ км} - 30 \text{ км} = 0$; $v = 0$.

Аналіз результатів. Із графіка бачимо, що ділянка I графіка складає з віссю часу більший кут, ніж ділянка II. Тому ділянка I відповідає більшій швидкості руху тіла. Результат є цілком реальним.

3 Будуємо графік швидкості рівномірного руху тіла

Повернемося до велосипедиста, який рухається рівномірно зі швидкістю $v = 5 \text{ м/с}$ (див. рис. 10.1). Побудуємо графік залежності швидкості його руху від часу спостереження — *графік швидкості руху*.

Для побудови графіка виконаємо такі дії.

1. Заповнимо таблицю відповідних моментів часу t руху спортсмена та швидкості руху v , яку він мав у ці моменти часу:

$t, \text{ с}$	0	2	4	6	8	10
$v, \text{ м/с}$	5	5	5	5	5	5



Рис. 10.6. Графік швидкості руху велосипедиста, який рухається рівномірно зі швидкістю $v = 5 \text{ м/с}$. Час спостереження $t = 10 \text{ с}$

Спортсмен рухався рівномірно, тому швидкість його руху залишалась незмінною протягом усього часу спостереження.

2. Проведемо дві взаємно перпендикулярних осі. На осі абсцис відкладемо час руху в секундах ($t, \text{ с}$), на осі ординат — швидкість руху в метрах на секунду $\left(v, \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ (рис. 10.6).

3. Побудуємо точки з координатами $(0; 5)$, $(2; 5)$, $(4; 5)$, $(6; 5)$, $(8; 5)$, $(10; 5)$. Абсциси позначених точок відповідають часу руху спортсмена, ординати — швидкості його руху.

4. З'єднаємо точки лінією. Отриманий відрізок прямої — *графік швидкості руху* велосипедиста.

У разі рівномірного руху графік швидкості руху тіла — відрізок прямої, паралельної осі часу.

4 З'ясуємо, про що можна дізнатися за графіком швидкості руху тіла

Розглянемо графік швидкості руху деякого тіла (рис. 10.7, а) і дізнаємося про його рух якнайбільше.

1. Протягом інтервалу часу від 0 до 5 с і протягом інтервалу часу від 5 до 15 с тіло рухалось рівномірно, оскільки графік швидкості руху — відрізки прямих, які паралельні вісі часу.

2. Швидкість руху тіла протягом останніх 10 с спостереження більша, ніж протягом перших 5 с, оскільки друга ділянка графіка розташована вище від осі часу, ніж перша ділянка (рис. 10.7, б).

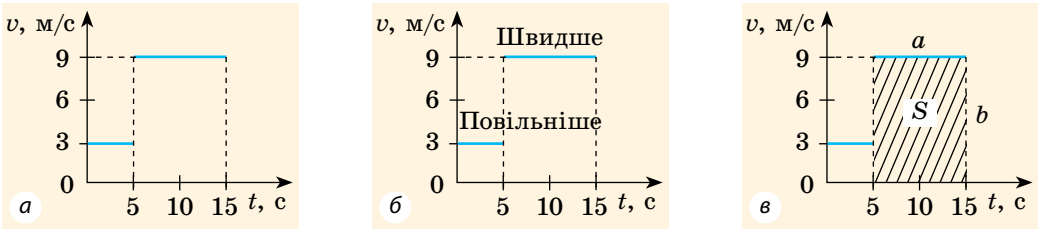


Рис. 10.7. Дослідження графіка швидкості руху тіла

У даному випадку:

$$v_1 = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ — на інтервалі часу від } 0 \text{ до } 5 \text{ с;}$$

$$v_2 = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ — на інтервалі часу від } 5 \text{ до } 15 \text{ с.}$$

3. Можна визначити шлях l , який пододало тіло (згадайте: $l = vt$). Наприклад, за інтервал часу від 5 до 15 с тіло пододало шлях 90 м:

$$l_2 = v_2 t_2 = 9 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (15 \text{ с} - 5 \text{ с}) = 90 \text{ м.}$$

Цей шлях *чисельно* дорівнює площі заштрихованого прямокутника (рис. 10.7, в):

$$S = a \cdot b = 10 \cdot 9 = 90; l = 90 \text{ м.}$$

Зверніть увагу! Для будь-якого руху числове значення шляху, який пододало тіло, дорівнює числовому значенню площі фігури під графіком швидкості руху цього тіла.



Підбиваємо підсумки

У разі рівномірного руху тіла графік шляху — це завжди відрізок прямої, нахиленої під певним кутом до вісі часу, а графік швидкості руху — це відрізок прямої, паралельної осі часу.

За графіком шляху можна: 1) дізнатися, як рухалось тіло; 2) знайти шлях, який долало тіло за певний інтервал часу; 3) визначити та порівняти швидкості руху тіл: чим більше швидкість руху тіла, тим більший кут між графіком шляху та віссю часу.

За графіком швидкості руху можна: 1) дізнатися, як рухалось тіло; 2) знайти шлях, який долало тіло за певний інтервал часу; 3) визначити та порівняти швидкості руху тіл: чим більше швидкість руху тіла, тим вище від осі часу розташований графік швидкості руху.



Контрольні запитання

- Який вигляд має графік шляху в разі рівномірного руху?
- Як за графіками шляхів двох тіл порівняти їхні швидкості руху?
- Який вигляд має графік швидкості рівномірного руху тіла?
- Як за графіками швидкостей двох тіл порівняти їхні швидкості руху?
- Як за графіком швидкості руху тіла визначити шлях, подоланий тілом?



Вправа № 10

- За поданими на рис. 1 графіками швидкості руху трьох тіл з'ясуйте, як рухались ці тіла; яке тіло рухалося найшвидше.
 - Ягуар, наздоганяючи здобич, може короткий час рухатися зі швидкістю 25 м/с. Побудуйте графік швидкості руху ягуара за 5 с спостереження. Покажіть на графіку шлях, який долає ягуар за цей час, і визначте цей шлях.
 - На рис. 2 зображені графіки шляхів для пішохода, велосипедиста й трактора, які рухаються зі швидкостями 4, 12 і 24 км/год відповідно. Який із зображених графіків якому тілу відповідає? Побудуйте графіки швидкості руху зазначених тіл.
 - Розгляньте графік польоту орла (рис. 3) і визначте: а) який шлях подолав орел за час спостереження; б) скільки часу орел відпочивав; в) яку відстань подолав орел за перші 25 с спостереження. Побудуйте графік швидкості руху орла.
 - Розгляньте графік швидкості руху тіла (рис. 4) і дізнайтесь: а) як рухалось тіло; б) якою була швидкість руху тіла на кожній ділянці; в) який шлях пододало тіло. Побудуйте графік шляху цього тіла.
 - Придумайте графічну задачу на рух із життя ваших улюблених героїв мультфільмів, розв'яжіть її та оформіть на окремому аркуші.
7. Із рівняння $v = \frac{l_1 + l_2}{t}$ знайдіть:
- v , якщо $l_1 = 15$, $l_2 = 20$, $t = 10$;
 - t , якщо $l_1 = 1$, $l_2 = 9$, $v = 4$;
 - l_1 , якщо $l_2 = 100$, $t = 5$, $v = 25$.

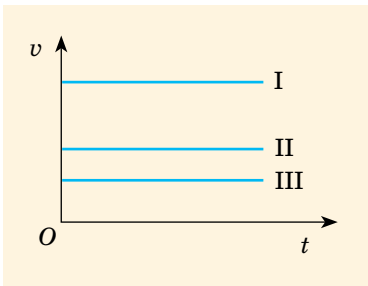


Рис. 1

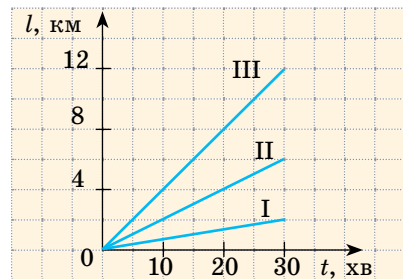


Рис. 2

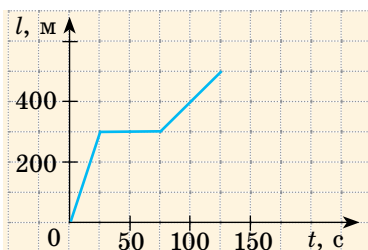


Рис. 3

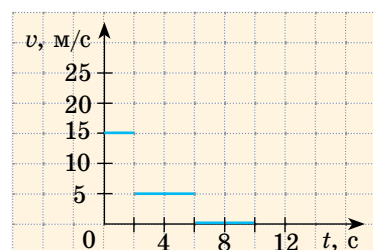


Рис. 4

§ 11. НЕРІВНОМІРНИЙ РУХ. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ НЕРІВНОМІРНОГО РУХУ

Напевне, вам доводилося їхати автобусом або потягом із одного міста до іншого. Згадайте: транспортний засіб час від часу гальмує, зупиняється, потім знову набирає швидкість... Стрілка спідометра весь час коливається і тільки іноді завмирає на місці. Чи можна назвати такий рух рівномірним? Звичайно, ні. А як називають такий рух? Як його описати? Дізнаємось із цього параграфа.

1 Спостерігаємо нерівномірний рух

У повсякденному житті ми зазвичай маємо справу з *нерівномірним рухом*. Так, нерівномірним є рух автобуса (рис. 11.1) та інших транспортних засобів, рух тіл, що падають, рух спортсменів на біговій доріжці. А ще згадайте, наприклад, як котиться м'яч, як ви рухаетесь під час прогулянки, на уроках фізкультури тощо.

Нерівномірний рух — це рух, під час якого тіло за рівні інтервали часу долає різний шлях.

Зверніть увагу! Під час нерівномірного руху значення швидкості руху тіла з часом змінюється.

? Спробуйте навести приклади нерівномірного руху.

Тепер можемо класифікувати *види механічного руху* (див. таблицю):

- за формою траєкторії — прямолінійний, криволінійний;
- за характером руху тіла — рівномірний, нерівномірний.



Рис. 11.1. Автобус рухається нерівномірно, час від часу гальмуючи, зупиняючись і знову розганяючись

Види механічного руху

за формою траєкторії		за характером руху тіла	
прямолінійний	криволінійний	рівномірний	нерівномірний
			
Траєкторія руху — пряма лінія	Траєкторія руху — крива лінія	Значення швидкості руху тіла не змінюється з часом	Значення швидкості руху тіла змінюється з часом



Рис. 11.2. Середня швидкість руху потяга — відношення відстані між початковою і кінцевою станціями до всього часу руху

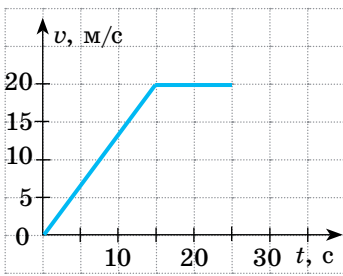


Рис. 11.3. Графік швидкості у випадку нерівномірного руху тіла

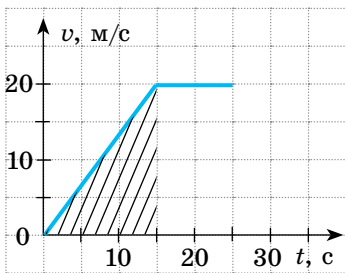


Рис. 11.4. Шлях, який пододало тіло за перші 15 с спостереження, чисельно дорівнює площі заштрихованого трикутника

2 Визначаємо середню швидкість руху тіла

Припустимо, що потяг пройшов 150 км (відстань між двома станціями) за 2,5 год. Якщо поділити 150 км на 2,5 год, отримаємо швидкість руху потяга — 60 км/год. Але ж потяг рухався нерівномірно! У такому випадку говорять, що отримано *середню швидкість руху* потяга (рис. 11.2).

Середня швидкість руху тіла $v_{\text{сеп}}$ — це фізична величина, що дорівнює відношенню всього шляху l , який пододало тіло, до інтервалу часу t , за який цей шлях подоланий:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t}$$

Зверніть увагу! У даному випадку t — це сума часу руху тіла та часу, витраченого на можливі зупинки в ході цього руху.

3 Аналізуємо графік швидкості нерівномірного руху тіла

Для опису нерівномірного руху тіла у випадку зручно використовувати графіки. Розглянемо графік швидкості нерівномірного руху деякого тіла (рис. 11.3). Скориставшись графіком, з'ясуємо: як рухалось тіло; який шлях пододало тіло за 25 с спостереження; якою була середня швидкість руху тіла на цьому шляху.

За графіком бачимо, що швидкість руху тіла протягом перших 15 с рівномірно збільшувалася від 0 до 20 м/с.

Для визначення шляху, який пододало тіло за цей час, згадаємо, що *числове значення шляху, який пододало тіло, дорівнює числовому значенню площі фігури під графіком швидкості руху тіла*. Отже, визначимо площу заштрихованого трикутника (рис. 11.4).

З рисунка бачимо, що площа заштрихованого трикутника становить половину площі прямокутника з «довжиною» 20 м/с і «шириною» 15 с. Площа прямокутника, в свою чергу, дорівнює добутку його довжини та ширини.

Таким чином, шлях l_1 , пройдений тілом за 15 с, становить:

$$l_1 = \frac{1}{2} \left(20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 15 \text{ с} \right) = \frac{300 \text{ м}}{2} = 150 \text{ м}.$$

Наступні 10 с тіло рухалось рівномірно зі швидкістю 20 м/с, тому шлях l_2 , подоланий тілом за цей час, дорівнює:

$$l_2 = v \cdot t = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10 \text{ с} = 200 \text{ м}.$$

Загальний шлях l , подоланий тілом за 25 с спостереження, становив 350 м:

$$l = 150 \text{ м} + 200 \text{ м} = 350 \text{ м}.$$

Знаючи шлях і час руху тіла, визначимо середню швидкість руху тіла:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t} = \frac{350 \text{ м}}{25 \text{ с}} = 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Графік шляху цього тіла наведений на рис. 11.5.

Зверніть увагу! Шлях не може зменшуватись, тому графік шляху або піднімається, або залишається горизонтальним, однак ніколи не опускається.

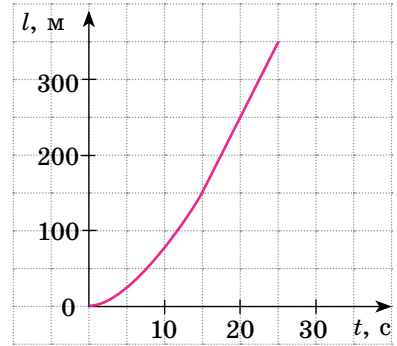
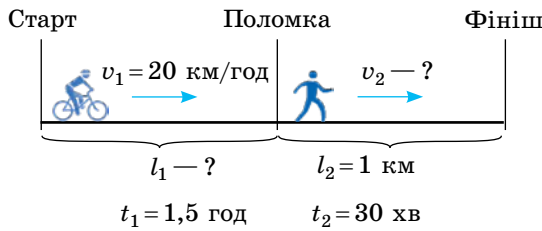


Рис. 11.5. Графік шляху у випадку нерівномірного руху тіла

4 Учимось розв'язувати задачі

Задача. Півтори години хлопчик їхав на велосипеді зі швидкістю 20 км/год. Потім велосипед зламався, й останній кілометр шляху хлопчик подолав пішки. Якою була середня швидкість руху хлопчика на всьому шляху, якщо пішки він ішов півгодини?

Аналіз фізичної проблеми. Виконаємо пояснювальний рисунок. Для визначення середньої швидкості руху слід знайти шлях, який подолав хлопчик, і час його руху. Час руху надано в годинах, шлях — у кілометрах, тому середню швидкість руху знайдемо в кілометрах за годину.



Дано:

$$t_1 = 1,5 \text{ год}$$

$$t_2 = 0,5 \text{ год}$$

$$v_1 = 20 \frac{\text{км}}{\text{год}}$$

$$l_2 = 1 \text{ км}$$

$$v_{\text{сеп}} = ?$$

Пошук математичної моделі, розв'язання.

За означенням: $v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t}$.

Шлях l , який подолав хлопчик, дорівнює: $l = l_1 + l_2$, де

$l_1 = v_1 t_1$ — шлях, подоланий на велосипеді; l_2 — шлях, пройдений пішки.

Загальний час, витрачений на подорож: $t = t_1 + t_2$.

Підставивши вирази для l і t у формулу середньої швидкості, отримаємо:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t} = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2} = \frac{v_1 \cdot t_1 + l_2}{t_1 + t_2}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$\left[v_{\text{сеп}} \right] = \frac{\frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot \text{год} + \text{км}}{\text{год} + \text{год}} = \frac{\text{км}}{\text{год}}; \quad v_{\text{сеп}} = \frac{1,5 \cdot 20 + 1}{1,5 + 0,5} = \frac{31}{2} = 15,5 \left(\frac{\text{км}}{\text{год}} \right).$$

Аналіз результатів. Хлопчик їхав на велосипеді зі швидкістю 20 км/год, ішов пішки зі швидкістю $v_2 = \frac{l_2}{t_2} = 2 \frac{\text{км}}{\text{год}}$; визначена середня швидкість його руху є меншою від 20 км/год і більшою за 2 км/год. Результат є правдоподібним.

Відповідь: $v_{\text{сеп}} = 15,5 \frac{\text{км}}{\text{год}}$.



Підбиваємо підсумки

Нерівномірний рух — це рух, у ході якого тіло за рівні інтервали часу долає різний шлях.

Види механічного руху: за формою траєкторії — прямолінійний і криволінійний; за залежністю швидкості руху від часу — рівномірний і нерівномірний.

Середня швидкість руху тіла дорівнює відношенню всього шляху, який пододало тіло, до інтервалу часу, за який цей шлях подоланий:

$$v_{\text{сеп}} = \frac{l}{t}.$$



Контрольні запитання

1. Який рух називають нерівномірним? Наведіть приклади. **2.** Назвіть види механічного руху. Наведіть приклади. **3.** Дайте означення середньої швидкості руху тіла. Як її визначити? **4.** Як за графіком швидкості руху тіла знайти шлях, який пододало тіло за певний інтервал часу?

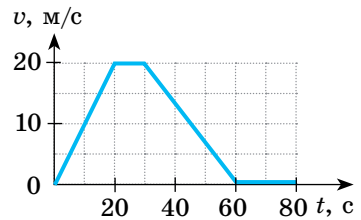


Вправа № 11

1. Наведіть приклади: а) прямолінійного рівномірного руху; б) прямолінійного нерівномірного руху; в) криволінійного рівномірного руху; г) криволінійного нерівномірного руху.

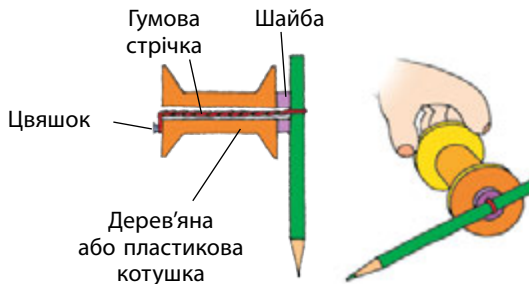
2. Хлопчик вийшов зі школи та пішов додому. Перший кілометр шляху він подолав за 0,2 год, а решту 2 км його підвіз на велосипеді друг, витративши на це 0,1 год. Із якою середньою швидкістю рухався хлопчик?

3. Потяг за 1 год пройшов 60 км. Потім він рухався ще 30 хв зі швидкістю 90 км/год. Визначте середню швидкість руху потяга?
4. За графіком шляху тіла (див. рис. 11.5) визначте середню швидкість руху тіла: а) за перші 15 с спостереження; б) за перші 20 с спостереження; в) за останні 10 с спостереження.
5. Першу половину часу польоту літак рухався зі швидкістю 600 км/год, а решту часу — зі швидкістю 800 км/год. Знайдіть середню швидкість руху літака.
6. Першу половину шляху автомобіль рухався зі швидкістю 60 км/год, а другу половину — зі швидкістю 100 км/год. Знайдіть середню швидкість руху автомобіля.
7. На рисунку зображений графік швидкості руху автомобіля. Skorиставшись графіком:
 - а) опишіть, як рухався автомобіль;
 - б) визначте шлях, який подолав автомобіль;
 - в) дізнайтеся, скільки часу автомобіль рухався з незмінною швидкістю;
 - г) визначте середню швидкість руху автомобіля за першу хвилину спостереження; за весь час спостереження;
 - д) наведіть приклади, коли можна спостерігати такий рух автомобіля.
8. Знайдіть карту залізничних доріг вашої області та розклад руху будь-якої приміської електрички. Skorиставшись цими даними, визначте середні швидкості руху електрички в обох напрямках слідування; між кількома проміжними станціями.

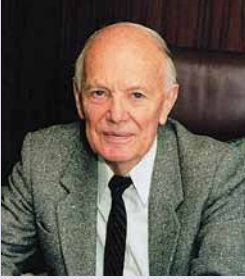


Експериментальні завдання

1. «Я у фізиці». Визначте середню швидкість, з якою ви зазвичай рухаєтесь від дому до школи.
2. «Гумовий двигун». Зробіть «гумовий двигун» (див. рисунок). За допомогою олівця закрутіть гумову стрічку та покладіть котушку на горизонтальну поверхню. Опишіть спостережуваний рух. Що можна «прочитати» зі сліду олівця? Визначте середню швидкість руху котушки за час праці «гумового двигуна».



i Фізика і техніка в Україні



Борис Євгенович Патон народився в 1918 р. у Києві. Світову славу йому принесли дослідження в галузі електродугового зварювання та створення зварювальних автоматів, які використовують у різних галузях промисловості та будівництва.

У 1953 р. Б. Є. Патон став директором Інституту електрозварювання імені Є. О. Патона (Київ). Учений очолив дослідження, в результаті яких сформувався цілком новий напрям у сучасній металургії, що здобув визнання в усьому світі.

За керівництвом Б. Є. Патона створено електрошлаковий процес для підвищення якості іржостійких сталей, започатковано зварювання в космосі. Учений запропонував і втілює у практику зварювання тканин людини під час хірургічних операцій. Ця методика зберегла життя тисячам хворих і зараз використовується у всьому світі.

У 1958 р. вчений був обраний дійсним членом Академії наук України, а з 1962 р. є її незмінним президентом.