ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

НАВЧАННЯ
БЕЗ МЕЖ

ФІЗИКА 7

За редакцією Станіслава Довгого



Видавництво "Ранок"

ІНСТРУКЦІЯ З БЕЗПЕКИ ДЛЯ УЧНЯ / УЧЕНИЦІ ПІД ЧАС ЗАНЯТЬ У КАБІНЕТІ ФІЗИКИ

1. Загальні положення

1.1. У кабінеті фізики необхідно суворо дотримуватися правил безпеки та правил внутрішнього розпорядку закладу освіти, установлених норм і режимів праці та відпочинку.
1.2. У кабінеті фізики можна перебувати тільки в присутності вчителя / вчительки або лаборанта / лаборантки.
1.3. Про кожний нещасний випадок, що трапився під час освітнього процесу, необхідно негайно повідомити вчителя / вчительку.
1.4. Про вихід із ладу або несправність обладнання необхідно негайно повідомити вчителя / вчительку.

2. Вимоги безпеки в екстремальних ситуаціях

2.1. У разі травмування, нездужання тощо негайно повідомте про це вчителя / вчительку.
2.2. У разі виникнення загоряння, пожежі тощо негайно повідомте про це вчителя / вчительку.
2.3. У випадку евакуації чітко виконуйте розпорядження вчителя / вчительки.

3. Вимоги безпеки перед початком роботи (експериментального дослідження, фронтального експерименту, лабораторної роботи)

3.1. Чітко з'ясуйте порядок і правила виконання роботи.
3.2. Звільніть робоче місце від усіх не потрібних для роботи предметів і матеріалів.
3.3. Перевірте наявність і надійність з'єднувальних проводів, приладів та інших предметів, необхідних для виконання завдань.
3.4. Починайте виконувати роботу тільки з дозволу вчителя / вчительки.
3.5. Виконуйте тільки ті завдання, які передбачені в роботі або доручені вчителем / вчителькою.

4. Вимоги безпеки під час роботи

4.1. Працюйте лише на своєму робочому місці.
4.2. Будьте уважні й дисципліновані, точно виконуйте вказівки вчителя / вчительки.
4.3. Розміщуйте прилади, матеріали, обладнання на робочому місці так, щоб запобігти їх падінню або перекиданню.

Підручник "Ранок"

4.4. Під час проведення дослідів не допускайте граничних навантажень вимірювальних приладів.
4.5. Стежте за справністю всіх кріплень у приладах і пристроях. Не торкайтесь обертових частин машин і не нахиляйтеся над ними.
4.6. Для запобігання падінню скляних посудин або приладів обережно закріплюйте їх у лапці штатива або розташовуйте на спеціальній підставці. Термометр одразу після проведення вимірювань кладіть у футляр.
4.7. Забороняється користуватися лабораторним посудом із відколотими краями та за наявності тріщин.
4.8. Якщо скляна посудина або прилад розбилися, не торкайтеся осколків незахищеними руками — користуйтеся совком і щіткою.
4.9. Не розташовуйте поблизу нагрівальних приладів легкозаймисті рідини. Під час переливання не допускайте їх розливання.
4.10. Не вмикайте без дозволу електричне обладнання; не усувайте самостійно несправності електромережі й електрообладнання.
4.11. Складаючи електричне коло, уникайте перетину провідників; заборонено користуватися провідниками зі спрацьованою ізоляцією та вимикачами відкритого типу.
4.12. Складене коло вмикайте тільки після перевірки та з дозволу вчителя / вчительки. Наявність напруги в колі можна перевіряти тільки спеціальними приладами або індикаторами напруги.
4.13. Не торкайтесь елементів електричного кола, що не мають ізоляції та перебувають під напругою. Не виконуйте з'єднання в колах і не замінюйте запобіжники до вимикання джерела електроживлення.
4.14. Користуйтесь інструментами із заізольованими ручками.
4.15. Не залишайте робоче місце без дозволу вчителя / вчительки.
4.16. Виявивши несправність в електричному обладнанні, що перебуває під напругою, негайно повідомте вчителя / вчительку.
4.17. Для приєднання споживачів до мережі користуйтеся штепсельними з'єднаннями.

5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

5.1. Обов'язково приберіть своє робоче місце. Прибирання виконуйте тільки з дозволу вчителя / вчительки.
5.2. Електричне коло розбирайте тільки після вимкнення джерела електроживлення.

ВИДАВНИЦТВО "ГЕНЕЗА"

ФІЗИКА 7

Підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти

За редакцією Станіслава Довгого

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України

rnk.com.ua/106125

Електронний
інтерактивний додаток
до підручника

Київ · Харків
Видавництво «Ранок»
2024

Підручник
Видавництво "Ранок"

УДК 37.016:53(075.3)
Ф 48

Авторський колектив:
Віктор Бар'яхтар, Фаїна Божинова, Станіслав Довгий,
Микола Кірюхін, Олена Кірюхіна

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 05.02.2024 № 124)

Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено

Підручник створено відповідно до модельної навчальної програми «Фізика. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (автори Кремінський Б. Г., Гельфгат І. М., Божинова Ф. Я., Ненашев І. Ю., Кірюхіна О. О.)

Рецензенти:
І. М. Гельфгат, учитель фізики комунального закладу «Харківський фізико-математичний науковий ліцей № 27 Харківської міської ради», учитель-методист, заслужений вчитель України, кандидат фізико-математичних наук;
С. В. Каплун, завідувачка кафедри методики природничо-математичної освіти КВНЗ «Харківська академія неперервної освіти», кандидат педагогічних наук, доцент, відмінник освіти;
А. Б. Трофімчук, методист лабораторії природничо-математичної освіти та технологій Рівненського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти

Ілюстрації *Володимира Хорошенка*
Обкладинка *Марії Соловйової*

Фізика : підруч. для 7 кл. закл. загал. серед. освіти / [В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, С. О. Довгий, М. М. Кірюхін, О. О. Кірюхіна] ; за ред. С. О. Довгого. — Х. : Вид-во «Ранок», 2024. — 272 с. : іл., фот.
Ф 48
ISBN 978-617-09-8758-7

УДК 37.016:53(075.3)

Електронний інтерактивний додаток до підручника доступний за QR-кодом або посиланням **rnk.com.ua/106125**

ЗРОБЛЕНО В УКРАЇНІ

© Бар'яхтар В. Г., Божинова Ф. Я., Довгий С. О., Кірюхін М. М., Кірюхіна О. О., 2024
© Хорошенко В. Д., ілюстрації, 2024
© Вірченко М. Ю., фотографії, 2024
© Соловйова М. І., обкладинка, 2024
© ТОВ Видавництво «Ранок», 2024

ISBN 978-617-09-8758-7

ВИДАВНИЦТВО «РАНОК»

Дорогі учні та учениці!

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.

Будьте уважними й наполегливими, вивчаючи зміст кожного параграфа, не обминайте додаткових рубрик, і ви зможете застосовувати здобуті знання в повсякденному житті. Приклади практичного застосування фізики ви знайдете в рубриці *«Чи знаєте ви, що...»*. Розвинути критичне мислення, необхідне для ефективного навчання та успішної реалізації в дорослому житті, допоможе рубрика *«А як насправді?»*.

Зверніть увагу: параграфи завершуються рубриками *«Підбиваємо підсумки»*, *«Контрольні запитання»*, *«Вправа»*.

Рубрика *«Підбиваємо підсумки»*, яку подано у вигляді опорних конспектів, акцентує увагу на головному. *«Контрольні запитання»* дають змогу з'ясувати, чи зрозуміли ви вивчений матеріал. Рубрика *«Вправа»* допоможе перевірити, чи можете ви застосувати отримані знання на практиці. Завдання рубрики диференційовані за рівнями складності. Номери завдань позначено відповідними кольорами (у порядку підвищення складності): синій, зелений, оранжевий, червоний. Фіолетовим кольором позначено завдання для формування інформаційно-комунікаційної компетентності.

Безумовно, корисним буде для вас *електронний додаток*, де подано тренувальні тестові завдання з комп'ютерною перевіркою, відеоролики з демонстраціями лабораторних робіт, певних фізичних дослідів або процесів. Про наявність таких додаткових матеріалів вас інформуватиме QR-код.

Фізика — наука насамперед експериментальна, тому на вас очікують *дослідження*, *експериментальні завдання* та *лабораторні роботи*. Обов'язково виконуйте їх — і ви будете краще розуміти фізику.

Наприкінці кожного розділу (теми) запропоновано рубрики *«Підбиваємо підсумки розділу»* і *«Завдання для самоперевірки»*, які допоможуть систематизувати знання, будуть корисними під час підготовки до контрольних робіт.

Сформувати адаптивність і здатність до співпраці допоможе активна участь у реалізації *навчальних проєктів*, теми яких зазначено в підручнику.

Для тих, хто хоче більше дізнатися про розвиток фізичної науки й техніки в Україні та світі, знайдеться чимало цікавого й корисного в рубриці *«Фізика і техніка в Україні»*.

ВІДЕОУРОКИ ВРАНОК

ПЕРЕКИДАЄМО МІСТОК ВІД ВІДОМОГО ДО НЕВІДОМОГО



Алгоритми розв'язання фізичних задач

Електронний інтерактивний додаток

Приклади практичного застосування фізики



Ілюстрації з поясненнями

Дослідження із застосуванням підручних засобів

Означення

Запитання для обмірковування

Підказки



Завдання і задачі

Тематичне узагальнення



Опорні конспекти

Завдання для розвитку критичного мислення

Пошуково-дослідницькі завдання

Електронний додаток

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ПІЗНАННЯ ПРИРОДИ. ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА

Ви знаєте, як виміряти довжину предмета, а дізнаєтесь, як визначити розмір молекули

Ви вмієте визначати об'єм прямокутного паралелепіпеда, а навчитеся вимірювати об'єм тіла будь-якої форми

Ви знаєте, із чого складається будь-яка речовина, а дізнаєтесь, із чого складається Всесвіт

rnk.com.ua/
106638

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

Кубик льоду в теплій воді розтане, а вода охолоне. Інакше не буває: не з'являться ані два кубики льоду, ані гаряча вода. Незалежно від якості гальм, для зупинки тіла потрібен час. Інакше не буває: миттєва зупинка неможлива. Спалах блискавки передує гуркоту грому. Інакше не буває: світло швидше за звук. А чому не буває — знає фізика. Отже, рушаймо у світ фізики!

1. Дива чи закони природи?

Згадайте: ви впустили ручку на підлогу. Що в цьому дивного? Якщо ви повторите цю дію навіть 1000 разів, ручка знову падатиме вниз — у жодному разі вона не полетить угору. Отже, ми виявили правило. Ось ще одне правило: щоранку, без винятків, сонце піднімається над обрієм.

Усе, що відбувається в природі, відбувається за певними правилами. Ці правила називають законами природи. Саме вивченню законів природи та їх застосуванню й присвячений курс фізики, знайомство з яким ви розпочинаєте.



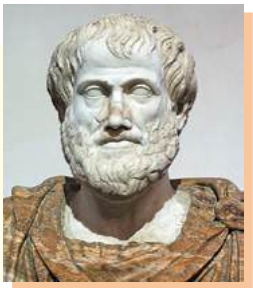
Рис. 1.1. Намагаючись зрозуміти навколишній світ, людина ставить перед собою безліч питань і шукає відповіді на них

Видавництво "Ранок"

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Засновником фізики вважають давньогрецького філософа *Аристотеля* (384–322 рр. до н. е.). Працю, у якій Аристотель систематизував природничі знання свого часу, він назвав «Фізика».



2. Як усе починалось?

У далеку давнину людей спонукали до вивчення природи передусім практичні потреби: захиститися від негоди, хижаків, зібрати врожай, врятуватися від ворогів тощо. До того ж допитливість, властива людині, штовхала її до пошуку відповідей на численні питання (рис. 1.1): як виникла Земля? як літають птахи? звідки з'явилася сама людина? Так почала зароджуватися наука про природу, яку сьогодні називають *природознавством*. Із часом обсяг знань збільшувався і єдина «наука про природу» почала розпадатися на окремі дисципліни (рис. 1.2).



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

3. Чому саме фізика є основною серед природничих наук?

По-перше, фізика вивчає найбільш загальні закономірності, які визначають структуру та поведінку найрізноманітніших об'єктів — від гігантських зір до крихітних елементарних частинок, із яких складаються атоми.

По-друге, закони природи є основою будь-якої природничої науки. Наприклад, в астрономії закони природи пояснюють причини світіння та будову зір. У хімії саме фізика пояснює напрямок перебігу хімічних реакцій. Але найбільше фізичні дослідження вплинули на розвиток техніки. Лікарі, будівельники, енергетики, машинобудівники тощо користуються пристроями і технологіями, створення яких стало можливим завдяки знанню законів фізики.

Підручник видавництва «Ранок»

Успіху фізики як науки сприяло створення своєрідної мови — мови фізики, яку однаково розуміють у різних куточках планети. Почнемо її вивчати з визначення, що таке фізика.

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

4. Що таке фізичні тіла та фізичні явища?

Будь-яке фізичне тіло (рис. 1.3) складається з *речовини* або *суміші речовин* — заліза, води, пластику, повітря тощо.

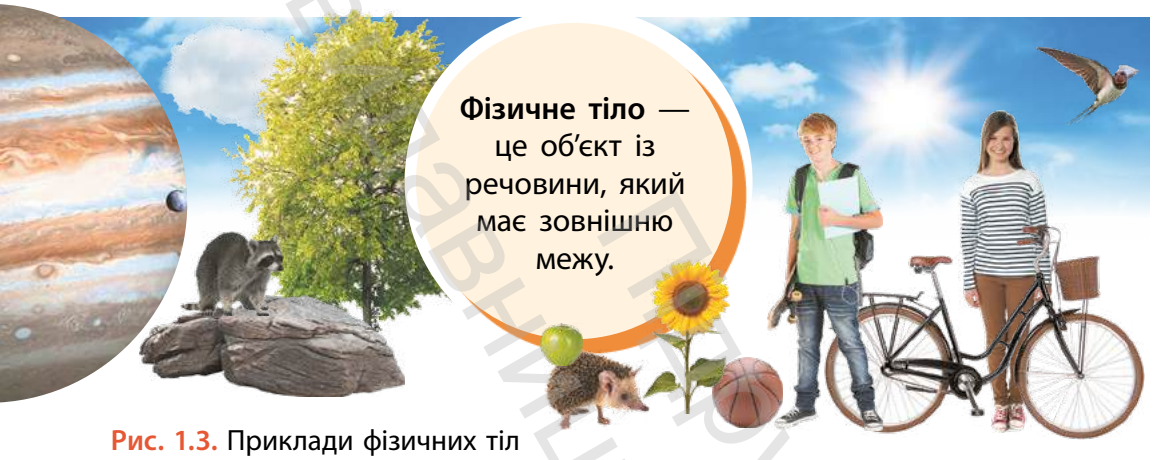


Рис. 1.3. Приклади фізичних тіл

Наведіть приклади фізичних тіл, які складаються з води; дерева; пластмаси.



Зміни в природі називають *природними явищами* (рис. 1.4). Щоб краще зрозуміти складні природні явища, учені розглядають їх як **сукупність фізичних явищ** — *явищ, які можна описати за допомогою відповідних фізичних законів*.



Рис. 1.4. Приклади природних явищ

* *Матерія* — це все, що існує у Всесвіті. Детальніше про те, що таке матерія, ви дізнаєтеся в § 4.

Електронний архів підручників видавництва "Ранок"

Наприклад, грозу можна розглядати як сукупність блискавки (електромагнітне явище), гуркоту грому (звукове явище), руху хмар, падіння крапель дощу (механічні явища) та ін. (рис. 1.5).

Розгляньте таблицю (розподіл у ній є дещо умовним: світлові явища є окремим випадком електромагнітних явищ). Що може бути спільного між запуском супутника, бігом коня, обертанням Землі? Відповідь проста. Усі ці явища є *механічними* та описуються одними законами — *законами механічного руху*.

Фізичні явища	Приклади
Механічні	Запуск супутника, падіння каменя, біг коня, обертання Землі навколо Сонця
Теплові	Замерзання води, танення снігу, нагрівання їжі, згоряння палива у двигуні
Електромагнітні	Розряд блискавки, електризація волосся, притягання магнітів
Світлові	Світіння електричної лампочки, сонячні та місячні затемнення, веселка

Наведемо ще приклад. Знімаючи светр, ви, напевно, звертали увагу на крихітні іскорки, які при цьому з'являються. Не лише ці іскорки, а й сліпучі спалахи електрозварювання та потужний розряд блискавки однаково належать до *електромагнітних явищ*, а отже,



Рис. 1.5. Складне природне явище — гроза — являє собою сукупність різних фізичних явищ

ВИДАВНИЦТВО «ПЕРУН»





Рис. 1.6. Приклади електромагнітних явищ

підпорядковуються одним законам (рис. 1.6). Дослідження цих безпечних іскорок допомагає вченим створювати системи захисту від блискавок і розробляти новітні технології електрозварювання.

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: мобільний телефон, не підключений до інтернету. Продемонструйте за допомогою телефона мінімум 3 фізичних явища.

А ЯК НАСПРАВДІ?



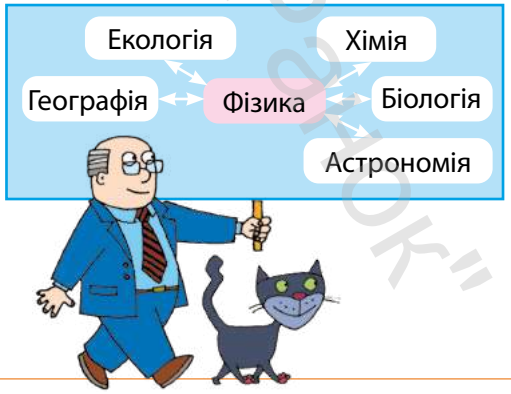
На знімках із космосу (відстань до поверхні Землі близько 100 км) можна побачити, наприклад, невеликі міста. Але неможливо з Харкова побачити Полтаву, з Києва — Житомир, а зі Львова — Тернопіль, хоча в кожному разі дистанція не перевищує 150 км. Один із журналістів припустив, що перешкодою є хмари на межах областей, другий стверджував, що забудова міст, а третій наполягав, що причина криється у формі Землі. Хто, на вашу думку, мав рацію?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

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

Природні явища — це будь-які зміни, що відбуваються в природі.

Фізичні явища:
- ✓ теплові
- ✓ світлові
- ✓ механічні
- ✓ звукові
- ✓ електромагнітні





Електронний варіант підручника "Ранок"



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть приклади фізичних тіл. Зазначте, у якому агрегатному стані перебувають речовини, з яких складаються ці тіла. **2.** Наведіть приклади фізичних явищ: електромагнітних, теплових, світлових, механічних, звукових. **3.** Що вивчає фізика? **4.** Чому фізика є основною природничою наукою? **5.** Наведіть аргументи, які підтверджують, що фізика є основою техніки.



ВПРАВА № 1

1. Назвіть речовини, з яких складаються такі тіла: підручник, олівець, футбольний м'яч, склянка, автомобіль.

2. З'ясуйте, яке первинне значення слова «фізика».

3. Знайдіть у реченні приклади фізичного тіла, речовини, фізичного явища. Заповніть таблицю*.

Дівчинка поклала кубики льоду в склянку із соком і так захопилася спілкуванням із друзями, що не помітила, як лід розтанув.

Фізичне тіло	Речовина	Фізичне явище

4. Визначте, про яке фізичне явище йдеться в кожному реченні.

Обертається гвинт м'ясорубки. Овочі нагрілися на грилі. У безхмарний день небо опівдні блакитне.

5. Які фізичні явища можна «побачити» в таких природних явищах: дощ; вітер; виверження вулкана; повінь; сходження лавини; «падіння» зорі?

6. Наведіть приклади застосування фізичних знань у побуті.

---

* Такі таблиці, подані в підручнику, потрібно переносити до зошита. Кількість рядків у них зазвичай необхідно збільшити.

Ключові терміни

Фізика • Фізичні тіла • Фізичні явища • Речовина

Підручник видавництва "Ранок"

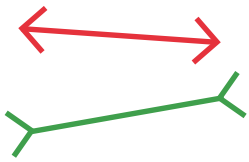


rnk.com.ua/106640

§ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАКОНІВ ПРИРОДИ

Під час спостережень за навколишнім світом ви отримуєте нові знання. Наприклад, ви самостійно встановили, що сонце щовечора заходить за обрій, а зранку піднімається над ним, дим із труби за безвітряної погоди здіймається вгору, сонячні промені нагрівають землю, крижинка холодить долоню. А як учені одержують нові знання про навколишній світ? Якими методами користуються?

ПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ. Розгляньте зображені відрізки. Який відрізок за результатами спостереження є коротшим?



1. Навіщо проводити експерименти?

Пошук відповіді на питання ви почали зі *спостереження* і, напевно, дійшли висновку, що червоний відрізок коротший від зеленого. Тепер виміряйте довжини відрізків лінійкою. Результати вимірювання свідчать, що довжини відрізків є однаковими.

Тож ви переконалися, що спостереження може призвести до хибних висновків. Тому, щоб перевірити інформацію, отриману в ході спостережень, учені проводять *експерименти (досліди)*.

Експеримент (дослід, експериментальне дослідження) — це дослідження фізичного явища в умовах, що перебувають під контролем дослідника, яке супроводжується вимірюваннями.

2. Які основні етапи отримання нових знань у ході фізичних досліджень?

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

Підручник для ознайомлення

У 5 класі ви вже проводили природничі дослідження, отже, знаєте, що дослідження складається з певних етапів. Розглянемо їх докладніше.

Основні етапи фізичних досліджень[*]

Етап 1. Спостереження.
Етап 2. Аналіз інформації, яку отримано в ході спостереження.
Етап 3. Визначення чинників, які суттєво впливають на явище.
Етап 4. Моделювання явища. Проведення розрахунків.
Етап 5. Формулювання гіпотези (припущення), що пов'язана з досліджуваним явищем.
Етап 6. Експеримент для перевірки гіпотези.
Етап 7. Опрацювання результатів експерименту (проведення розрахунків у разі потреби).
Етап 8. Формулювання висновків та отримання нових знань.

Усі дослідники природи під час своїх досліджень проходять зазначені етапи.

Послідовність етапів отримання нових знань у ході фізичних досліджень можна подати як спіраль, що складається з повторюваних елементів (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Етапи отримання нових знань

3. За допомогою яких методів досліджують закони природи?

Основними методами досліджень законів природи й здобуття нових знань є **експериментальний** і **теоретичний**. Виникнення цих методів пов'язують з іменами двох видатних фізиків: італійця *Ґалілео Ґалілея* (рис. 2.2) та англійця *Ісаака Ньютона* (рис. 2.3). Простежимо, як це відбувалося.

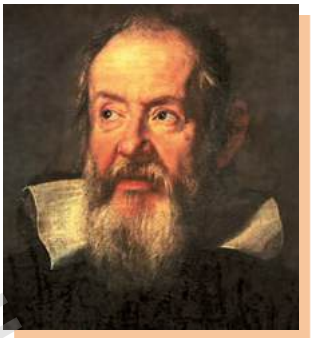


Рис. 2.2. Ґалілео Ґалілей (1564–1642)

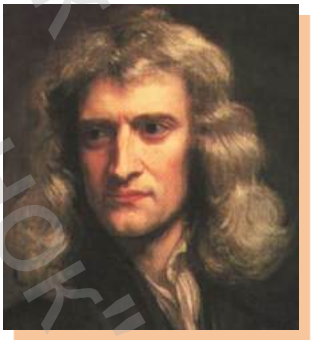


Рис. 2.3. Ісаак Ньютон (1642–1727)

[*] Зауважимо, що етапи, які наведено нижче, є етапами будь-якого наукового дослідження.

Видавництво "Ранок"



Спираючись на спостереження, філософи Стародавньої Греції зробили висновок, що важчі предмети завжди падають швидше, ніж легкі.

Цей висновок першим поставив під сумнів Ґалілео Ґалілей. Він зробив припущення, що час падіння тіл не залежить від їхньої маси і, якби не було опору повітря, усі тіла падали б однаково.

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

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: кілька однакових аркушів.

Візьміть аркуші та надайте їм, окрім одного, різної форми (складіть, зімніть тощо). Висуньте гіпотезу щодо швидкості падіння цих тіл. Перевірте свою гіпотезу експериментально. Прокоментуйте отримані результати.



Більш точні експерименти здійснив Ісаак Ньютон (рис. 2.4). Проте Ньютон не обмежився підтвердженням висновків Ґалілея. 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 підкоряються одному закону. Щоб обґрунтувати це твердження, вчений знову звернувся до математики. У результаті Ньютон відкрив *закон всесвітнього тяжіння* — створив **нове знання**.



* Докладніше про дослідження Галілея — див. електронний інтерактивний додаток до підручника.

Електронний додаток до підручника
Видавництво «Ранок»

Знайдіть у тексті на с. 14 підтвердження основних етапів фізичних досліджень. Який метод дослідження застосовано на кожному з етапів — теоретичний або експериментальний?



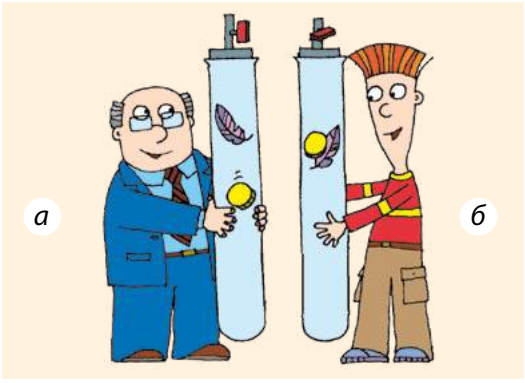


Рис. 2.4. Експерименти з «трубкою Ньютона»: у скляну трубку помістили монету і пташине перо. Тіла почали падіння одночасно. Через опір повітря перо «відстало» (*а*). Із трубки викачали повітря — тіла досягли дна трубки одночасно (*б*)

А ЯК НАСПРАВДІ?



У мережі можна знайти повідомлення про дослід американського астронавта Девіда Скотта під час місії «Аполлон-15». Наприкінці третього виходу на поверхню Місяця астронавт одночасно випустив із рук важкий молоток і легке перо. Дописувач у своєму повідомленні стверджує, що перо впало першим, оскільки на Місяці немає повітря. Чи погоджуєтеся ви з твердженням дописувача? А як насправді?



4. Яким є внесок фізики в дослідження Всесвіту?

Перелічимо відомі факти, а потім проаналізуємо, як фізика допомагає у формуванні сучасних уявлень про Всесвіт.

Ми живемо на третій планеті в зоряній системі із Сонцем у центрі. Сонячна система перебуває на периферії великого зоряного скупчення під назвою Молочний Шлях (або Чумацький Шлях). Таких зоряних скупчень — галактик — безліч у видимій частині Всесвіту. У складі галактик є зорі, що подібні до Сонця, є зорі — червоні гіганти, зорі — білі карлики, є чорні діри та інші екзотичні об'єкти.

Чи пов'язана зі створенням цих знань фізика? Безумовно!

Закон всесвітнього тяжіння дав змогу розрахувати орбіти планет Сонячної системи. Ці дані перевірено за допомогою телескопів і підтверджено завдяки польотам супутників. І телескопи,

Видавництво «Генеза»

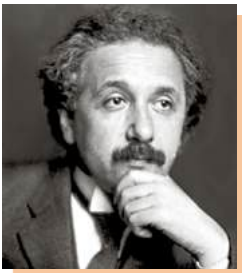


Рис. 2.5. Альберт Ейнштейн (1879–1955)

і супутники створені й працюють на основі фізичних законів. Теоретичний опис зоряних скупчень та їхніх складових ґрунтується на загальній теорії відносності, яку створив видатний фізик *Альберт Ейнштейн* (рис. 2.5).

Велике значення в дослідженні Всесвіту має аналіз різних типів випромінювання від зір та зоряних скупчень, який неможливо здійснити без знання законів фізики. Саме так досліджують «Стовпи Творіння» — газові хмари, з яких народжуються зорі (див. заставку до § 1).

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Великий адронний колайдер (див. заставку до § 2) являє собою кільце, всередині якого можна розмістити місто Бориспіль. Тут працюють близько 10 тисяч фахівців. Для проведення експериментів колайдер потребує приблизно такої електричної потужності, як велике місто. Дослідження на цьому гіганті крок за кроком дають ученим нові дані про будову матерії.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

ФІЗИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ — це цілеспрямоване отримання нових знань про фізичні тіла або явища.

Експеримент — це дослідження фізичного явища в умовах, що перебувають під контролем дослідника, яке супроводжується вимірюваннями.

ОСНОВНІ МЕТОДИ ФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



- Експериментальний ↔ Теоретичний
  - Експериментальний:
    - Спостереження
    - Експеримент (дослід)
  - Теоретичний:
    - Моделювання
    - Математичні розрахунки
    - Гіпотеза
    - Аналіз результатів





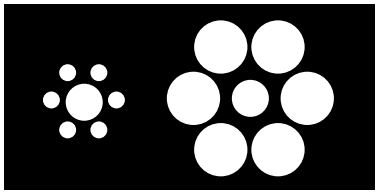


Електронний варіант підручника

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називають експериментом? 2. Чим різняться спостереження та експеримент? 3. Які основні етапи фізичних досліджень? 4. Назвіть основні методи фізичних досліджень. Наведіть приклади. 5. З іменами яких учених пов'язують виникнення сучасних методів досліджень законів природи? 6. Яким є внесок фізики в розвиток уявлень про Всесвіт?

ВПРАВА № 2



1. Який круг із поданих на рисунку є більшим — той, що оточений маленькими кругами, або той, що оточений великими? Яким методом дослідження можна скористатися, щоб отримати відповідь?

2. 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.

3. Щоб зменшити шкідливий вплив вихлопних газів на довкілля, вчені здійснили певні розрахунки та запропонували нову схему подачі палива для двигуна автомобіля. Щоб дізнатися, якою при цьому буде тяга двигуна, цю схему випробували на спеціальному стенді. У якому випадку вчені виконали експериментальне дослідження, а в якому — теоретичне? Відповідь обґрунтуйте.

4. Подайте основні етапи фізичних досліджень у вигляді презентації або інфографіки.

Ключові терміни

Фізичне дослідження • Спостереження • Експеримент • Методи фізичних досліджень

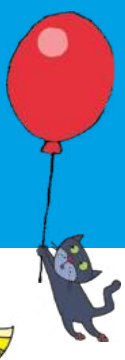
Електронний додаток
Видавництво «Ранок»



rnk.com.ua/106641

§ 3. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ ТА ЇХ ВИМІРЮВАННЯ

Як ви вважаєте, як часто люди виконують вимірювання? Наскільки важливо вміти робити це правильно? Яких наслідків очікувати, якщо результати вимірювань будуть хибними? Щоб відповісти на ці запитання, згадайте кілька приладів, якими ви й ваша родина користуєтесь майже щодня: годинник, ваги, термометр, спідометр, манометр... Сподіваємося, що ви переконалися в необхідності ретельно опрацювати цей параграф!

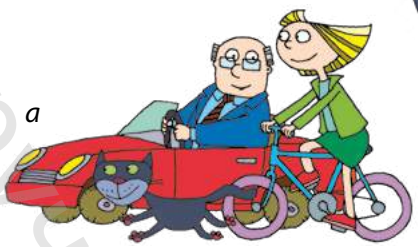


1. Що називають фізичною величиною?

Почнемо з вимірювань.

Завдання 1. На заставці до параграфа зображено спідометри двох автомобілів під час руху. Визначте швидкість руху кожного автомобіля.

Швидкість руху — приклад *фізичної величини*. Ця величина характеризує рух тіл (рис. 3.1, *а*).



а



б

Рис. 3.1. Для характеристики руху тіл використовують фізичну величину *швидкість руху (а)*; для характеристики властивості тіл займати певну частину простору — *об'єм (б)*

Завдання 2. Визначте довжину l, ширину d і висоту h бруска за допомогою лінійки, зображеної на рис. 3.2, та розрахуйте його об'єм.

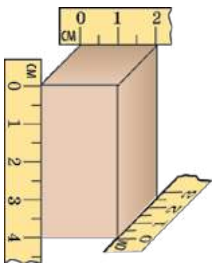


Рис. 3.2

Help

Об'єм даного тіла можна визначити за формулою $V = l \cdot d \cdot h$

Об'єм — приклад *фізичної величини*. Ця величина характеризує *загальну властивість* тіл займати певну частину простору. Зрозуміло, що об'єми тіл можуть суттєво різнитися (рис. 3.1, б).

Електронне підручникове видавництво

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

Об'єм і швидкість руху — це аж ніяк не всі фізичні величини, якими оперує фізика. Навіть у повсякденному житті ми маємо справу з великою кількістю фізичних величин: довжина, площа, маса, час, шлях, температура, тиск тощо.

Яку фізичну величину вимірює людина під час застуди?



2. Як правильно записати значення фізичної величини?

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

Записуючи *значення фізичної величини*, треба навести **символ**, яким вона позначається, її **числове значення** та її **одиницю**.

Правильно записані результати вимірювань із завдань 1 і 2 мають виглядати так: $\upsilon_1 = 100$ км/год, $\upsilon_2 = 40$ км/год; $V = 20$ см^3.

3. Чому фізики зазвичай не вимірюють шлях кроками?

Вибір кроку за одиницю шляху не є вдалим, адже довжина кроку в усіх різна (рис. 3.3). Тож 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 — *Система Інтернаціональна (СІ)* (рис. 3.4).



Рис. 3.3. Якщо мама й син вимірюватимуть відстань у кроках, то, звісно, вони отримають різні результати

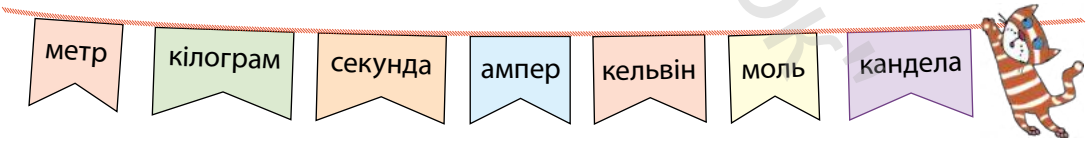


Рис. 3.4. Основні одиниці Міжнародної системи одиниць (СІ)

Підручник призначено для вивчення на рівні стандарту

У СІ одиницею довжини є *метр* (м), одиницею часу — *секунда* (с), об'єм вимірюється *в метрах кубічних* ($м^3$), швидкість руху — *в метрах за секунду* (м/с). Про інші одиниці СІ ви дізнаєтеся пізніше.

Вигадайте кілька одиниць фізичних величин, використання яких вам особисто було б зручним, а решті людства, скоріш за все, ні.



4. Чим кратні одиниці відрізняються від частинних?

Для зручного запису 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.

Назви кратних і частинних одиниць містять спеціальні префікси (див. таблицю). Наприклад, *кіло*метр (1000 м) — кратна одиниця довжини; *санти*метр (0,01 м) — частинна одиниця довжини.

Використання префіксів скорочує запис значень фізичних величин. Наприклад:

- об'єм великої дощової хмари $V = 32\,000\,000\,000$ $м^3 = 32$ $км^3$ (або $32\,000\,000\,000\,000$ л $= 32$ Тл; 1 л $= 0{,}001$ $м^3$);
- розмір краплини води у хмарі $d = 0{,}0001$ м $= 100$ мкм.

Префікси для утворення назв кратних і частинних одиниць

Префікс	Значення в перекладі з грецької або латинської мови	Позначення	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	0,000 001	10^{-6}
нано...	карлик	н	0,000 000 001	10^{-9}

Електронний підручник "Геній"



Рис. 3.5. «У мене знову підвищився тиск», — скаржиться жінка після вимірювання кров'яного тиску



Рис. 3.6. До відправлення потяга 2 хвилини — цей інтервал часу ви визначаєте за допомогою годинника

5. Як отримують значення фізичних величин?

Значення фізичних величин отримують шляхом *вимірювань* (рис. 3.5, 3.6).

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

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

У разі *прямого вимірювання* шукане значення фізичної величини отримують відразу, за показом вимірювального приладу (так, як ви зробили під час виконання завдання 1).

У разі *непрямого вимірювання* шукане значення фізичної величини визначають за певною формулою, підставивши в неї значення інших фізичних величин, отриманих у ході прямих вимірювань. Саме так ви робили під час виконання завдання 2.

6. Як визначити ціну поділки шкали приладу?

Зараз у науці, техніці та повсякденному житті застосовують як *електронні цифрові вимірювальні прилади*, у яких значення вимірюваної величини висвітлюється на екрані, так і вимірювальні прилади, під час користування якими значення вимірюваної величини користувач визначає *за шкалою* (рис. 3.7). Вимірювальний прилад зазвичай містить інформацію щодо одиниць, у яких подається значення вимірюваної цим приладом величини*.

* Зверніть увагу: значна кількість виробників зазначає одиниці англійською. Наприклад, на багатьох спідометрах можна побачити «km/h».

Підручник вилучено з електронного ресурсу



Рис. 3.7. Вимірювальні прилади: *а* — зі шкалою; *б* — електронні цифрові

За шкалою можна встановити дві найважливіші характеристики вимірювального приладу: *ціну поділки шкали приладу та межі вимірювання**. Ці характеристики необхідно враховувати, щоб не робити помилок під час вимірювання.

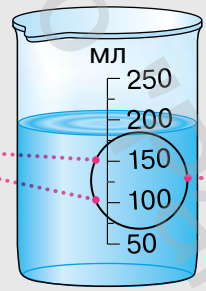
Виберіть на рис. 3.7 мінімум 5 приладів. Для вимірювання яких фізичних величин вони призначені?



Ціна поділки шкали вимірювального приладу — це значення фізичної величини, що відповідає найменшій поділці шкали цього приладу.

Щоб визначити ціну поділки шкали вимірювального приладу, необхідно:

1) вибрати два найближчі значення величини, які подано на шкалі, та знайти їх різницю;
2) визначити кількість поділок між рисками, поряд із якими вказано ці значення;
3) отриману різницю поділити на кількість поділок.



1) 150 мл і 100 мл; 150 мл – 100 мл = = 50 мл;
2) 2 поділки;
3) 50 мл / 2 = 25 мл.

Отже, ціна поділки шкали приладу становить $C = 25$ мл.

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

ВИДАВНИЦТВО "ПІДРУЧНИК НОВИЙ"

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: мірна посудина; посудини з водою і пшоном (піском); тверде тіло; нитка.

Виміряйте об'єми: твердого тіла, пшона (піску). Проаналізуйте різні способи вимірювання об'єму твердого тіла. Коли доцільно використовувати той чи інший спосіб?



Щоб виміряти об'єм твердого тіла за допомогою мірної посудини, треба:

1) налити в мірну посудину воду об'ємом V_1, причому води треба налити стільки, щоб можна було занурити в неї досліджуване тіло й вода не перелилася б через край посудини;
2) занурити в мірну посудину з водою тіло та виміряти загальний об'єм V_2 води разом із тілом;
3) обчислити об'єм витісненої тілом води як різницю результатів вимірювань об'єму води після й до занурення тіла. Об'єм V витісненої тілом води дорівнює об'єму тіла.

Help

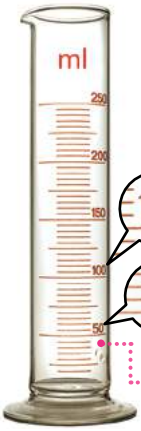
Наведений метод вимірювання об'єму твердих тіл у III ст. до н. е. запропонував Архімед.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Іванка стверджує, що неможливо виміряти об'єм тіла, якщо тіло не вміщується в наявну мірну посудину. Антон заперечує і готовий запропонувати спосіб вимірювання. Хто має рацію?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА — це кількісно виражена характеристика тіла або фізичного явища.

Вимірити фізичну величину — це означає порівняти її з однорідною величиною, взятою за одиницю.

Ціна поділки шкали вимірювального приладу — значення вимірюваної величини, що відповідає найменшій поділці шкали.

$$C_м = \frac{100\ мл - 50\ мл}{10} = 5\ мл$$



$$\upsilon = 90\ \frac{км}{год}$$

Символ

Числове значення

Одиниця

Електронний підручник. Видавництво Ранок

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть приклади фізичних величин. Які властивості тіл або які ознаки фізичних явищ вони характеризують? 2. Що означає виміряти фізичну величину? 3. Наведіть приклади префіксів, які використовують у назвах частинних одиниць; кратних одиниць. 4. Наведіть приклади вимірювальних приладів. 5. Які характеристики приладу можна визначити за допомогою його шкали? 6. Що таке ціна поділки шкали приладу?

ВПРАВА № 3

1. Подайте в метрах такі значення фізичних величин: 145 мм; 1,5 км; 2 км 32 м.

2. Знайдіть верхню межу вимірювання пристрою, зображеного на рис. 1, визначте ціну поділки шкали цього приладу.



Рис. 1

3. Назвіть фізичні величини, прилади для вимірювання яких подано на рис. 2–4. Наведіть символи для позначення цих величин; їх одиниці в СІ.

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

5. Баскетбольний майданчик має довжину 28 м і ширину 15 м. Визначте його площу. Відповідь подайте також у $дм^2$ і $см^2$.

6. Підготуйте повідомлення про вимірювальні прилади, з якими ви маєте справу в повсякденному житті.


Рис. 2



Рис. 3


Рис. 4

Ключові терміни

Фізична величина • Міжнародна система одиниць (СІ) • Прямі та непрямі вимірювання • Ціна поділки шкали

Підручник "Ранок"

rnk.com.ua/
106645

§ 4. ПОНЯТТЯ ПРО РІЗНІ ВИДИ МАТЕРІЇ. БУДОВА РЕЧОВИНИ

На наш погляд, на заставці до параграфа кмітливий дослідник може «знайти» всі три види матерії, що відомі вченим. Зіграймо у квест? Запропонуйте свої версії після опрацювання цього параграфа.

1. Які існують види матерії?

Матерія — це все те, що незалежно від нашої свідомості існує у Всесвіті. Таке широке означення дає змогу віднести до матерії всі складові — й ті, що вже відомі науці, й ті, які ще будуть відкриті в майбутньому. *Перший вид матерії* — це вже знайома вам **речовина.**

У XIX ст. вчені виявили *другий вид матерії* — **поле.** Наприклад, за допомогою електромагнітного поля (електромагнітних хвиль) ми маємо змогу бачити навколишній світ, спілкуватися мобільним телефоном, з'ясовувати координати автомобіля під час подорожі тощо.



З яких речовин складається сніговик? А які речовини, на ваш погляд, входять до складу телефона?



Наприкінці XX ст. науковці додали до переліку видів матерії *третій вид матерії*, а саме матеріальні сутності під назвами «**темна матерія**» і «**темна енергія**»*. Фізичну природу цих сутностей досі не встановлено.

Фізики стверджують, що темна матерія точно існує, але її неможливо «побачити». Наявні прилади безсилі, а нові методи спостереження ще не винайшли. Отже, чекаємо на нове покоління дослідників!

* До розмови про темну енергію повернемося пізніше, після ознайомлення з поняттям «енергія».

Електронний ресурс "РНК"



Саме такий вигляд міг би мати зараз герой фантастичного роману англійського письменника Герберта Веллса «Невидимець». Таку людину ніхто не бачить, але ті, хто перебуває поблизу, можуть її торкнутися, виявити сліди, які вона залишає на м'якій поверхні, нарешті її можна відшукати завдяки одягу. Може, й до темної матерії потрібно застосовувати інші методи та прилади, якщо традиційні не працюють?

2. Яка різниця між мікро-, макро- та мегасвітом?

Увесь час, скільки існує фізика, вчені прагнуть виявити універсальний (єдиний) закон, якому підкорялися б усі об'єкти у Всесвіті. На жаль, поки цього не сталося. Фізики поділили Всесвіт на умовні частини за розмірами об'єктів; кожна така частина має свою специфіку, і її вивчають відповідні фахівці (рис. 4.1).

Найбільш звичними для нас розмірами є розміри предметів навколо: будівлі, автомобілі, книжки... А ще літаки, лани, річки, гори, міста тощо. Світ планет, людина та об'єкти, що її оточують, — це **макросвіт.**

Зорі, галактики — це світ дуже великих розмірів, які вимірюються в мільйонах кілометрів, у світлових роках, парсеках. Саме тому він отримав назву **мегасвіт.**

Будь-яка речовина складається з дуже малих частинок — атомів і молекул. Світ таких частинок і частинок, із яких складаються атоми, отримав назву **мікросвіт.**

Підкреслимо, що цей поділ є умовним. Адже мега-, макро- й мікросвіти — це єдиний Всесвіт, у якому ми живемо.

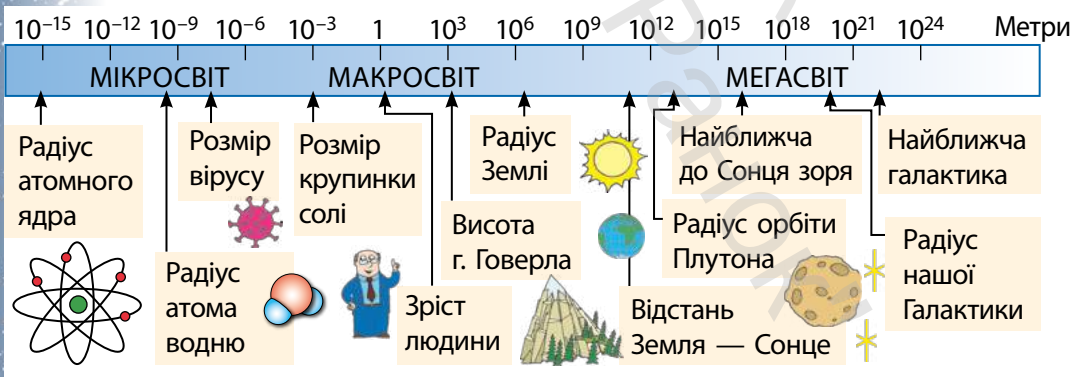


Рис. 4.1. Діапазон розмірів у Всесвіті

ПІДРУЧНИК ВИДАВНИЦТВО РАНОК

3. Чим відрізняються атоми та молекули?

Кожна речовина складається з певних молекул і тільки з них. Перш ніж вивчати будову молекули, згадаймо українську абетку. Вона має лише 33 букви, проте ви 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 дві різні молекули — мурашиної кислоти і метанолу (рис. 4.2, *а*, *б*). Молекула мурашиної кислоти є аналогом слова, яке складається з 5 букв, а молекула метанолу є аналогом іншого слова — із 6 букв. Отже, *кожна нова комбінація атомів відповідає новій молекулі*.

Скільки видів атомів містить кожна молекула на рис. 4.2? Яка кількість атомів у кожній молекулі?



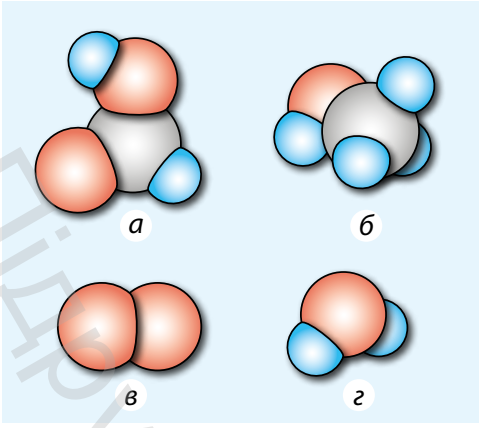


Рис. 4.2. Схематичне зображення молекул деяких речовин: *а* — мурашиної кислоти ($HCOOH$); *б* — метанолу (CH_3OH); *в* — кисню (O_2); *г* — води (H_2O). Сині кульки — моделі атомів водню, сірі — вуглецю, червоні — кисню

Чи може молекула складатися з однакових атомів? Чи може в різних молекулах бути однаковою кількість атомів?



Таким чином, із відомих науці (на травень 2024 р.) 118 видів атомів можна скласти мільйони різноманітних молекул і, відповідно, отримати мільйони різноманітних речовин.

4. Наскільки малим є атом і як він побудований?

Характеризуючи об'єкти мікросвіту, вчені використовують числа, що суттєво відрізняються від тих, з якими людина має справу в повсякденному житті. Так, *розмір атома приблизно дорівнює* 0,000 000 000 1 м. Щоб уявити, наскільки малим є це значення, наведемо приклад.

Якщо всі атоми, з яких складається металева кулька радіусом 2 мм, розмістити один за одним, то отримаємо ланцюжок такої довжини, як відстань від Землі до Сонця.

Підручник рекомендовано Міністерством освіти і науки України

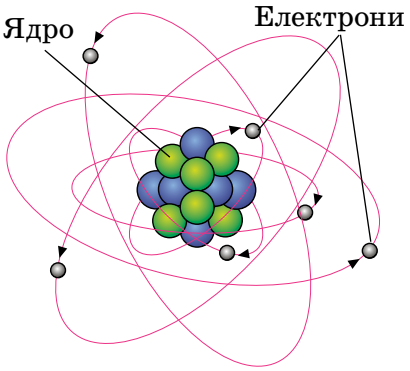


Рис. 4.3. Планетарна модель атома. Насправді відстань від ядра до електронів перевищує розмір ядра в 100 000 разів

Атом, як і молекула, має складну будову. Атом являє собою *ядро*, оточене легкими частинками — *електронами*. Діаметр ядра атома набагато менший від діаметра власне атома — приблизно у стільки разів, у скільки розмір горошини менший від розміру 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. 4.3).

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Близько 20 років тому було створено найменший у світі «автомобіль» — наноавтомобіль. Він справді дуже малий, бо складається лише з однієї молекули, але має всі атрибути справжнього авто: перш за все — «колеса» та можливість рухатися, якщо його розмістити на поверхні золота за температури 200 °С. Ідея зацікавила інших дослідників, і вони створили другу, третю «моделі», а згодом навіть влаштували перегони розроблених наноавтомобілів.

5. А чи можна сховатися поміж молекул (атомів)?

Як ви вважаєте: якщо змішати 100 мл води та 100 мл спирту, яким буде об'єм суміші? Насправді він буде меншим від 200 мл! Річ у тім, що *між молекулами існують проміжки* і в ході змішування рідин молекули води потрапляють у проміжки між молекулами спирту і навпаки.

ДОСЛІДЖЕННЯ

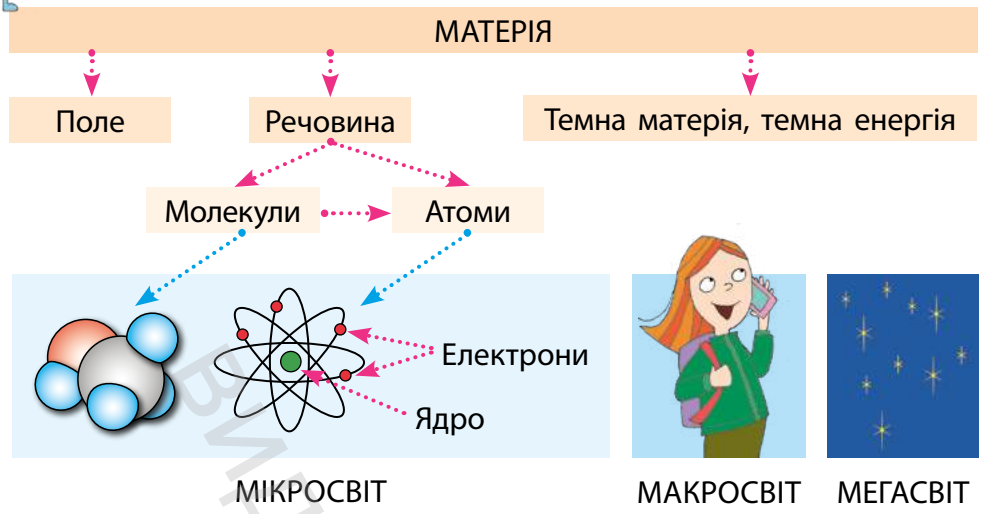
Що знадобиться: прозора склянка; пів склянки пшона; пів склянки гороху.

Змоделюйте дослід зі змішування води та спирту. Для цього наповніть склянку наполовину пшоном, а зверху — горохом. Закрийте склянку рукою і добре потрусіть. Прокоментуйте отриманий результат.



Електронний варіант підручника

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке матерія? **2.** Які існують види матерії? **3.** Яка різниця між мікро-, макро- та мегасвітом? **4.** Скільки видів атомів відомо науці? **5.** Як пояснити той факт, що існують мільйони різних речовин? **6.** Що ви знаєте про розмір атомів і молекул? **7.** Результати якого досліду підтверджують, що між частинками речовини існують проміжки?

ВПРАВА № 4

1. Чи можемо ми змінити об'єм тіла, не змінюючи кількості молекул у ньому? Якщо так, то як це зробити?

2. Обчисліть, скільки приблизно молекул можна розмістити вздовж відрізка завдовжки 0,5 мм. Вважайте, що діаметр молекули дорівнює 0,000 000 0001 м.

3. Площа плівки, утвореної на поверхні води краплею олії об'ємом 0,005 мм^3, не може бути більшою за 50 см^2. Який висновок щодо розміру молекул олії із цього випливає?

Ключові терміни

Матерія • Мікро-, макро-, мегасвіт • Молекули • Атоми

Підручник "Видавництво Ранок"



rnk.com.ua/
106646

§ 5. РУХ І ВЗАЄМОДІЯ ЧАСТИНОК РЕЧОВИНИ

Дослідники знаходять метеорити, вік яких становить мільярди років. І весь цей час метеорити залишаються майже незмінними і не розсипаються на окремі молекули. А що заважає метеоритам та іншим фізичним тілам розпастися на молекули? Відповідь на це та багато інших запитань ви одержите в цьому параграфі.

1. Чи існують загальні «правила поведінки» атомів і молекул?

Продовжимо знайомитися з мікросвітом. Ідею, що речовина складається з маленьких тілець — атомів (у перекладі з грецької — «неподільні»), висловив давньогрецький філософ *Демокріт* (бл. 460–370 рр. до н. е.) майже 25 століть тому. Зараз ми маємо безліч підтверджень існування атомів і молекул, є навіть знімки окремих атомів. Але тоді ідею Демокріта просто забули. Її повернення відбулося лише в XIX ст. Саме тоді почались інтенсивні дослідження та було створено **молекулярно-кінетичну теорію (МКТ).**

Докладно вивчати МКТ ви будете пізніше, а зараз сформулюємо *три основні положення МКТ.*

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії

1. *Усі речовини складаються із частинок (молекул, атомів);* між частинками є *проміжки.*

2. *Частинки речовини перебувають у безперервному хаотичному (безладному) русі;* такий рух називають *тепловим.*

3. *Частинки речовини взаємодіють одна з одною* (притягуються та відштовхуються).

Електронний підручник видавництва "Ранок"

2. Які докази підтверджують безперервний хаотичний рух частинок речовини?

Із 5 класу вам відомий такий процес, як *дифузія* (від латин. *diffusio* — поширення, розтікання). Нагадаємо його означення.

Дифузія — процес самовільного проникнення молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої речовини, внаслідок чого відбувається перемішування дотичних речовин.

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

Підтвердимо це за допомогою досліду. У прозору посудину з водою наллємо водний розчин мідного купоросу так, щоб рідини не змішалися (рис. 5.1). Спочатку спостерігатимемо чітку межу між водою і розчином, проте, залишивши посудину у спокої на кілька днів, побачимо, що вся рідина набула бірюзового кольору (рис. 5.2), тобто рідини самовільно змішалися.



Рис. 5.1. За допомогою лійки можна акуратно налити розчин мідного купоросу на дно склянки з водою



Рис. 5.2. Процес дифузії та його схематичне зображення: на межі двох речовин молекули однієї речовини проникають у проміжки між молекулами іншої, і в результаті із часом речовини повністю перемішуються

Електронний варіант підручника видавництва "Ранок"

Наведіть приклади застосування дифузії в житті людини, техніці. Доведіть, що зі збільшенням температури дифузія відбувається швидше.



Безперервний хаотичний рух частинок речовини називають *тепловим рухом*, тож природним є припущення, що за вищої температури дифузія прискорюється. Досліди і повсякденний досвід підтверджують це припущення.

3. Як було доведено безперервний рух атомів і молекул?

Ще приблизно 150–200 років тому атомно-молекулярна структура речовини була предметом запеклих дискусій. Перемогу атомістики остаточно закріпило обґрунтування *броунівського руху*.

Броунівський рух — хаотичний рух видимих у мікроскоп малих твердих частинок, завислих у рідині або газі, який відбувається під дією ударів молекул рідини або газу.

Броунівський рух отримав свою назву на честь шотландського ботаніка *Роберта Броуна* (1773–1858), який першим спостерігав його в 1827 р. Розглядаючи в мікроскоп завислі у воді досить малі тверді частинки (пилкові зерна розміром менш ніж 1 мкм)*, Броун помітив, що вони весь час рухаються (начебто стрибають) і безперервно змінюють напрямок свого руху.

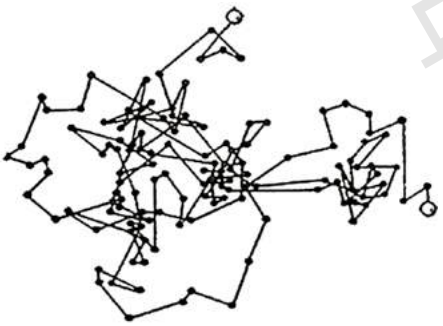


Рис. 5.3. Одна з майже тисячі схем, отриманих французьким фізиком Жаном Перреном. Учений позначав положення броунівської частинки через рівні інтервали часу (1 с). Зрозуміло, що справжня траєкторія руху частинки містить ще більше ланок

Поведінку броунівської частинки можна пояснити тим, що внаслідок хаотичного руху молекул рідини ця частинка зазнає безперервних поштовхів з боку молекул. Пояснення ніби переконливе, але ж це не доказ. У 1905–1906 рр. *А. Ейнштейн* і польський фізик *М. Смолуховський* незалежно один від одного створили математичну модель броунівського руху. Розрахунки збіглися з результатами експериментів *Ж. Перрена* (рис. 5.3). Тож існування атомів і молекул, а також їх безперервний хаотичний рух було доведено.

* Тверду частинку такого розміру зараз називають **броунівська частинка**.

ВИТЯГ ЗІ ЦИФРОВОГО ПІДРУЧНИКА

4. А як можна «побачити» взаємодію молекул?

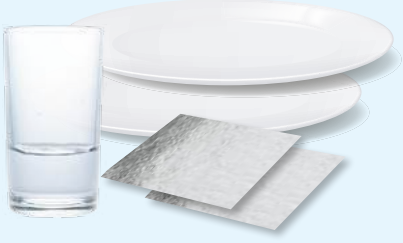
Ми з'ясували, що молекули перебувають у безперервному хаотичному русі.

Здавалося б, хаотичний рух молекул мав би привести до розльоту всіх молекул навсібіч. Проте тверді тіла не тільки залишаються незмінними довгий час, але й навпаки — щоб їх розтягти, зламати, розірвати, потрібно докласти зусиль. Причина криється в притяганні між молекулами. Саме завдяки *міжмолекулярному притяганню* тверді тіла зберігають свою форму, рідина збирається в краплини (рис. 5.4), клей прилипає до паперу, пружина, яку розтягнули та відпустили, набуває вихідної форми.



Рис. 5.4. Провислу краплю води деякий час утримують від падіння сили притягання між молекулами

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: дві чисті та сухі пласкі порцелянові тарілки; два невеликі (орієнтовно 4 × 5 см) гладенькі клаптики фольги; вода.

Злегка змочіть пальцем поверхню однієї тарілки. Покладіть на тарілку клаптик фольги та ретельно розрівняйте його, щоб не було пухирців повітря. На іншу, суху, тарілку покладіть і розрівняйте другий клаптик. Спробуйте повільно рухати пальцем клаптик фольги в горизонтальній площині — спочатку в першій тарілці, а потім у другій. Сформулюйте гіпотезу щодо причин різної «поведінки» клаптиків фольги.

Згадайте ситуацію, коли ви зустрічалися з подібним явищем.

Підручник для вчителя



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

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що занадобиться: монета; пластикова пляшка, до країв заповнена водою.

Спробуйте стиснути монету. Спробуйте стиснути закриту пластикову пляшку, до країв заповнену водою. Сформулюйте гіпотезу, що пояснює результат дослідження.





Молекули не лише притягуються одна до одної, а й відштовхуються. Зазвичай у рідинах і твердих тілах притягання врівноважується відштовхуванням. Але якщо стиснути рідину або тверде тіло, то відстань між молекулами зменшиться і міжмолекулярне відштовхування стане сильнішим за притягання.

А ЯК НАСПРАВДІ?



У своєму репортажі блогер пояснював слухачам, що з двох уламків лінійки неможливо без сторонніх засобів отримати єдине ціле, оскільки між молекулами лінійки діють сили відштовхування. Чи поділяєте ви думку блогера?

Підручник надано видавництвом безкоштовно

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії

1. Усі речовини складаються із частинок (молекул, атомів); між частинками є проміжки

2. Частинки речовини перебувають у безперервному хаотичному русі

3. Частинки речовини взаємодіють одна з одною

Дифузія — процес самовільного проникнення молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої речовини, внаслідок чого відбувається перемішування дотичних речовин

Броунівський рух — хаотичний рух видимих у мікроскоп малих твердих частинок, завислих у рідині або газі, який відбувається під дією ударів молекул рідини або газу

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сформулюйте основні положення МКТ. 2. Що таке дифузія? Наведіть приклади проявів дифузії. 3. Який рух називають тепловим? 4. Що таке броунівський рух? Чому він виникає? 5. Як можна довести, що між частинками речовини існують проміжки? 6. Чому тверді тіла та рідини не розпадаються на окремі частинки? 7. За якої умови взаємодія між частинками речовини стає помітною?

ВПРАВА № 5

1. У чому подібність і в чому відмінність холодної та гарячої води з погляду молекулярно-кінетичної теорії?
2. Є два способи підживлення рослин: поливання спеціальними розчинами (прикореневе підживлення); обприскування (позакореневе підживлення). Поясніть, як діють обидва способи.
3. Щоб розірвати нитку, потрібно докласти зусиль. Чому?
4. Наведіть три аргументи щодо необхідності вивчення дифузії.

Ключові терміни

МКТ • Тепловий рух • Дифузія • Броунівський рух

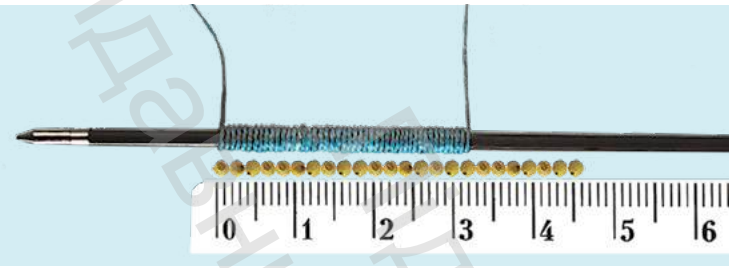
ПІДРУЧНИК ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РОБОТА

Тема. Вимірювання розмірів малих тіл методом рядів.
Мета: визначити методом рядів діаметр горошини, діаметр пшоняного зернятка, товщину нитки.
Обладнання: лінійка; невеликі посудини із пшоном і горохом; дві зубочистки; стрижень для ручки; нитка (№ 10) завдовжки близько 50 см.

Постановка завдання

1. Уважно прочитайте тему і мету роботи, ознайомтесь із переліком обладнання, яке запропоновано для її виконання.
2. Розгляньте рисунок і обміркуйте запропонований метод вимірювання розмірів малих тіл.



3. Складіть план дій.
4. Проведіть експеримент і запишіть отримані результати.
5. Оформте звіт, у якому зазначте: тему та мету роботи, використане обладнання, план дій, отримані результати.

Help

Зі зразком оформлення звіту ви можете ознайомитися за QR-кодом або посиланням: rnk.com.ua/106685

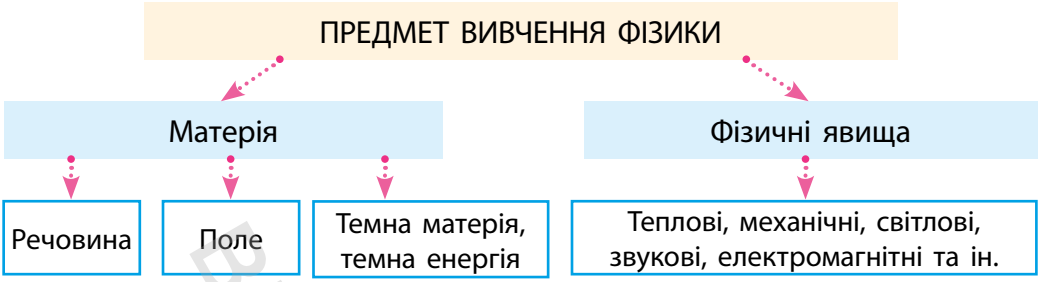
Робота в команді

1. Об'єднайтесь у групи.
2. У кожній із груп обговоріть інші можливі методи вимірювання діаметра горошини. Проаналізуйте переваги та недоліки кожного методу, виберіть один із них.
3. Виконайте відповідний схематичний рисунок. Якщо є можливість, зробіть вимірювання.
4. Підготуйте коротку презентацію з описом методу вимірювання й отриманих результатів.
5. Презентуйте метод під час обговорення в класі.

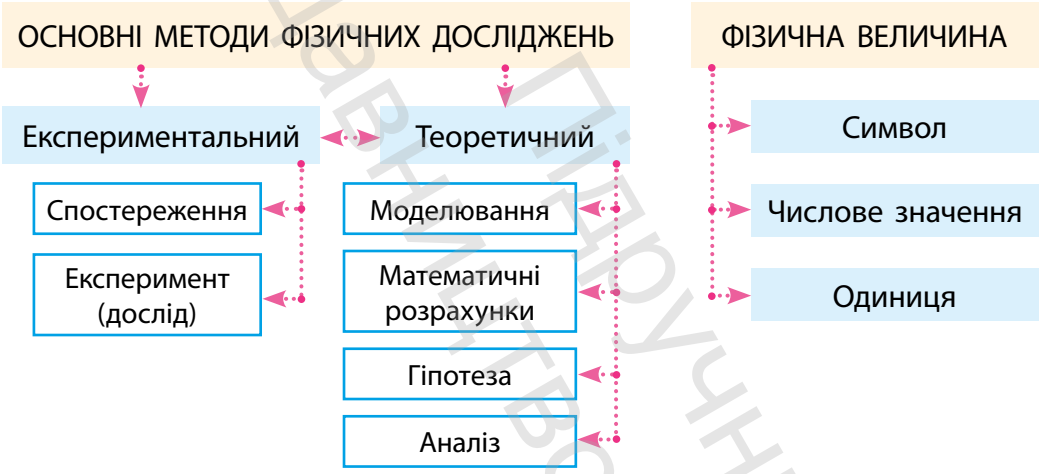
Видавництво "Ранок"

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 1

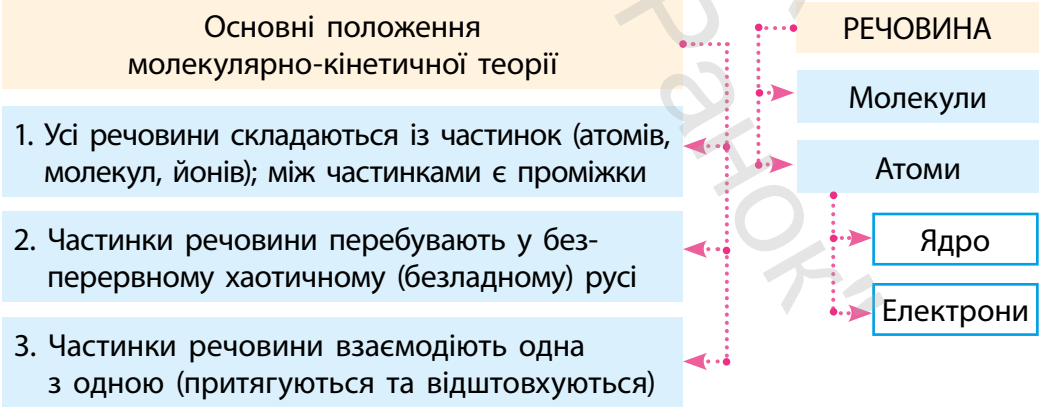
1. Ви дізналися, що фізика є *основною природничою наукою*, та одержали відповідь на запитання *«Що вивчає фізика?»*.



2. Ви ознайомилися з *основними методами фізичних досліджень* та розширили свої *знання про фізичні величини*.



3. Ви дізналися про *основні положення молекулярно-кінетичної теорії (МКТ)* та з'ясували, *із чого складається речовина*.



Підручник Видавництво Ранок

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 1

rnk.com.ua/106648

У завданнях 1–8 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(1 бал)* Хто із зазначених дослідників зробив великий внесок у розвиток фізики?
   а) Ісаак Ньютон; в) Джеймс Кук;
   б) Фернан Маґеллан; г) Жак-Ів Кусто.

2. *(1 бал)* Прикладом фізичного тіла може бути:
   а) мідь; в) метеорит;
   б) маса; г) хвилина.

3. *(1 бал)* Який префікс слід додати до основної одиниці фізичної величини, щоб отримати одиницю, яка менша від основної в 1000 разів?
   а) санти- (с); в) мілі- (м);
   б) кіло- (к); г) мікро- (мк).

4. *(1 бал)* Яке з наведених понять є фізичним явищем?
   а) швидкість руху; б) нагрівання; в) час; г) міркування.

5. *(1 бал)* Унаслідок явища дифузії:
   а) кисень із повітря потрапляє на дно глибокої водойми;
   б) зменшується довжина рейки під час її охолодження;
   в) тане лід;
   г) рідина збирається в краплі.

6. *(1 бал)* Молекули речовини:
   а) завжди перебувають у стані спокою;
   б) безперервно та хаотично рухаються;
   в) тільки відштовхуються одна від одної;
   г) тільки притягуються одна до одної;
   д) розташовані так, що між ними немає проміжків.

7. *(2 бали)* Яка нерівність є істинною?
   а) 520 см > 52 дм; в) 3300 г < 33 кг;
   б) 2000 мкм > 20 мм; г) 3 с < 300 мс.

8. *(2 бали)* Корпус мікрохвильової печі має форму прямокутного паралелепіпеда, довжина якого становить 0,50 м, ширина — 300 мм, висота — 42 см. Яким є об'єм корпуса?
   а) 0,063 $м^3$; в) 6300 $см^3$;
   б) 630 $см^3$; г) 6300 $мм^3$.

Видавництво «Ранок» Підручник

9. *(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

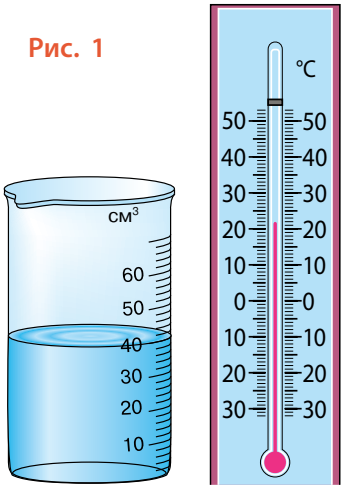
10. *(3 бали)* Установіть відповідність між кожним словом (1–6) речення і фізичним поняттям (А–Є).

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

11. *(4 бали)* Визначте діаметр дроту, зображеного на рис. 2.

12. *(4 бали)* Однакові бруски, один із яких зображено на рис. 3, слід упакувати в коробку заввишки 2,5 см, завдовжки 14 см і завширшки 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. 1



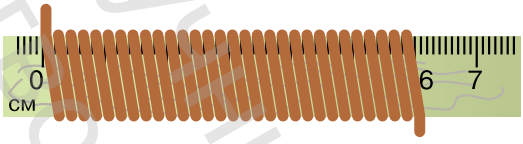


Рис. 2

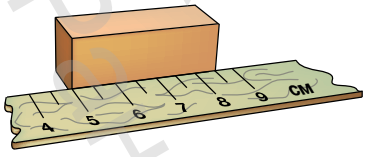


Рис. 3

Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 2. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

Видавництво "Ранок"

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. Які метеорити можуть загрожувати 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, інженер.
17. Аристотель — видатний учений давнини.
18. Досягнення і трагедії італійського фізика Ґалілео Ґалілея.
19. Генії фізичної науки XX 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.
3. Вимірювання площі поверхні тіл різними способами.

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Природні явища та їхній вплив на життя і здоров'я людини.
2. Що таке атом: від давнини до сучасних уявлень.
3. Дифузія в природі, техніці, побуті.
4. Еволюція вимірювальних приладів. Кожен крок у збільшенні точності вимірювань — сходинка в розвитку науки і техніки.
5. Вимірювання розмірів тіл (довжини, висоти, площі, об'єму) різними способами.

Підручник видавництва «Ранок»

РОЗДІЛ 2
МЕХАНІЧНИЙ РУХ

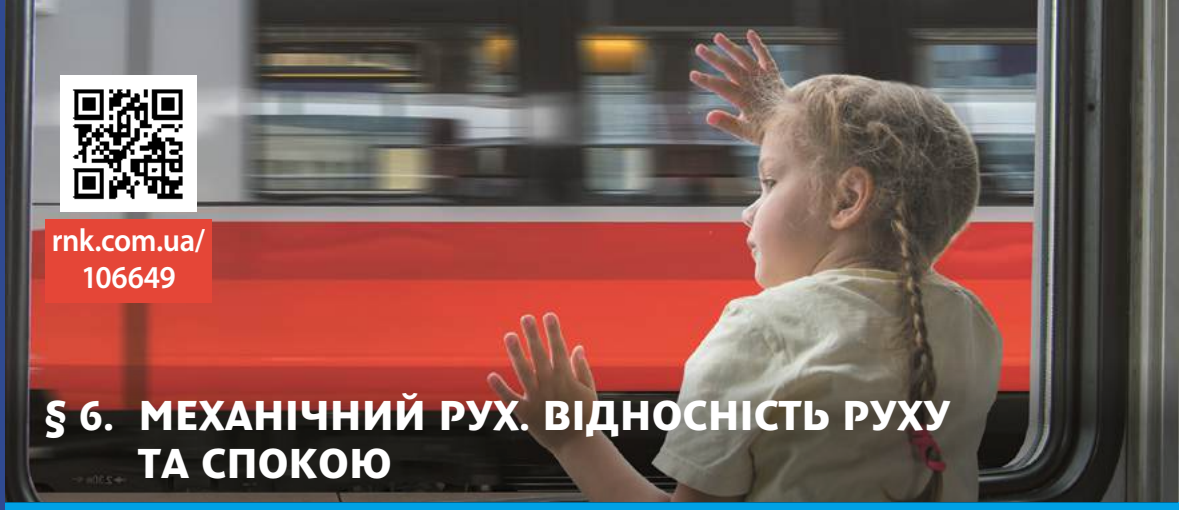
Частина 1
«Прямолінійний рівномірний рух»

Ви уявляєте, що таке точка, а дізнаєтеся про матеріальну точку

Ви можете описати рух тіла, спостерігаючи за ним, а зможете розказати, як рухалося тіло, розглядаючи графік його руху

Ви знаєте, що літак заправляють під час стоянки, а дізнаєтеся, як це можна зробити в повітрі, під час польоту

Електронний варіант



rnk.com.ua/
106649

§ 6. МЕХАНІЧНИЙ РУХ. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ ТА СПОКОЮ

Згадайте: ви сидите у вагоні потяга й дивитеся на інший потяг, який стоїть на сусідній колії. Раптом вам здається, що ваш потяг рушив із 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 біля перону. А якби вікна навпроти не було, змогли б ви з'ясувати, чи ваш потяг відправився від станції?

Підручник рекомендовано Міністерством освіти і науки України

1. Що таке механічний рух?

Усе у світі перебуває в русі (рис. 6.1): мільярди років, що існує Всесвіт, рухаються зорі та галактики; Земля обертається навколо Сонця, здійснюючи один оберт за рік; у краплині води безліч мікробів щосекунди пересуваються з місця на місце.

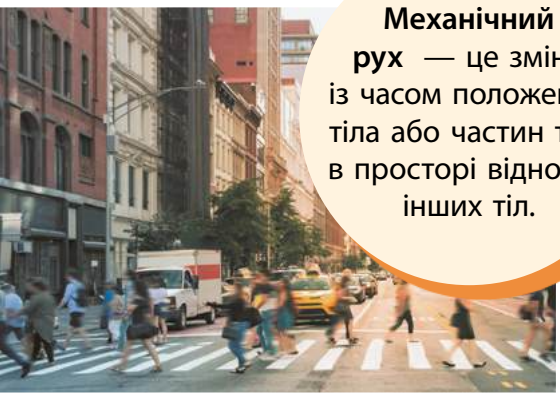
Будь-які механічні рухи мають спільні риси:

1) *усі тіла, що рухаються, змінюють своє положення в просторі відносно інших тіл;*

2) *зміна положення тіл відбувається з плином часу.*

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





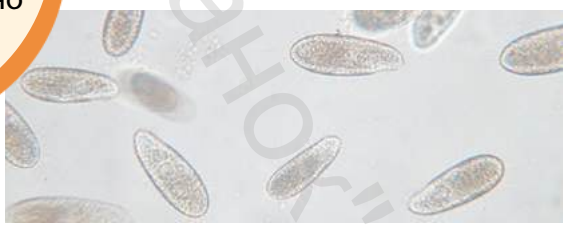


Рис. 6.1. Усе у світі рухається: і величезні галактики, і тіла, що нас оточують, і мікроскопічні істоти

2. Коли тіло можна вважати матеріальною точкою?

На практиці дослідити рух усіх точок тіла досить складно, та часто в цьому й немає потреби. Описуючи рух тіла, розміри якого набагато менші, ніж відстані, які воно долає, тіло замінюють на *фізичну модель — матеріальну точку*. Матеріальна точка *не має розмірів, а її маса дорівнює масі даного тіла.*

Матеріальна точка — це фізична модель 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 самий 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 за його, скажімо, довжину. У другому випадку нехтувати розмірами автомобіля не можна.

Наведіть приклади, коли людину, Землю, олівець, дерево можна вважати матеріальною точкою, а коли не можна.



Зверніть увагу! Коли ми будемо визначати координати тіла й описувати його рух, ми вважатимемо тіло матеріальною точкою.

3. Які об'єкти утворюють систему відліку?

Коли тіло рухається, його положення в просторі змінюється. *Тіло, відносно якого розглядають положення рухомого тіла, називають* **тілом відліку.**

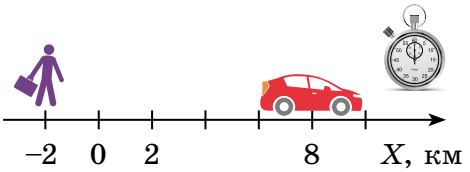
За тіло відліку можна взяти будь-яке тіло, обравши його з міркувань зручності. Це може бути як дерево на узбіччі, так і автомобіль, що мчить дорогою. Тілом відліку можуть бути і планета Земля, і Сонце.

Яке тіло, на вашу думку, доцільно взяти за тіло відліку, досліджуючи ваш рух на перерві? під час подорожі?



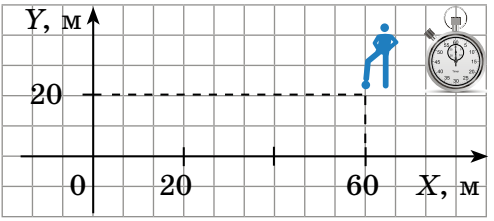
Після того як тіло відліку вибрано, з ним пов'язують **систему координат.** Система координат задається за допомогою однієї, двох або трьох координатних осей; уздовж осей відкладають відстані в обраному масштабі, наприклад у кілометрах або метрах (рис. 6.2, 6.3).

Електронний варіант підручника



Одновимірна система координат

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



Двовимірна система координат

Рис. 6.3. Щоб визначити положення футболіста на полі в певний момент часу, потрібно знати дві координати: $x = 60$ м; $y = 20$ м

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: лінійка.

Пов'яжіть із вашим столом двовимірну систему координат, узявши за початок координат кут стола, а за осі координат — його краї, що прилягають до цього кута. Визначте координати двох-трьох предметів на столі.

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

Тіло відліку, пов'язана з ним система координат і прилад для відліку часу утворюють **систему відліку.**

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Використовуючи мобільний додаток «Карти Google», ви можете досить точно потрапити в пункт призначення: і ваші координати, і координати пункту призначення буде визначено з точністю до 1–3 м. Якщо ж застосувати GPS-приймачі, що працюють у режимі RTK (Real-Time Kinematic positioning), точність збільшиться до 1 см за горизонталлю. Раніше про таку точність не мріяли навіть фантасти.

4. Чи можемо ми рухатися й водночас залишатися нерухомими?

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

ВИДАВНИЦТВО "ГЕНЕЗА" Підручник

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





Відносність руху дає можливість «зупинити» літак у польоті. Для цього потрібен ще один літак, який буде рухатися поряд із першим, не відстаючи і не обганяючи його, — так літаки перебуватимуть у стані спокою відносно один одного. Саме так заправляють літаки під час польоту.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Давньогрецький учений *Клавдій Птолемей* стверджував, що Земля нерухомо висить у просторі, а Сонце обертається навколо неї. А от учений епохи Відродження *Миколай Коперник*, навпаки, вважав, що нерухомим є Сонце, а рухається Земля. Хто з них був правий? Чи, може, обидва помилялися?



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Механічний рух — це зміна із часом положення тіла або частин тіла у просторі відносно інших тіл.

Матеріальна точка (м.т.) — це фізична модель тіла, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати.

$Маса_{м.т.}$ = Маса тіла

Система відліку:
- тіло відліку;
- система координат, пов'язана з ним;
- прилад для відліку часу.

Тіло відліку — тіло, відносно якого розглядають положення рухомого тіла.

Електронний додаток

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення механічного руху. Наведіть приклади. 2. Що таке тіло відліку? 3. Як задають систему координат? 4. Які 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 сідає на заході.



2. Розгляньте рисунок. Чи рухаються люди? Наведіть аргументи на підтвердження своєї думки. Чи можна знайти тіло, відносно якого люди не рухаються?

3. Під час Першої світової війни стався такий випадок. Піднявшись на висоту 2 км, пілот літака побачив біля свого обличчя якусь «комаху» та спіймав її. Але «комаха» виявилась кулею з рушниці. Чому пілот зміг спіймати кулю?

4. Чи можна вважати космічний корабель матеріальною точкою, коли він: а) здійснює переліт Земля — Марс? б) виконує посадку на поверхню Марса?

5. Координати дерева, каменя та світлофора, розташованих на узбіччі прямолінійної ділянки дороги, відповідно такі: $x_д = -1$ км; $x_к = 2$ км; $x_с = 3{,}5$ км. Накресліть координатну вісь, позначте на ній початок координат і положення зазначених тіл. Визначте відстані між тілами.

Ключові терміни

Механічний рух • Тіло відліку • Система координат • Система відліку • Матеріальна точка • Відносність руху

Підручник "Видавництво "Ранок"



rnk.com.ua/106651

§ 7. ТРАЄКТОРІЯ РУХУ. ШЛЯХ. ПЕРЕМІЩЕННЯ

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. А що таке траєкторія руху? Відповідь на це, а також на багато інших запитань ви знайдете в цьому параграфі.

Електронний додаток
Видавництво «Ранок»



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

1. Чи бачимо ми траєкторію руху?

Візьміть олівець і аркуш. Не відриваючи олівця від паперу, напишіть будь-яке слово (рис. 7.1). А тепер «напишіть» олівцем те саме слово в повітрі. Лінія, що її описав кінчик олівця, збігається з *траєкторією його руху*, тобто з лінією, у кожній точці якої послідовно побував кінчик олівця.

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

Зазвичай ми не бачимо траєкторії руху тіл, проте іноді сліди, які залишають тіла під час руху, можна вважати траєкторією.



Як ви вважаєте, траєкторії руху яких тіл можна відновити за слідами? У 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. 7.2).

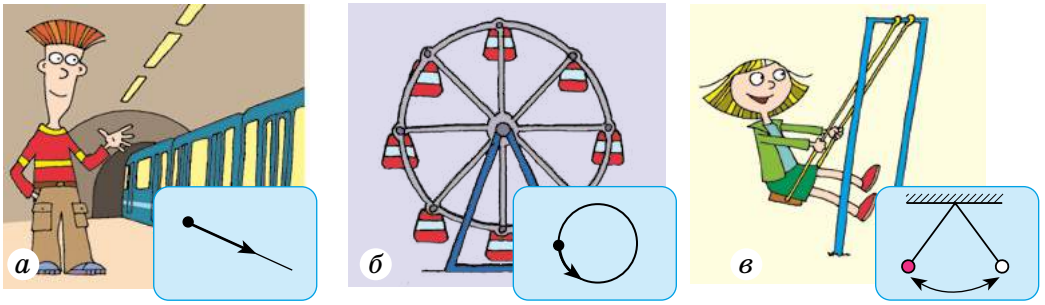


Рис. 7.2. Рух потяга на станції метро (*а*) — приклад прямолінійного руху; рух кабінки оглядового колеса (*б*) і рух гойдалки (*в*) — приклади криволінійного руху

2. Чим шлях відрізняється від переміщення?

Поставте в зошиті дві точки — A і B — та з'єднайте їх кривою лінією. Щоб знайти шлях, який подолав кінець олівця рисуючи лінію, необхідно виміряти довжину цієї лінії, тобто знайти довжину траєкторії (рис. 7.3.).

Шлях — це фізична величина, яка дорівнює довжині траєкторії.

Шлях позначають символом l.

Одиниця шляху в СІ — **метр:** $[l] = \text{м}$.

Використовують також частинні та кратні одиниці шляху, наприклад *міліметр* (мм), *сантиметр* (см), *кілометр* (км).

Звернемося до рис. 7.3 і з'єднаємо точки A і B відрізком зі стрілкою. Отримаємо *напрямлений відрізок*, який покаже, *у якому напрямку* та *на яку відстань перемістився* кінець олівця.

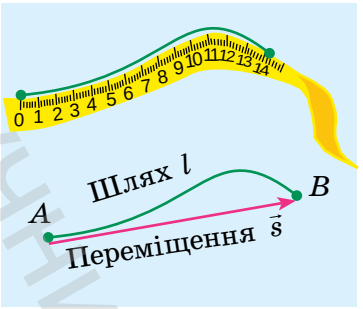


Рис. 7.3. Шлях та переміщення кінчика олівця

Напрямлений відрізок, який з'єднує початкове та кінцеве положення тіла, називають **переміщенням**.

Переміщення позначають символом $\vec{s}$.

Стрілка над символом фізичної величини показує, що *переміщення — це векторна фізична величина**.

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

Підручник "Відповідний вибір"

Щоб правильно задати переміщення, необхідно вказати не тільки його значення (модуль), але й напрямок.

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

Одиниця переміщення в СІ — **метр:** $[s] = \text{м}$.

Розгляньте рис. 7.4 та з'ясуйте:
- у якому випадку шлях і модуль переміщення виявляються рівними;
- коли переміщення дорівнює нулю;
- коли шлях більший за модуль переміщення.

Наведіть власні схожі приклади. Чи зможете ви навести приклад, коли модуль переміщення є більшим за шлях, який подолало тіло?



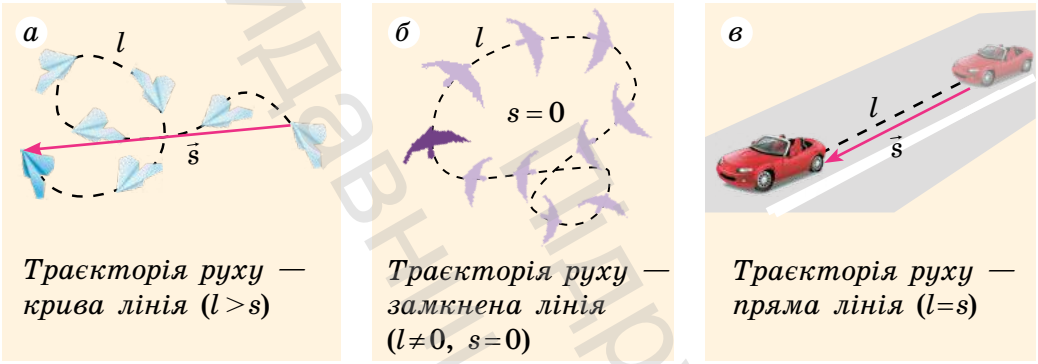


Рис. 7.4. Порівняння шляху l і модуля переміщення s тіла

А ЯК НАСПРАВДІ?



У повідомленні про рух молекул дівчинка стверджувала: «Шлях, який за певний час долає молекула кисню, у кілька разів більший за шлях, який за той самий час долає автомобіль, рухаючись швидкісною трасою. А от переміщення молекули, навпаки, буде меншим у кілька тисяч разів». Чи погодитеся ви з твердженням дівчинки, чи вона щось наплутала?

3. Чому механічний рух є відносним?

Форма траєкторії руху, шлях і переміщення тіла залежать від того, відносно якої системи відліку розглядають рух. Розгляньте рис. 7.5. У хлопчика, який їде в автобусі, упало з рук яблуко.

Для дівчинки поруч *траєкторія руху яблука — короткий відрізок*. Тут система відліку пов'язана із салоном автобуса.

Електронний видавничий ресурс



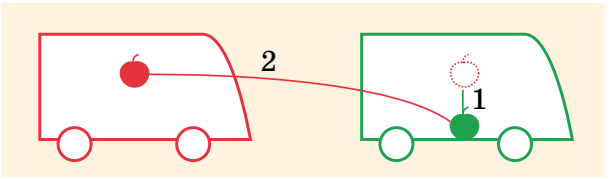


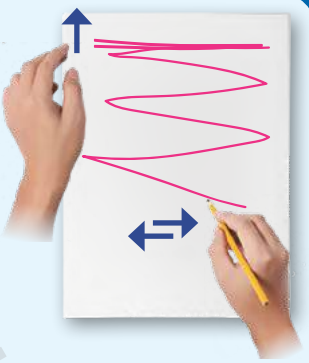
Рис. 7.5. Траєкторія руху яблука для пасажирів автобуса — короткий відрізок (на схемі — *лінія* 1), для людини на узбіччі дороги — *крива* (на схемі — *лінія* 2)

Для людини, що стоїть на узбіччі дороги, *траєкторія руху яблука — крива*, адже весь час, поки яблуко падало, воно «їхало» з автобусом. Система відліку тут пов'язана з дорогою.

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: аркуш; олівець.

Накресліть угорі аркуша відрізок. Проведіть уздовж накресленого відрізка кілька разів вправо — вліво. Тепер, не перериваючи руху вправо — вліво та не відриваючи олівця, повільно пересувайте аркуш угору, перпендикулярно до руху олівця. Зіставте траєкторії руху, шлях і переміщення грифеля відносно стола та відносно аркуша.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Переміщення — напрямлений відрізок, який з'єднує початкове та кінцеве положення тіла.
$\vec{s}$ — переміщення, $[s] = \text{м}$;
s — модуль переміщення

Шлях — фізична величина, яка дорівнює довжині траєкторії.
l — шлях, $[l] = \text{м}$

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

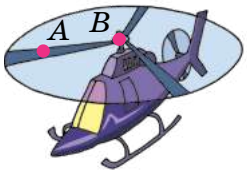
Електронний підручник видавництва «Ранок»

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення траєкторії руху. **2.** Схарактеризуйте шлях і переміщення як фізичні величини. **3.** Чому, знаючи тільки шлях і початок руху тіла, не можна визначити кінцеве положення тіла? **4.** Чи залежать траєкторія руху тіла, шлях і переміщення від вибору системи відліку? Наведіть приклади.

ВПРАВА № 7

1. Футболіст пробіг за матч 10 км. 10 км — це шлях чи модуль переміщення? Яким може бути мінімальне переміщення футболіста за матч?



2. Гелікоптер піднімається вгору (див. рисунок). Зобразіть траєкторію руху точок A і B: а) відносно пілота; б) відносно землі.

3. Пасажир пройшов вагоном потяга відстань 7,5 м. За цей час вагон проїхав відстань 400 м. Який шлях подолав пасажир відносно потяга та відносно землі, якщо рухався: а) в напрямку руху потяга; б) у протилежному напрямку?

4. 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.

5. Скориставшись мобільним додатком «Карти Google», побудуйте траєкторію вашого руху від дому до школи для двох випадків: 1) ви пересуваєтеся пішки; 2) ви їдете автомобілем. Дізнайтеся, який шлях ви долаєте, порівняйте переміщення.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Траєкторії руху різних частин тіла людини під час ходьби є неймовірно різноманітними. Це зумовлено прямоходінням людини та необхідністю дотримуватися балансу. Вивчення таких рухів є складним науковим завданням, яке було вирішено за допомогою суперкомп'ютерів. Практичним наслідком стало створення людиноподібних роботів.

Ключові терміни

Траєкторія руху • Шлях • Переміщення • Відносність руху

Електронний підручник видавництва "Ранок"



rnk.com.ua/
106652

§ 8. РІВНОМІРНИЙ РУХ. ШВИДКІСТЬ РУХУ

Під час репортажів з автомобільних перегонів, у прогнозах погоди можна, наприклад, почути: «Швидкість автомобіля перед фінішем сягнула 250 кілометрів за годину»; «Швидкість вітру 25 метрів за секунду». Що це означає? Як порівняти ці швидкості?

1. Який рух є рівномірним?

Коли ви чуєте, що швидкість руху автомобіля 20 метрів за секунду, то розумієте: щосекунди автомобіль долає відстань 20 м.

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



Напевно, ви відповіли, що за 10 с — 200 м, за пів секунди — 10 м, за 0,1 с — 2 м. І це дійсно так, 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, під час якого за будь-які рівні інтервали часу тіло долає однаковий шлях.

Зверніть увагу на слова «будь-які рівні інтервали часу». Інколи тіло рухається *нерівномірно*, але можна дібрати такі рівні інтервали часу, за які воно 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 розвороту він сповільнює рух.

Безсумнівно, ви знаєте безліч прикладів, схожих на наведений поряд. Згадайте їх. Невеличка підказка: гойдалка, гра в м'яч, подорож.



Підручник
Видавництво «Ранок»

2. Який рух є рівномірним прямолінійним?

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

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

Рівномірний прямолінійний рух — найпростіший вид руху, який у реальному житті зустрічається досить рідко. Прикладами такого руху можуть бути рух автомобіля на прямолінійній ділянці дороги (без розгону та гальмування), рух комбайна під час жнив.

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: прозора пляшка густої рідини для миття посуду; лінійка; секундомір.

Переверніть пляшку догори дном і назад та спостерігайте за рухом однієї з бульбашок повітря. Знайдіть швидкість її руху. Чи залежить швидкість руху бульбашки від її розмірів?



3. Як виміряти швидкість рівномірного руху?

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

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

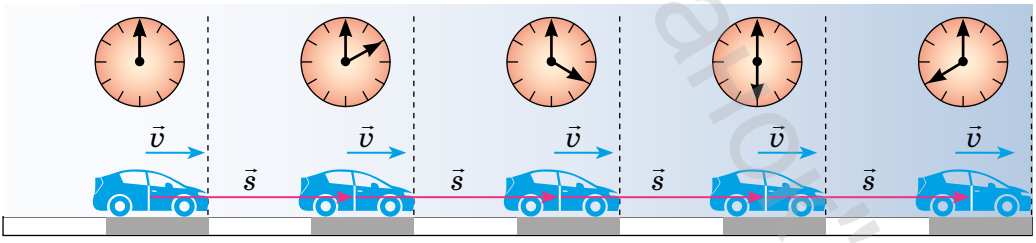


Рис. 8.1. Автомобіль, який рухається рівномірно прямолінійно, за будь-які рівні інтервали часу здійснює однакові переміщення

Підручник підготовлено для видання

Зверніть увагу! У разі рівномірного прямолінійного руху модуль переміщення дорівнює шляху ($s = l$), тому швидкість руху можна визначити за будь-якою з формул: $v = \frac{s}{t}$ або $v = \frac{l}{t}$.

Одиниця шляху в СІ — метр, одиниця часу — секунда, тому *одиниця швидкості руху в СІ* — **метр за секунду:** $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1 м/с *дорівнює швидкості такого рівномірного руху, під час якого тіло за* 1 с *долає шлях* 1 м.

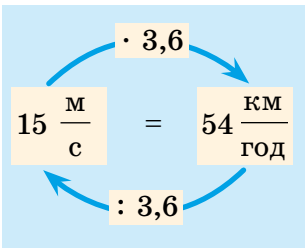
Значення швидкості руху може бути подано в різних одиницях. Для порівняння швидкостей необхідно швидкість руху, надану в одних одиницях, навчитися подавати в інших одиницях. Як це зробити? Наведемо приклад.

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:

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

Космічна ракета мчить зі швидкістю 8 кілометрів за секунду. Равлик повзе зі швидкістю 18 сантиметрів за хвилину. Подайте в метрах за секунду швидкості рухів ракети та равлика. У скільки разів відрізняються ці швидкості?





Найскладніше подавати в інших одиницях швидкість руху, надану в метрах за секунду, але послідовність дій залишається тією самою. Щоб швидкість руху, подану в метрах за секунду, подати в кілометрах за годину (і навпаки), можна скористатися пропонованою схемою.

Приладом для вимірювання швидкості руху є **спідометр.**

Спідометр, поданий на рисунку, має дві шкали. Дізнайтеся, в яких одиницях їх проградуйовано. Яка з одиниць швидкості є для вас зручнішою? Чи бачили ви спідометр, шкалу якого проградуйовано в метрах за секунду (м/с)? Поміркуйте, чому навіть до цифрового спідометра обов'язково додають шкалу зі стрілкою.





Підручник видавництва «Ранок»

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

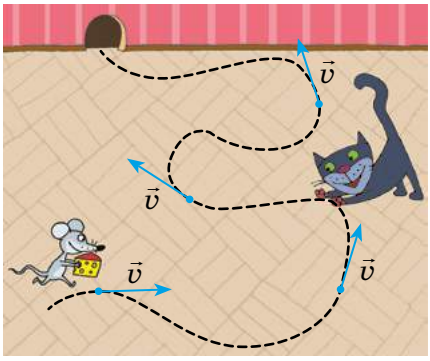


Рис. 8.2. Під час криволінійного руху напрямок швидкості руху весь час змінюється

Перенесіть у зошит траєкторію руху м'яча. Позначте напрямок швидкості руху м'яча в декількох точках траєкторії. У якій точці значення швидкості буде найбільшим? найменшим?



Напрямок і значення швидкості руху залежать від того, відносно якого тіла розглядають рух.

Уявіть, що ви сидите у вагоні потяга, який прямує на захід (див. рис. 8.3). Потяг проїжджає повз станцію зі швидкістю $v_{пот} = 5$ м/с. У цей час інший пасажир іде вагоном зі швидкістю $v_{пас} = 0{,}5$ м/с, рухаючись проти руху потяга.

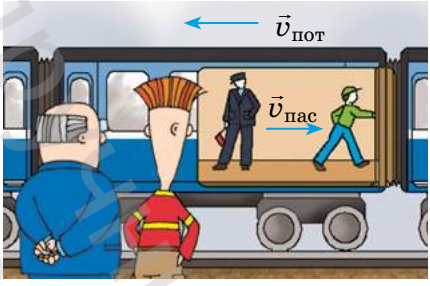


Рис. 8.3. Напрямок і значення швидкості руху залежать від того, де перебуває спостерігач

А чи однаковою буде швидкість руху пасажира для вас і для людей, які стоять на пероні? Звісно, ні! Для вас пасажир рухається на схід зі швидкістю 0,5 м/с, а для людей на пероні він разом із потягом рухається на захід зі швидкістю 4,5 м/с.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Якщо ви рухаєтеся від джерела звуку зі швидкістю, яка більша за 343 м/с, то не чутимете звуку від цього джерела. Швидкість поширення звуку в повітрі (за температури 20 °С) — 343 м/с, тож звук вас не дожене.

ВИВЧЕННЯ ПІДРУЧНИКА ВРАНОВА

4. Як визначити шлях і час руху тіла?

Якщо відомі швидкість і час руху тіла, то можна знайти шлях, який подолало тіло. Для цього треба швидкість руху помножити на час: $l = vt$.

Якщо відомі шлях і швидкість руху тіла, можна знайти час його руху. Для цього треба шлях поділити на швидкість руху: $t = \frac{l}{v}$.

Для зручності можна скористатися «чарівним трикутником» (рис. 8.4).

$l = v \cdot t$

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

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

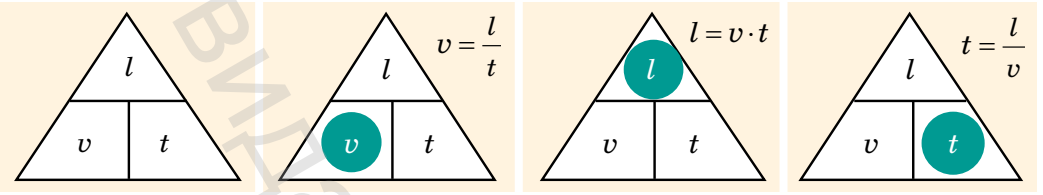
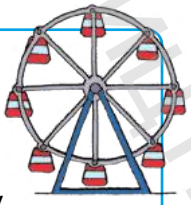


Рис. 8.4. Закривши пальцем символ шуканої величини (позначення шляху, часу або швидкості руху), отримаємо формулу для її визначення

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Рівномірний рух — механічний рух, під час якого за будь-які рівні інтервали часу тіло долає однаковий шлях.



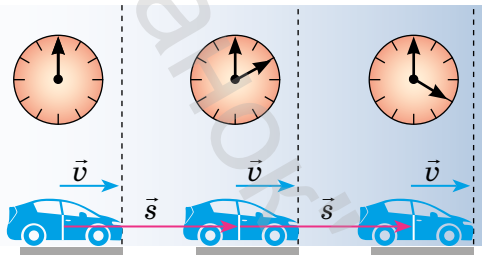
✓ Під час рівномірного руху траєкторія може бути якою завгодно; значення швидкості руху не змінюється.

Швидкість рівномірного руху — фізична величина, що дорівнює відношенню шляху, який подолало тіло, до інтервалу часу, протягом якого цей шлях був подоланий:

Швидкість руху ····· $v = \frac{l}{t}$ ····· Шлях / Час руху

Рівномірний прямолінійний рух — механічний рух, під час якого за будь-які рівні інтервали часу тіло здійснює однакове переміщення.

✓ Під час рівномірного прямолінійного руху траєкторія — пряма; значення швидкості руху не змінюється.

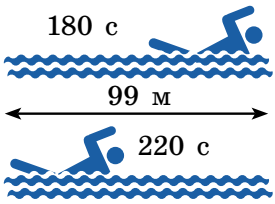


Видавництво "Ранок" Підручник

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

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

ВПРАВА № 8



1. Стадо антилоп рухається зі швидкістю 36 км/год. Який шлях подолає стадо за 5 хв?
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. Одиниця довжини *світловий рік* дорівнює відстані, яку долає світло у вакуумі за рік. Подайте цю відстань у кілометрах, вважаючи, що швидкість поширення світла у вакуумі 300 000 км/с.
7. Підготуйте презентацію про швидкість руху в живій природі або про швидкість руху сучасних транспортних засобів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

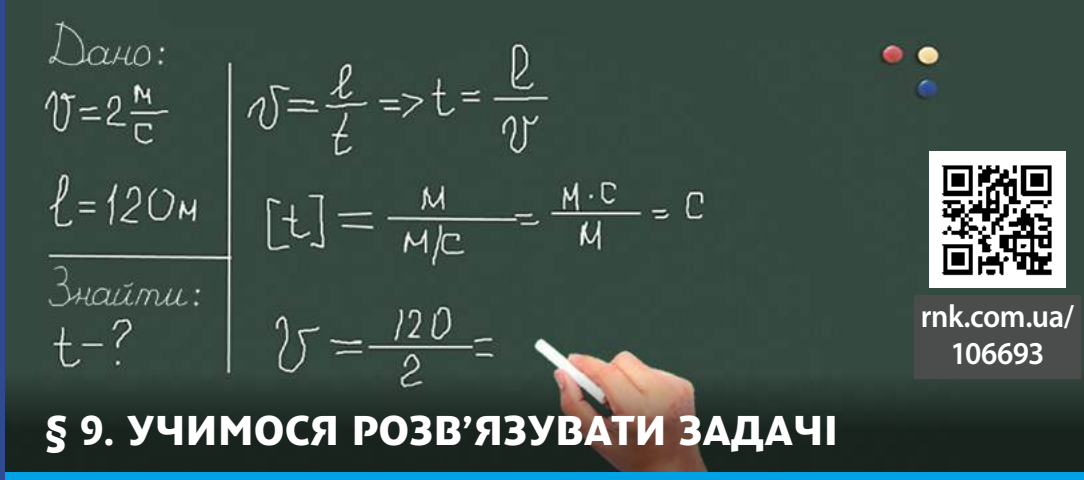


Влаштуйте з друзями «автомобільні перегони». Для цього до кожного іграшкового автомобіля прив'яжіть нитку. Другий кінець нитки закріпіть на олівці. Рухайте автомобілі, обертаючи олівці. Хто найшвидше пройде трасу? Якою є швидкість руху кожного автомобіля? Подайте результати у вигляді таблиці змагань.

Ключові терміни

Рівномірний рух • Рівномірний прямолінійний рух • Швидкість руху • Спідометр • Відносність швидкості руху

Видавництво "Ранок"



rnk.com.ua/106693

§ 9. УЧИМОСЯ РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧІ

Можливо, ви здивуєтесь, але в повсякденному житті ви вже зустрічалися з фізичними задачами і навіть розв'язували їх! Наведемо приклади фізичних задач, прокоментуємо основні етапи їх розв'язання, і надалі ви розв'язуватимете такі задачі як справжні фізики.

■ **Задача 1.** Уявіть, що відстань від дому до школи 900 м, а до початку уроків 10 хв. Чи встигнете ви вчасно, якщо підете зі швидкістю 3,6 км/год? З якою швидкістю ви маєте рухатися, щоб не запізнитися? ■

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 10 хв ($t_2 = 10$ хв).

Вважатимемо рух рівномірним.

Запишемо коротку умову задачі; час і значення швидкості руху подамо в одиницях СІ.

Дано:
$l = 900$ м
$v_1 = 3{,}6 \frac{км}{год} = 1 \frac{м}{с}$
$t_2 = 10$ хв $= 600$ с
Знайти:
$t_1 - ?$
$v_2 - ?$

1-й ЕТАП

Аналіз фізичної проблеми

1. Читаємо умову задачі, з'ясовуємо, 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 рисунок допомагає краще розібратися в задачі.
4. Записуємо коротку умову задачі. Під словом «Дано» записуємо символи наданих в умові фізичних величин та їхні значення в обраних одиницях. Під словом «Знайти» записуємо символи фізичних величин, які треба знайти в задачі.

ПІДРУЧНИК ВИДАВНИЦТВА РНК

Пошук математичної моделі. Запишемо формулу для розрахунку швидкості рівномірного руху:

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

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:

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

Знайдемо значення:

$$t_1 = \frac{900}{1} = 900\ (\text{с});\ t_1 = 15\ \text{хв};$$

$$v_2 = \frac{900}{600} = 1{,}5\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right);\ v_2 = 5{,}4\ \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Зверніть увагу! У вираз для шуканої величини можна відразу підставляти й числові значення, й одиниці. Тоді записуємо так:

$$t_1 = \frac{900\ \text{м}}{1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{900\ \text{м}\cdot\text{с}}{1\ \text{м}} = 900\ \text{с} = 15\ \text{хв};$$

$$v_2 = \frac{900\ \text{м}}{600\ \text{с}} = 1{,}5\ \frac{\text{м}}{\text{с}} = 5{,}4\ \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Аналіз результатів. $t_1 > t_2$, тому, рухаючись зі швидкістю $v_1 = 3{,}6\ \frac{\text{км}}{\text{год}}$, ви не встигнете до початку уроків. Щоб не спізнитися, треба рухатися швидше. Саме таке значення отримано в ході розв'язання.

Відповідь: $t_1 = 15$ хв; $v_2 = 5{,}4\ \frac{\text{км}}{\text{год}}$.

2-й ЕТАП

Пошук математичної моделі

1. У фізиці будь-якому розрахунку передує запис формули, тому поряд з умовою задачі записуємо рівняння, що пов'язують фізичні величини, які характеризують наявне в задачі фізичне явище або фізичне тіло.
2. Ураховуємо конкретні умови фізичної ситуації, описаної в задачі, шукаємо додаткові параметри.

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

4-й ЕТАП

Запис відповіді

Підручник відповідає

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...





Ви ніколи не будете знати, розуміти та любити фізику, якщо не розв'язуватимете задачі. Ось що про це пише вчена із США Сусанна Казарян: «Якщо у вас є крила, це не означає, що ви можете літати. Потрібно ще й вчитися літати. Розв'язання задач у фізиці — це як вчитися літати: махати крилами, керувати польотом, орієнтуватися та вдосконалювати свій політ». Поміркуйте над цим висловом. Згадуйте його, якщо хочеться відкласти задачу, коли вона здається вам важкою.

■ **Задача 2.** Водосховищем назустріч один одному рухаються два катери. Початкова відстань між катерами — 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 $l = 1500$ км.

Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Дано:

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

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

$l = 1500$ м

Знайти:

t — ?

l_1 — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання.

$$v = \frac{l}{t} \Rightarrow t = \frac{l}{v};\ v = v_1 + v_2 \Rightarrow t = \frac{l}{v_1 + v_2}.$$

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

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

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

Аналіз результатів. Перший катер рухається повільніше, ніж другий, тому до моменту зустрічі він подолає менший шлях. Такий результат й отримано: $l_1 = 600$ м, а l_2 відповідно $1500\ \text{м} - 600\ \text{м} = 900\ \text{м}$. Отже, результати є реальними.

Відповідь: $t = 60$ с; $l_1 = 600$ м.

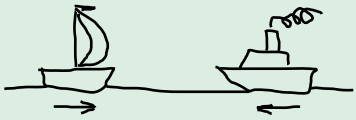
Електронний варіант підручника. Видавництво «Ранок»

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Алгоритм розв'язування задач із фізики

Уважно читаємо → Уявляємо фізичну ситуацію → Рисуємо, якщо треба → Записуємо коротку умову → Згадуємо відповідні формули → Подаємо формулу для знаходження невідомої величини → Перевіряємо одиниці → Робимо розрахунки → Аналізуємо. Весь час думаємо!



ВПРАВА № 9

1. Судно йде рівномірно зі швидкістю 7,5 м/с. Який шлях подолає судно за 2 год?

2. Хлопчик, рухаючись із 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?

3. Автонавантажувач рухається рівномірно вздовж ряду контейнерів. Контейнери, завдовжки 12 м кожний, стоять упритул один до одного. З якою швидкістю рухається автонавантажувач, якщо повз 5 контейнерів він проїжджає за 1 хв?

4. Під час змагань перший учень біг 2 хв зі швидкістю 12 км/год, другий подолав 1 км за 6 хв, третій пробіг 500 м зі швидкістю 12,5 км/год. Хто з учнів рухався найшвидше? подолав найбільшу відстань? біг довше за всіх?

5. Потяг їде 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?

6. Кореспондент, який брав інтерв'ю в команди швидкісного вітрильника «L'Hydroptere», написав, що під час змагань вітрильник супроводжували дельфіни, які не відставали, навіть якщо той рухався зі швидкістю 55 вузлів. Чи могло таке бути?

Ключові терміни

Аналіз фізичної проблеми • Коротка умова задачі • Пошук математичної моделі • Перевірка одиниць • Аналіз результатів

Електронний підручник "Видавництво Ранок"



rnk.com.ua/106694

§ 10. ГРАФІКИ РІВНОМІРНОГО РУХУ

Спортсмен, велосипед якого має спідометр, рухається по трасі. Швидкість руху, яку показує спідометр у будь-який момент часу, дорівнює 5 м/с. Як описати рух цього спортсмена та взагалі будь-якого тіла за допомогою графіків?

1. Як побудувати графік залежності шляху від часу для рівномірного руху тіла?

Розгляньте рис. 10.1. Побудуємо *графік залежності шляху*, який долає велосипедист, *від часу спостереження — графік шляху*.

Для цього 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 долає відстань 10 м. Міркуючи аналогічно, отримаємо:

t, с	0	2	4	6	8	10
l, м	0	10	20	30	40	50

2. Проведемо дві взаємно перпендикулярні осі. На горизонтальній — *осі абсцис* — відкладемо час руху велосипедиста в секундах; на вертикальній — *осі ординат* — шлях у метрах (рис. 10.2, *а*).

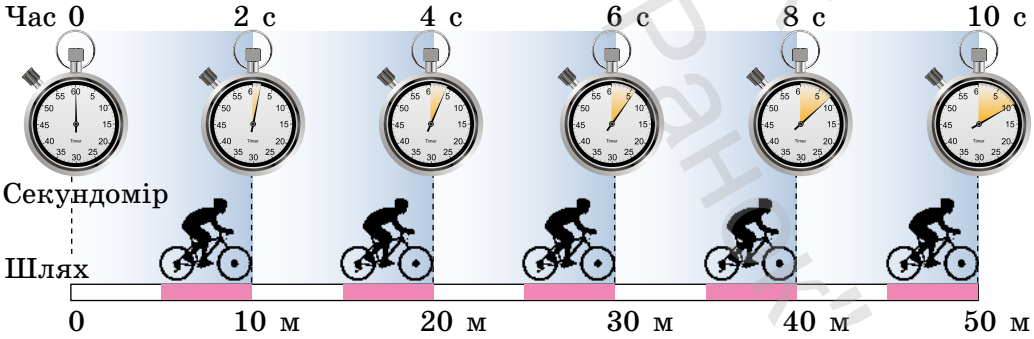


Рис. 10.1. Велосипедист рухається рівномірно прямолінійно: за будь-які рівні інтервали часу він долає однаковий шлях

ЕЛЕКТРОННИЙ ВИДАННЯ

3. Побудуємо точки з координатами: (0; 0), (2; 10), (4; 20), (6; 30), (8; 40), (10; 50). Абсциси точок відповідають часу руху, ординати — шляху, який подолано за цей час (рис. 10.2, *б*).

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

Зверніть увагу! Велосипедист рухається рівномірно, тому шлях, який він долає, можна визначити за формулою $l = vt$.

У будь-який момент $v = 5$ м/с, тому можна записати: $l = 5t$ (м), де час t задано в секундах. Рівність $l = 5t$ — *рівняння залежності шляху від часу спостереження (рівняння шляху).*

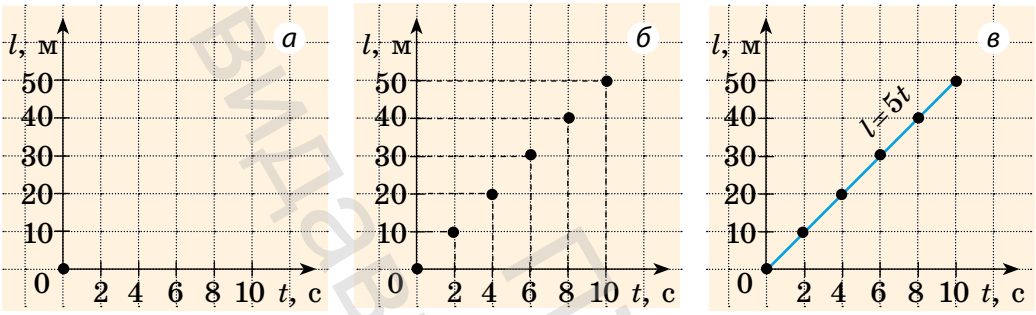


Рис. 10.2. Побудова графіка шляху велосипедиста, який рухається рівномірно зі швидкістю 5 м/с

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

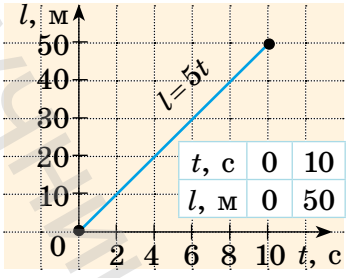
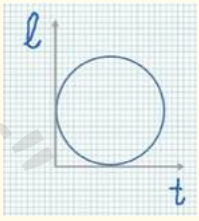


Рис. 10.3. Графік шляху тіла, яке рухається рівномірно зі швидкістю 5 м/с

А ЯК НАСПРАВДІ?



П'ятикласниця Ірина стверджує, що вона знає математику й фізику краще за будь-якого семикласника. Щоб це довести, дівчинка після катання на каруселі намалювала «графік шляху», який вона подолала (див. рисунок). Спростуйте або підтвердьте думку Ірини.



Видавництво «Ранок»

2. Про що можна дізнатися за графіком шляху?

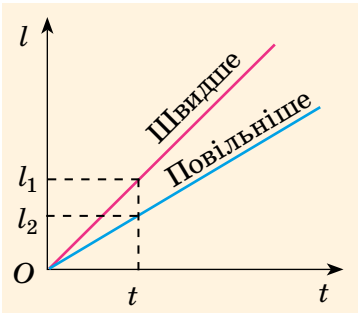


Рис. 10.4. За той самий час тіло, яке має більшу швидкість руху, долає більший шлях $(l_1 > l_2)$

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 більша 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 рухалося тіло; 2) який шлях подолало тіло за першу годину; за наступні дві години; 3) якою була швидкість руху тіла на кожній ділянці. ■

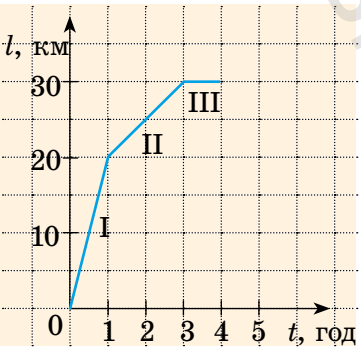


Рис. 10.5. Графік залежності шляху від часу для тіла, рух якого описано в задачі, поданій у § 10

Розв'язання

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

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

$$v_{\text{I}} = \frac{l_{\text{I}}}{t_{\text{I}}} = \frac{20\ \text{км}}{1\ \text{год}} = 20\ \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

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

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

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

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

Підручник рекомендовано Міністерством освіти і науки України

3. Як побудувати графік швидкості рівномірного руху тіла?

Повернемося до велосипедиста, який рухається рівномірно зі швидкістю $v = 5$ м/с (див. рис. 10.1). Побудуємо *графік залежності швидкості руху спортсмена 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, с	0	2	4	6	8	10
v, м/с	5	5	5	5	5	5

Спортсмен рухався рівномірно, тому швидкість його руху залишалася незмінною.

2. На осі абсцис відкладемо час руху в секундах, на осі ординат — швидкість руху в метрах за секунду (рис. 10.6).

3. Побудуємо точки, які мають координати (0; 5), (2; 5), (4; 5), (6; 5), (8; 5), (10; 5). Абсциси цих точок відповідають часу руху спортсмена, ординати — швидкості його руху.

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

У разі рівномірного руху графік швидкості руху тіла — відрізок на прямій, яка паралельна осі часу.

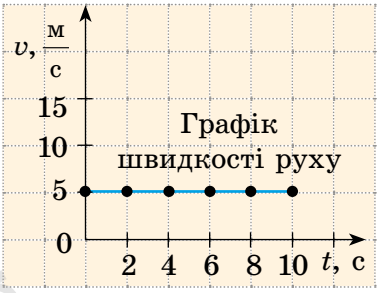
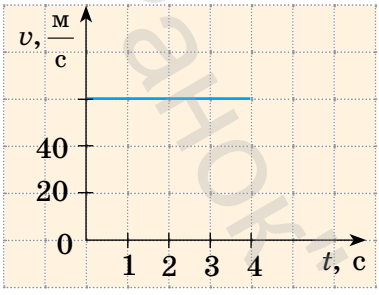


Рис. 10.6. Графік швидкості руху велосипедиста, що рухається рівномірно — з незмінною швидкістю $v = 5$ м/с. Час спостереження $t = 10$ с

Розгляньте графік швидкості руху деякого тіла, за яким спостерігали протягом 4 с.

- Як рухалося тіло?
- Якою була швидкість руху тіла?
- Яке тіло, на вашу думку, може рухатися з такою швидкістю?
- Чи можемо дізнатися, який шлях подолало тіло за час спостереження?





ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: мобільний телефон із додатком «Лічильник кроків» або «Спідометр».

Запустіть додаток і, намагаючись рухатися рівномірно, пройдіть відстань, що становить не менше ніж 20 м (не обов'язково прямолінійно). Скориставшись отриманими даними, побудуйте графіки залежності шляху та швидкості свого руху від часу спостереження.



4. Про що можна дізнатися за графіком швидкості руху тіла?

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

1. Протягом інтервалів часу від 0 до 5 с і від 5 до 15 с тіло рухалося рівномірно, оскільки графік швидкості руху — відрізки прямих, які паралельні осі часу.

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

У цьому випадку:

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

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

3. Можна визначити шлях l, який подолало тіло. Наприклад, за інтервал часу від 5 до 15 с (див. рис. 10.7, *в*) тіло подолало 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*):

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

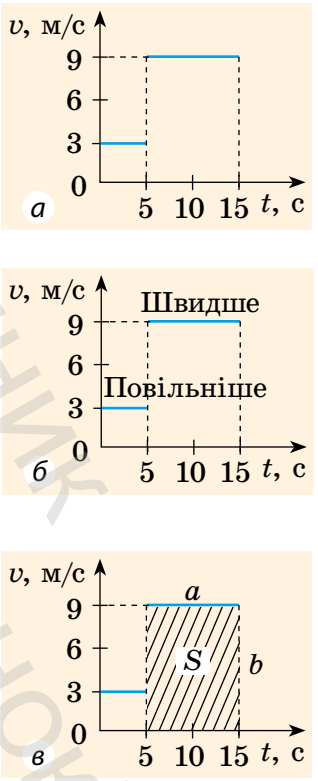


Рис. 10.7. Дослідження графіка швидкості руху деякого тіла

ВИВЧЕННЯ "РАНОК"
ПІДРУЧНИК

Зверніть увагу! Для будь-якого руху числове значення шляху, подоланого тілом, дорівнює числовому значенню площі фігури під графіком швидкості руху цього тіла (рис. 10.8).

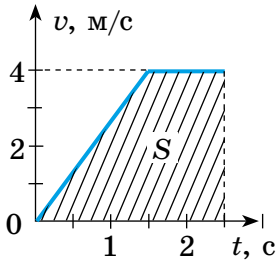


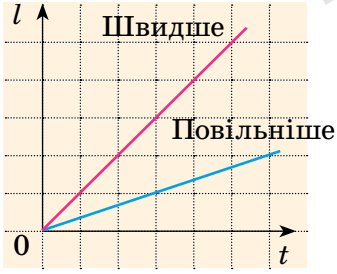
Рис. 10.8. Шлях чисельно дорівнює площі фігури під графіком залежності швидкості руху від часу

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Поняття «графік» уперше з'явилося в науці в XVII ст. завдяки французькому філософу та математику *Рене Декарту*. Сьогодні жодне наукове дослідження, жоден технічний проєкт не обходяться без графіків. За допомогою графіків демонструють і зміну температури повітря, і зростання цін на біржі, і багато іншого. Поміркуйте, чому графіки є такими популярними.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



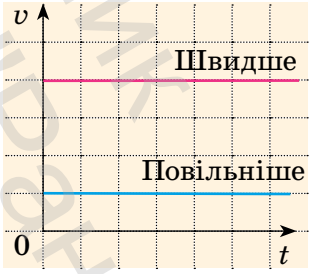
Графік шляху (*для рівномірного руху тіла*) — відрізок прямої, нахиленої до осі часу.

За графіком шляху можна:
- ✓ дізнатися, як рухалося тіло;
- ✓ знайти шлях, який долало тіло за певний інтервал часу;
- ✓ визначити й порівняти швидкості руху тіл.

Графіки руху — це графіки залежності кінематичних величин (шляху, швидкості, переміщення, координати) від часу.



Графік швидкості руху (*для рівномірного руху тіла*) — відрізок прямої, паралельної осі часу.



За графіком швидкості можна:
- ✓ дізнатися, як рухалося тіло;
- ✓ визначити й порівняти швидкості руху тіл;
- ✓ знайти шлях, який долало тіло за певний інтервал часу.

Підручник України

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Який вигляд має графік шляху в разі рівномірного руху? 2. Як за графіками шляхів двох тіл порівняти їхні швидкості руху? 3. Який вигляд має графік швидкості рівномірного руху тіла? 4. Як за графіками швидкостей руху двох тіл порівняти їхні швидкості руху? 5. Як за графіком швидкості руху тіла визначити шлях, подоланий цим тілом?

ВПРАВА № 10

1. Ягуар, наздоганяючи здобич, може короткий час рухатися зі швидкістю 25 м/с. Побудуйте графік такої швидкості руху ягуара за 5 с спостереження. Покажіть на графіку та визначте шлях, який долає ягуар за цей час.

2. На рис. 1 зображено графіки шляхів для пішохода, велосипедиста й трактора, які рухаються рівномірно зі швидкостями 4, 12 і 24 км/год відповідно. Який графік якому тілу відповідає? Побудуйте графіки швидкостей руху зазначених тіл.

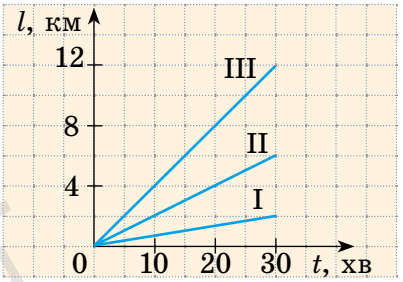


Рис. 1

3. Розгляньте графік швидкості руху тіла (рис. 2) і дізнайтесь: а) як рухалося тіло; б) швидкість руху тіла на кожній ділянці; в) шлях, який подолало тіло. Побудуйте графік шляху цього тіла.

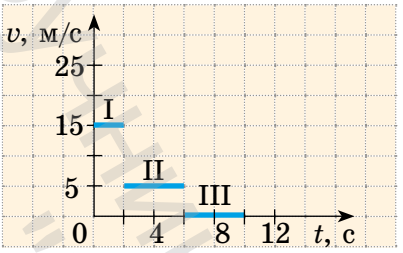


Рис. 2

4. Придумайте графічну задачу на рух із життя ваших улюблених героїв мультфільмів, розв'яжіть її та оформте на окремому аркуші.

5. Із рівняння $v = \frac{l_1 + l_2}{t}$ знайдіть: а) v, якщо $l_1 = 15$ м, $l_2 = 20$ м, $t = 10$ с; б) t, якщо $l_1 = 1$ км, $l_2 = 9$ км, $v = 4$ км/год; в) l_1, якщо $l_2 = 100$ м, $t = 5$ хв, $v = 25$ м/хв.

Ключові терміни

Графіки рівномірного руху • Графік шляху • Графік швидкості руху • Рівняння шляху

Електронний підручник Видавництва «Ранок»



rnk.com.ua/
106695

§ 11. НЕРІВНОМІРНИЙ РУХ. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ РУХУ

Напевно, вам траплялося їхати автобусом або потягом від 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. Чи можна назвати такий рух рівномірним? Звісно, ні. А як називають такий рух? Як його описати? Дізнаємось із цього параграфа.

1. Який рух є нерівномірним?

У повсякденному житті ми зазвичай маємо справу з *нерівномірним рухом*. Наприклад, нерівномірним є рух автобуса (рис. 11.1) та інших транспортних засобів, рух тіл, що падають, рух спортсменів на біговій доріжці. А ще згадайте, як котиться м'яч, як ви рухаєтесь 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 із 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

Електронний підручник

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

Запишіть у зошиті декілька словосполучень, що описують рухи, які ви робите вранці. Схарактеризуйте ці рухи. Які вони: прямолінійні чи криволінійні, рівномірні чи нерівномірні? Відносно яких тіл ви розглядаєте ці рухи (яке тіло обираєте за тіло відліку)?

Наприклад: «розплющила очі — нерівномірний прямолінійний рух відносно голови» або «поплентався до ванної кімнати — криволінійний та майже рівномірний рух відносно ліжка».





2. Як визначити 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 разі говорять, що отримано *середню швидкість руху* потяга (рис. 11.2).

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

Видавництво "Ранок"

Середня швидкість $v_{сер}$ руху тіла — це фізична величина, що дорівнює відношенню всього шляху l, який подолало тіло, до інтервалу часу t, за який цей шлях подолано:

$$v_{сер} = \frac{l}{t}$$

Зверніть увагу! У цьому випадку t — це сума часу руху тіла та часу, витраченого на можливі зупинки під час цього руху.

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: мобільний телефон із додатком «Карти Google».

Виходячи зі школи, прокладіть у додатку маршрут, яким ви будете рухатися додому (це може бути: пішки + автобус, пішки + автомобіль, тільки пішки тощо). Дізнайтеся, яку відстань вам потрібно подолати, та виміряйте час, який ви на це витратите. Визначте середню швидкість вашого руху за отриманими даними. Чи можете ви за цими даними встановити характер і швидкість вашого руху в кожний момент часу?



3. Що можна дізнатися з графіка швидкості нерівномірного руху тіла?

Розглянемо графік швидкості нерівномірного руху деякого тіла (рис. 11.3). Скориставшись графіком, з'ясуємо: як рухалося тіло, який шлях подолало 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 l_1, який подолало тіло за перші 15 с, згадаємо,

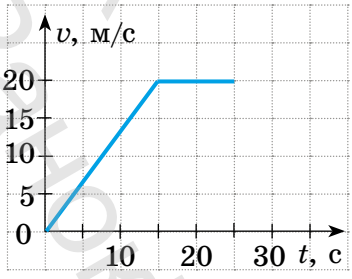


Рис. 11.3. Графік швидкості деякого тіла, що рухається нерівномірно

ВИДАВНИЦТВО «РАНОК»
ПІДРУЧНИК

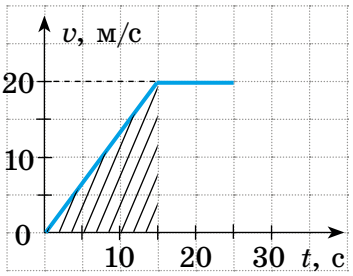


Рис. 11.4. Шлях, який подолало тіло за перші 15 с спостереження, чисельно дорівнює площі заштрихованого трикутника

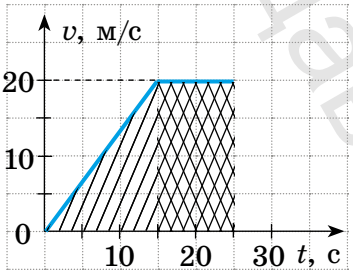


Рис. 11.5. Шлях, який подолало тіло за 25 с спостереження, чисельно дорівнює сумі площі трикутника та площі прямокутника

що числове значення шляху, який подолало 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, у 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, становить:

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

Отже, загальний шлях l, подоланий тілом за 25 с спостереження, становить (рис. 11.5):

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

Знаючи весь шлях l і весь час t руху, знайдемо середню швидкість руху тіла:

$$\upsilon_{\text{сер}} = \frac{l}{t} = \frac{350\ \text{м}}{25\ \text{с}} = 14\ \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

А ЯК НАСПРАВДІ?



«Першу половину шляху автомобіль рухався зі швидкістю 10 м/с, а другу половину шляху мчав зі швидкістю 40 м/с. Чому дорівнює середня швидкість руху автомобіля на всьому шляху?» Якщо ви комусь поставите це питання (можете провести опитування серед своїх знайомих), то вам, найімовірніше, дадуть таку відповідь: «Зрозуміло, що 25 м/с». Але це не так. У цьому випадку середня швидкість руху автомобіля становить лише 16 м/с. Поміркуйте, звідки взялася така відповідь.



Підручник видавництва "Ранок"

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

ВИДИ МЕХАНІЧНИХ РУХІВ

Дивимося на швидкість



Швидкість руху **не змінюється** → рух **рівномірний**



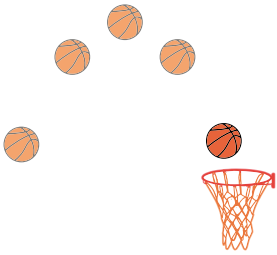
Швидкість руху **змінюється** → рух **нерівномірний**

Дивимося на траєкторію



Траєкторія руху — **пряма** → рух **прямолінійний**





Траєкторія руху — **крива** → рух **криволінійний**

Характеризуючи механічний рух, треба зважати на те, *чи змінюється швидкість руху тіла, і на те, якою є траєкторія руху.* Рух колеса огляду — рівномірний криволінійний.

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

$$\text{Середня швидкість руху} = \frac{\text{Увесь шлях}}{\text{Увесь час}} \qquad v_{\text{сер}} = \frac{l}{t}$$

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 знайти? 4. Як за графіком швидкості руху тіла знайти шлях, який подолало 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.

Видавництво «Ранок»

2. Хлопчик вийшов зі школи та пішов додому. Перший кілометр шляху він подолав за 0,5 год, а решту 5 км його підвіз тато, витративши на це 0,1 год. Знайдіть середню швидкість руху хлопчика на всьому шляху від школи додому.

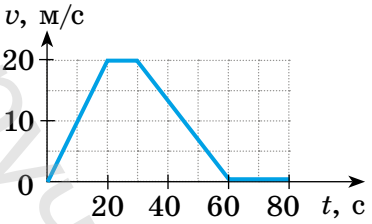
3. Потяг за 1 год пройшов 60 км. Потім він рухався ще 30 хв зі швидкістю 90 км/год. Яка середня швидкість руху потяга?

4. Підіймаючись на гору, турист подолав шлях 3 км за 1 год. Спускався він з гори тією самою стежкою. Скільки часу витратив турист на спуск, якщо середня швидкість його руху на всьому шляху становила 1 м/с?

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. Скориставшись графіком швидкості руху автомобіля (див. рисунок):



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.

У яких ситуаціях автомобіль міг рухатися саме так?

8. Знайдіть карту залізниць вашої області та розклад руху будь-якої приміської електрички. Скориставшись цими даними, визначте середні швидкості руху електрички в обох напрямках слідування; між кількома проміжними станціями.

Ключові терміни

Рівномірний прямолінійний рух • Рівномірний криволінійний рух • Нерівномірний прямолінійний рух • Нерівномірний криволінійний рух • Середня швидкість руху

Підручник видавництва «Ранок»

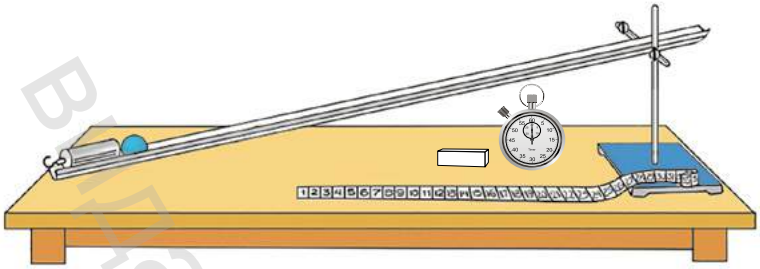
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

rnk.com.ua/106639

Тема. Визначення середньої швидкості руху тіла.

Мета: дослідити нерівномірний рух тіла; виміряти середню швидкість руху тіла.

Обладнання: секундомір; вимірювальна стрічка; жолоб завдовжки 1–1,5 м; кулька; штатив із муфтою та лапкою; металевий циліндр (або інший предмет для припинення руху кульки по жолобу); шматочок крейди.



ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

Підготовка до експерименту

1. Переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.
   1) Який рух називають нерівномірним?
   2) Як обчислюють середню швидкість руху тіла?
2. Підготуйте обладнання.
   1) Закріпіть жолоб у лапці штатива. Опустіть лапку, розташувавши жолоб під невеликим кутом до горизонту.
   2) У верхній частині жолоба зробіть позначку крейдою.

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.

Результати вимірювань відразу заносьте до таблиці.

1. Розташуйте металевий циліндр у нижній частині жолоба.
2. Виміряйте відстань l від позначки до циліндра (ця відстань дорівнює шляху, який долатиме кулька, рухаючись уздовж жолоба).
3. Розташуйте кульку навпроти позначки, відпустіть кульку, не штовхаючи її, та виміряйте час t_1, за який кулька скочується (час від початку руху кульки до моменту її удару об металевий циліндр).
4. Повторіть дослід іще двічі.

Підручник "Ранок" Видавництво

Номер досліду	Шлях l, м	Час руху кульки t, с	Середній час руху кульки $t_{сер}$, с	Середня швидкість руху кульки $v_{сер}$, м/с
1				
2				
3				

Опрацювання результатів експерименту

1. Обчисліть середній час руху кульки: $t_{сер} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$.
2. Визначте середню швидкість руху кульки: $v_{сер} = \frac{l}{t_{сер}}$.

Результати обчислень занесіть до таблиці.

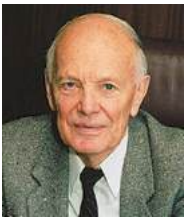
Аналіз експериментального дослідження та його результатів

Проаналізувавши експеримент та його результати, зробіть висновок, у якому зазначте: 1) який рух ви вивчали; 2) значення якої величини визначили; 3) які результати отримали; 4) які чинники вплинули на точність результатів.

Творче завдання

Продумайте і запишіть план проведення експерименту, мета якого — довести, що середня швидкість нерівномірного руху кульки похилим жолобом на всьому шляху відрізняється від середньої швидкості руху кульки на половині шляху. Поясніть, чому ці значення не збігаються.

ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



Борис Євгенович Патон (1918–2020) — видатний інженер, учений, організатор науки. 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.

У 1958 р. Б. Є. Патон став дійсним членом Академії наук України, а з 1962 до 2020 рр. був її незмінним президентом.

Підручник видавництва "Ранок"

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 2

Частина 1 «Прямолінійний рівномірний рух»

1. Ви вивчали *механічний рух* та ознайомились із деякими *основними поняттями механіки*.



2. Ви дізналися про *фізичні величини, які характеризують механічний рух*.

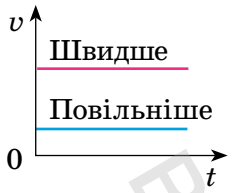
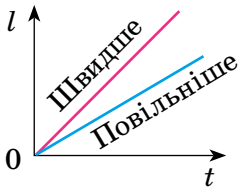
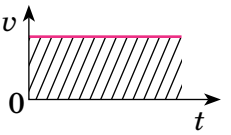
Шлях l — фізична величина, яка дорівнює довжині траєкторії; $[l]=$м	*Переміщення* $\vec{s}$ — напрямлений відрізок, який з'єднує початкове і кінцеве положення тіла; $[s]=$м	*Швидкість рівномірного руху* $\vec{v}$ — фізична величина, що дорівнює відношенню шляху, який подолало тіло, до інтервалу часу, протягом якого цей шлях був подоланий: $v=\frac{l}{t}$; $[v]=$м/с

3. Ви навчилися розрізняти *види механічного руху*.



Підручник видавництва «Ранок»

4. Ви навчилися досліджувати рівномірний рух за допомогою *графіків шляху* та *графіків швидкості руху*.

Графік швидкості руху	Графік шляху	Зв'язок між графіком швидкості руху та шляхом
		 Шлях чисельно дорівнює площі фігури під графіком швидкості руху

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Еволюція приладів для вимірювання часу.
2. Надшвидкі потяги світу.
3. Історія рекордів швидкості на суднах.
4. Історія рекордів швидкості на автомобілях.

ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Вимірювання часу реакції людини на візуальний сигнал.
2. Визначення середньої швидкості руху під час прогулянки.
3. Визначення середньої швидкості польоту м'яча.
4. Визначення середньої швидкості руху тіл різними способами.

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Розвиток транспорту: пліт — човен — корабель; повітряна куля — дельтаплан — літак; автомобіль.
2. Розробка оптимального маршруту подорожі від вашого міста (села) до будь-якого міста Європи.
3. Хто найшвидший? Дослідження та порівняння швидкостей руху тварин і транспортних засобів.
4. Механічний рух паперового літачка: дослідження траєкторій, побудова графіків, визначення середньої швидкості руху тощо.

Підручник видавництва "Ранок"

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Частина 1 «Прямолінійний рівномірний рух»

rnk.com.ua/106653

У завданнях 1–5, 7–8 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(1 бал)* Потяг, що рухається, перебуває у стані спокою відносно:
а) центра Землі;
б) пасажира, що сидить у кріслі вагона;
в) точок на ободі колеса вагона;
г) рейок, по яких він рухається.

2. *(1 бал)* Яке тіло можна взяти за матеріальну точку?
а) м'яч;
б) слон;
в) планета Марс;
г) будь-яке, залежно від задачі.

3. *(1 бал)* Які прилади вам знадобляться для вимірювання середньої швидкості руху тіла?
а) лінійка та мензурка;
б) мензурка та секундомір;
в) рулетка та секундомір;
г) лінійка та спідометр.

4. *(2 бали)* Космічний корабель протягом 20 с рухався зі швидкістю 10 000 м/с. Яку відстань подолав корабель за цей час?
а) 5 км;
б) 20 км;
в) 200 км;
г) 500 км.

5. *(2 бали)* Потяг рухався із середньою швидкістю 40 м/с. Скільки часу тривала подорож між двома містами, якщо відстань між ними 624 км?
а) 1 год 34 хв;
б) 4,2 год;
в) 4 год 20 хв;
г) 15,6 год.

6. *(2 бали)* Установіть відповідність між рухом тіла в просторі (1–3) та системою координат (А–В), яку зручніше використовувати для визначення положення цього тіла.

1 Людина здійснює політ у костюмі-крилі	**А** Одновимірна система координат
2 Катер рухається поверхнею озера	**Б** Двовимірна система координат
3 Ліфт піднімається вертикально	**В** Тривимірна система координат

Підручник Видавництво "Ранок"

7. *(2 бали)* Яка істота має найбільшу швидкість?
а) кінь скаче зі швидкістю 10 м/с;
б) кішка досягла швидкості 25 км/год;
в) бджола летить зі швидкістю 500 м/хв;
г) кашалот пливе зі швидкістю 10 вузлів (1 вузол ≈ 1,852 км/год).

8. *(2 бали)* Пів години юнак їхав на велосипеді зі швидкістю 24 км/год, а потім ішов пішки 6 км зі швидкістю 4 км/год. Визначте середню швидкість руху юнака.
а) 9 км/год; б) 18 км/год; в) 20 км/год; г) 28 км/год.

9. *(2 бали)* За графіком залежності шляху від часу для рівномірного руху (рис. 1) визначте швидкість руху тіла. Відповідь подайте в метрах за секунду (м/с) і кілометрах за годину (км/год).

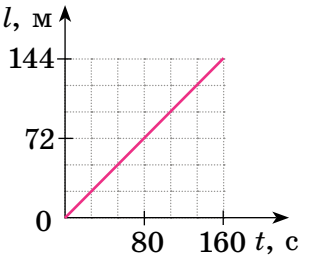


Рис. 1

10. *(3 бали)* Турист ішов гірською стежкою, рухаючись зі швидкістю 2 км/год, а потім повернувся до місця свого старту, рухаючись зі швидкістю 6 км/год. Якою була середня швидкість руху туриста на всьому шляху?

11. (*3 бали*) Використовуючи дані рис. 2, визначте, за який час зустрінуться легковий автомобіль і вантажівка.

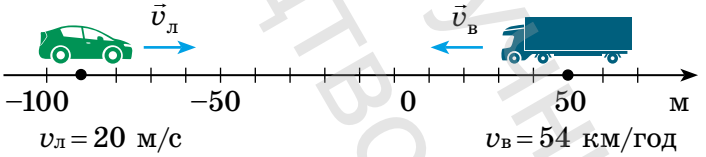


Рис. 2

12. (*3 бали*) На рис. 3 наведено графік швидкості руху автомобіля. Визначте максимальну швидкість руху автомобіля та весь шлях, що він подолав.

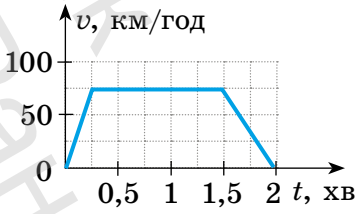


Рис. 3

Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 2. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

Видавництво "Ранок"

РОЗДІЛ 2
МЕХАНІЧНИЙ РУХ

Частина 2
«Рівномірний рух по колу. Коливальний рух»



Ви знаєте, що блендер обертається досить швидко, а зможете розрахувати, що рухається швидше — кінчик блендера чи автівка

Ви знаєте про каруселі з подвійним обертанням (сидіння та всієї каруселі), а дізнаєтеся, що кожна людина на Землі бере участь у подібному русі все життя

Ви знаєте, як гойдатися на гойдалці, а дізнаєтеся, що саме такий рух є основою безлічі фізичних явищ

Видавництво «Ранок»



rnk.com.ua/
106696

§ 12. РІВНОМІРНИЙ РУХ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПО КОЛУ. ПЕРІОД ОБЕРТАННЯ

Рух кабінки оглядового колеса, центрифуги під час тренування космонавта, метального молота на етапі розкручування, кінчика ножа блендера, коли готується смузі... Чи є щось спільне між цими, на перший погляд зовсім різними, рухами? З'ясуймо.

1. Які особливості має рівномірний рух по колу?

Якою є траєкторія руху, наприклад, кабінки оглядового колеса? Ми впевнені, що ви легко визначили: цією лінією є коло. Очевидно, що коловою траєкторією рухаються ще багато точок конструкції оглядового колеса. Кожна така точка за будь-які рівні інтервали часу проходить однаковий шлях. Тож тут ми маємо справу з *рівномірним рухом по колу*. Надалі, говорячи про рівномірний рух по колу будь-якого фізичного тіла, вважатимемо це тіло матеріальною точкою. Зрозуміло, що прикладів зазначеного руху можна навести чимало (рис. 12.1).







Рис. 12.1. Приклади руху по колу: *а* — рух точок турбіни вітрогенератора; *б* — рух супутників геостаціонарною орбітою; *в* — рух шкарпетки в барабані пральної машини під час віджимання

Рівномірний рух матеріальної точки по колу — це такий криволінійний рух, під час якого точка, рухаючись коловою траєкторією, за будь-які рівні інтервали часу проходить однаковий шлях.

Електронний підручник "РАНОК"

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Колесо — це один із винаходів людства, який не має аналогів у природі за формою та своїми функціями.

За п'ять тисячоліть існування колесо стало невід'ємним елементом багатьох механізмів і транспортних засобів: від античних колісниць до сучасних літаків.



2. Як розрахувати період обертання?

Спостереження за рівномірним рухом по колу засвідчують, що це *періодичний рух*, тобто рух, який повторюється через певні рівні інтервали часу. Наприклад, кінчик секундної стрілки годинника повторює свій рух кожні 60 с. Характеристиками такого руху слугують *період* і *частота*. У разі рівномірного руху по колу говорять про *період обертання* та *обертову частоту*.

Період обертання — це фізична величина, яка дорівнює часу, протягом якого точка, що рівномірно рухається по колу, здійснює один оберт.

Період обертання позначають символом T. *Одиниця періоду обертання в СІ* — **секунда:** $[T] = \text{с}$.

Коли збивають молочний коктейль, кожна точка ножа блендера за 30 с робить 6000 обертів (рис. 12.2). Зрозуміло: щоб визначити *час одного оберту*, слід час обертання ($t = 30$ с) поділити на кількість обертів ($N = 6000$): $T = \frac{30\ \text{с}}{6000} = 0{,}005\ \text{с} = 5\ \text{мс}$. Тобто період обертання T точок ножа блендера становить 5 мс.

Поміркуйте, які періоди обертання точок хвилинної та годинної стрілок годинника.





Рис. 12.2. Точки ножа блендера за хвилину роблять 12 тис. обертів

Отже, *щоб визначити період обертання T, слід підрахувати кількість N обертів, здійснених за час t, і скористатися формулою*:

$$T = \frac{t}{N}$$

Підручник вибуває з обігу

3. Як пов'язані період і частота обертання?

Зазначаючи технічні характеристики пристроїв, використовують не період обертання, а обертову частоту (рис. 12.3).



Рис. 12.3. Обертова частота кулерів сучасних процесорів становить 50–60 обертів за секунду

Обертова частота — це фізична величина, яка дорівнює кількості обертів за одиницю часу.

Обертову частоту позначають символом n і визначають за формулою:

$$n = \frac{N}{t},$$

де t — час обертання; N — кількість обертів, здійснених за цей час.

Одиниця обертової частоти в СІ — **оберт за секунду:**

$$[n] = \frac{\text{об}}{\text{с}} = \frac{1}{\text{с}}.$$

Оскільки $T = \frac{t}{N}$, а $n = \frac{N}{t}$, доходимо висновку, що період обертання та обертова частота є взаємно оберненими величинами, тобто:

$$n = \frac{1}{T};\ T = \frac{1}{n}$$

Чим більшим є період обертання тіла, тим меншою є його обертова частота, і навпаки.

Сподіваємося, що ви без особливих зусиль зможете визначити обертову частоту точок ножа блендера (див. рис. 12.2).



ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: мікрохвильова піч; склянка з водою; секундомір.

Розмістіть склянку з водою в НВЧ-печі, увімкніть піч під наглядом дорослих і визначте частоту й період обертання склянки. Рух якого тіла має приблизно такий самий період обертання?



ВИДАВНИЦТВО "ПІДРУЧНИК"

4. Як розрахувати швидкість рівномірного руху по колу?

Під час рівномірного руху по колу тіло за час, що дорівнює періоду $(t = T)$, робить один оберт, тобто долає шлях l, який дорівнює довжині кола. Знаючи шлях і час, за який цей шлях подолано, одержимо формулу для розрахунку *швидкості рівномірного руху по колу*:

$$\upsilon = \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T}$$

Help

Довжину кола l можна обчислити за відомою вам з математики формулою: $l = 2\pi R$, де π — математична константа; R — радіус кола.
Розв'язуючи задачі, вважатимемо, що $\pi = 3{,}14$.

Саме про швидкість рівномірного руху по колу йдеться, коли, наприклад, говорять про швидкість польоту штучних супутників Землі, швидкість руху людини, яка кружляє на каруселі, тощо.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Блогер розповів, що випадково разом зі штанами поправ брелок. Хлопець стверджував, що «шлях», який вимушено подолав брелок лише за 5 хв роботи центрифуги, приблизно дорівнює 6 км. Чи ймовірні дані навів блогер?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Рівномірний рух матеріальної точки по колу — це такий рух, під час якого точка, рухаючись коловою траєкторією, за будь-які рівні інтервали часу проходить однаковий шлях.

Період обертання T — час одного оберту.

$$T = \frac{t}{N}$$

$[T] = \text{с}$

t — час спостереження;
N — кількість обертів за час спостереження;
R — радіус кола

$$T = \frac{1}{n}$$



Обертова частота n — кількість обертів за одиницю часу.

$$n = \frac{N}{t}$$

$$[n] = \frac{\text{об}}{\text{с}} = \frac{1}{\text{с}}$$

Швидкість рівномірного руху по колу:

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T}$$

Підручник вибраний Міністерством освіти і науки України

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Який рух називають рівномірним рухом по колу? 2. Чому рівномірний рух по колу є періодичним? 3. Дайте означення періоду обертання. Як його визначити? 4. Дайте означення обертової частоти. 5. Як пов'язані обертова частота й період обертання? 6. Як визначити швидкість рівномірного руху по колу?

ВПРАВА № 12

1. За 18 секунд колесо автомобіля здійснило 24 оберти. Визначте період обертання точки на ободі колеса.

2. Якою є обертова частота точок патрона електродриля, якщо протягом хвилини патрон здійснює 900 обертів?

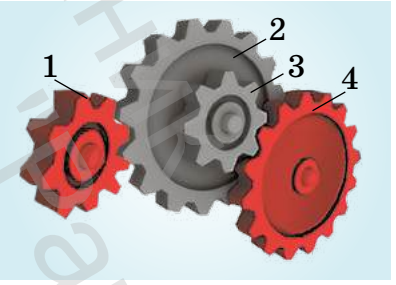
3. Особливості зору людини такі, що вона може ідентифікувати події як різні, якщо інтервал часу між ними більший за 0,2–0,3 с. З якою частотою потрібно рухати по колу «бенгальський вогонь», щоб побачити світне кільце?

4. Відомо, що вентилятор мікропроцесора персонального комп'ютера обертається з частотою 3600 об/хв. Яким є період обертання точок лопатей вентилятора?

5. Учень катався на каруселі 5 хв. За цей час він здійснив 100 обертів. У якому випадку можна стверджувати, що період обертання учня дорівнював 3 с?

6. Яка швидкість руху кінчика крильчатки блендера під час приготування смузі (див. рис. 12.2)? Діаметр крильчатки 50 мм.

7. Шестірні скріплені зубцями так, як показано на рисунку. Шестірня 1 має 9 зубців, шестірня 2 — 15, шестірня 3 — 8, шестірня 4 — 16. Шестірні 2 і 3 закріплені на спільному валу. Визначте період обертання шестірні 4, якщо частота обертання шестірні 1 — 5 об/с.



8. Знайдіть три цікаві факти про колесо. Критично проаналізуйте отриману інформацію, внесіть відповідні корективи та запишіть короткий (до 1 хв) відеоролик на зазначену тему.

Ключові терміни

Рівномірний рух по колу • Період обертання • Обертова частота

Видавництво "Ранок"

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

rnk.com.ua/106642

Тема. Вимірювання періоду обертання та обертової частоти.

Мета: виміряти період обертання та обертову частоту тіла під час його рівномірного руху по колу.

Обладнання: невелике тіло (ґудзик, ключ, кулька тощо); аркуш із зображенням кола радіусом 15 см; нитка завдовжки 50–60 см; секундомір; лінійка.

ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

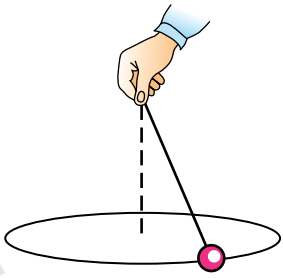
Підготовка до експерименту

1. Переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.
   1) Який рух називають рівномірним рухом по колу?
   2) За якою формулою обчислюють період рівномірного руху тіла по колу? обертову частоту?
2. Прикріпіть кульку до нитки. На вільному кінці нитки зробіть петлю.

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.

1. Візьміть за петлю нитку з тілом. Розташуйте руку над центром зображеного кола. Примусьте тіло рухатися так, щоб траєкторія його руху збігалася з колом.
2. Виміряйте час t, за який тіло здійснює 10 обертів.



Опрацювання результатів експерименту

Визначте період обертання, обертову частоту та швидкість руху тіла.

Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізувавши експеримент, зробіть висновок, у якому зазначте: 1) який рух ви вивчали; 2) значення яких величин визначали; 3) які результати отримали; 4) у чому причина похибки.

Творче завдання

Продумайте та запишіть план проведення експерименту, мета якого — виявити залежність періоду обертання та обертової частоти виготовленого вами пристрою від довжини нитки. Проведіть цей експеримент. Зробіть висновок.

Підручник вилучено з обігу



rnk.com.ua/106697

§ 13. РУХ ЗЕМЛІ І МІСЯЦЯ

Понад 5000 років тому жерці стародавнього Вавилону, спостерігаючи за Місяцем, визначили такий добре відомий нам інтервал часу, як тиждень. Як вони це зробили? У чому особливість руху Місяця? У цьому параграфі ви знайдете відповіді на ці та багато інших запитань.

1. Чи можна використати природні явища для виміру часу?

Згадаємо будову Сонячної системи: планети обертаються навколо Сонця, яке розташоване в центрі цієї системи. На рис. 13.1 показано Землю, що обертається навколо Сонця, та її супутник Місяць (він обертається навколо Землі). Орбіти (траєкторії руху) Землі і Місяця за формою майже збігаються з колом*. Рух Землі навколо Сонця та рух Місяця навколо Землі є прикладами періодичного рівномірного руху по колу, який, як ви вже знаєте, характеризується *періодом обертання*. Крім того, і Земля, і Місяць обертаються навколо власних осей.

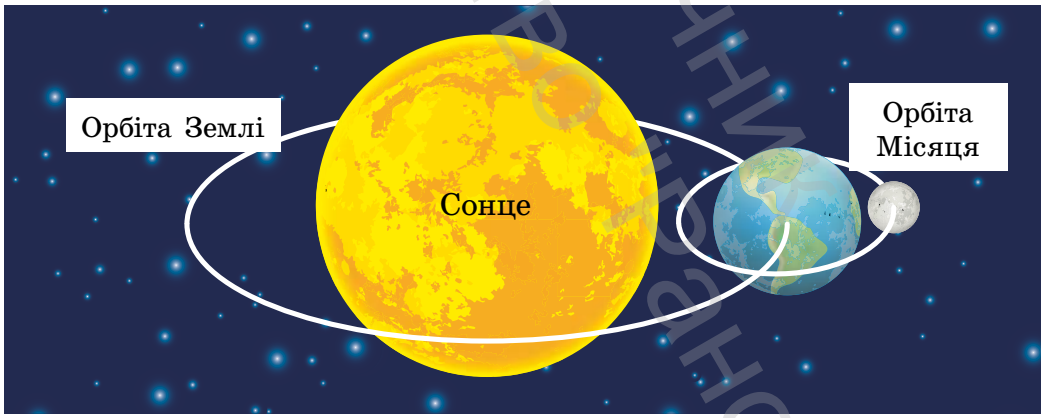


Рис. 13.1. Рух Землі і Місяця. *Зверніть увагу:* щоб розмістити всі три космічні тіла на одному зображенні, співвідношення розмірів і відстаней між ними змінено порівняно з реальними

* Точніше — Земля і Місяць рухаються еліптичними орбітами.

Електронний підручник видавництва РАНОК

Логічним є використати період обертання як природну одиницю часу. Саме так і зробили допитливі люди в давнину. Шляхом тривалих спостережень вони визначили надійні одиниці часу: добу, рік, місяць.

З яким явищем, на вашу думку, пов'язана одиниця часу «місяць»?



Доба — це час між послідовними сходами Сонця на Землі, тобто *період обертання Землі навколо власної осі*.

Рік — період обертання Землі навколо Сонця.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Оглядове колесо в Сінгапурі, зображене на заставці до § 12, має назву «Flyer». В інтернеті є багато описів цієї споруди, але частина інформації різниться. Наприклад, на одному ресурсі зазначено, що період обертання колеса в 100 разів менший від періоду обертання Землі, на другому — що він дорівнює 28 хв, а на третьому — 37 хв.

На офіційному сайті «Flyer» немає інформації саме про період обертання, але подано діаметр колеса (150 м) і лінійну швидкість його руху (0,24 м/с). Який насправді період обертання колеса «Flyer»?

2. Чому тиждень триває саме сім діб?

Вважається, що одиницю часу «місяць» винайшли в стародавньому Вавилоні. Спостерігаючи за нічним небом, жерці помітили, що молодий Місяць з'являється на небосхилі приблизно кожні 29 діб*. Так виникла одиниця часу *місяць*. За цей час Місяць, обертаючись навколо Землі, проходить *повний цикл зміни фаз: новий Місяць, перша чверть, повня, остання чверть* (рис. 13.2).

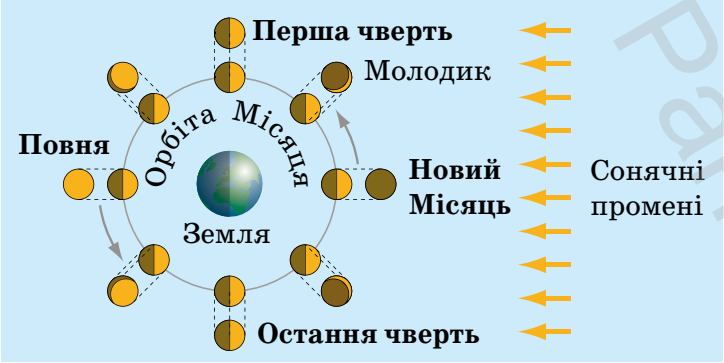


Рис. 13.2. У прадавні часи початок і кінець місяця визначали за фазами Місяця (зображення Місяця на зовнішньому колі — це те, яким ми бачимо Місяць із Землі)

* Точніше — від 29 діб 6 год до 29 діб 20 год.

Електронний ресурс "Ранок"

Саме за кількістю місячних фаз жерці розділили місячний місяць на чотири й отримали приблизно сім діб — одиницю часу, яку ми називаємо *тиждень*.

Період обертання Землі навколо своєї осі — 24 години (доба), а навколо Сонця — 365 діб і 6 годин. Зручніше користуватися цілими числами, і домовилися, що тривалість кожного з трьох років поспіль складає 365 діб; на кінець четвертого року накопичується $6 \cdot 4 = 24$ «зайві» години, тому четвертий рік налічує $365 + 1 = 366$ діб (він одержав назву «*високосний*»).

Отримати цілу кількість місячних місяців тривалістю 29 діб протягом року не вдається, тому зараз ми використовуємо поняття *календарного місяця*, який не залежить від фаз Місяця й триває від 28 до 31 доби.

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що потрібно: декілька хвилин вільного часу щовечора.

Проведіть систематичні спостереження повного циклу зміни фаз Місяця, розпочавши з будь-якої фази. У ході спостережень виконайте схематичні зображення Місяця, поряд із кожним укажіть дату. За підсумками дослідження підготуйте узагальнювальний рисунок: виділіть фази Місяця, укажіть дати. Чи мали рацію вавилонські жерці, які поділили повний цикл фаз Місяця саме на чотири частини? Обговоріть у класі досягнення й труднощі дослідження.



Рис. 13.3. Зображення зворотного боку Місяця

3. Чи можна побачити зворотний бік Місяця?

І стародавні вавилонські жерці, і вчені античної Греції, і Ґ. Ґалілей у Середньовіччі, і ми з вами спостерігаємо той самий місячний «пейзаж»: Місяць завжди звернений до спостерігача на Землі тим самим боком. Чому це так? Адже Місяць обертається не лише навколо Землі, а й навколо власної осі. Відповідь доволі проста: у Місяця період обертання навколо Землі та період обертання навколо власної осі збігаються (приблизно 27,3 доби). Космічні кораблі допомогли побачити недосяжне: сьогодні будь-хто може роздивитися зворотний бік Місяця на супутникових знімках (рис. 13.3).

ВИДАВНИЦТВО «ГЕНЕЗА»

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На заставці до § 13 зображений *супермісяць* — явище, коли супутник нашої планети виглядає найбільшим. Такий Місяць можна побачити приблизно три-чотири рази на рік. Більший за розміром Місяць ми бачимо тоді, коли фаза «повний Місяць» («повня») збігається з перебуванням Місяця в найближчій до Землі точці орбіти, яка має назву *перигей*.

4. Чи можна наздогнати Землю на орбіті?

Для розрахунку швидкості руху Землі орбітою звернемося до довідника та з'ясуємо, що відстань між Сонцем і Землею становить приблизно 150 млн км.

Період обертання Землі навколо Сонця — один рік, тобто приблизно 365 діб. Кожна доба складається із 24 годин, година — із 60 хвилин, а хвилина — із 60 секунд. Скористаємося формулою для розрахунку швидкості рівномірного руху по колу: $v_З = \frac{2\pi R}{T}$. Одержимо:

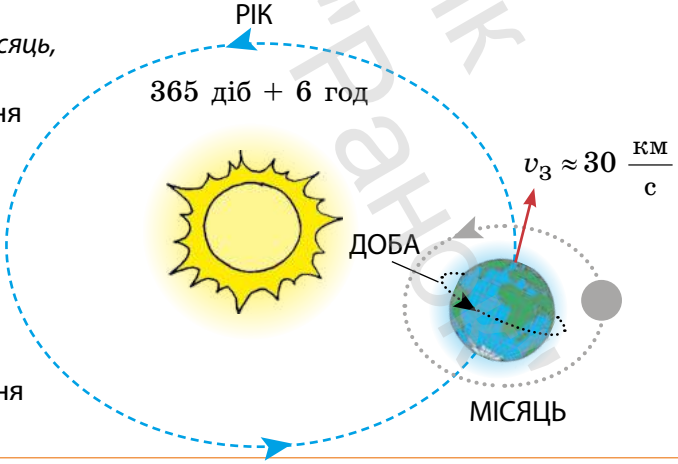
$$v_З = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 150\,000\,000}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \approx 30 \left(\frac{\text{км}}{\text{с}} \right).$$

30 км/с — це шалена швидкість. Якби людство винайшло транспортні засоби, які можуть рухатися з такою швидкістю, то подорож від Києва до Львова тривала б приблизно 20 секунд.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Одиниці часу *доба, місяць, рік* було визначено за періодами обертання космічних тіл.
Доба — період обертання Землі навколо своєї осі.
Місяць — пов'язаний із періодом обертання Місяця навколо Землі.
Рік — період обертання Землі навколо Сонця.



Підручник у вільному доступі

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Якою є траєкторія руху Землі навколо Сонця? Місяця навколо Землі? 2. З якими природними явищами пов'язані такі одиниці часу: рік, місяць, тиждень, доба? 3. Яка причина появи високосного року? 4. Чому ми ніколи не бачимо зворотний бік Місяця? 5. З якою швидкістю Земля обертається навколо Сонця?

ВПРАВА № 13

1. Визначте, скільки обертів здійснює Земля навколо своєї осі протягом тижня.
2. Визначте в годинах час, за який Земля здійснить 2 оберти: а) навколо своєї осі; б) навколо Сонця.
3. Подайте в одиницях СІ: 1 доба; 1 тиждень; 1 рік.
4. Визначте приблизну кількість обертів Місяця навколо Землі за той час, за який Земля здійснює 28 обертів навколо своєї осі.
5. Визначте швидкість руху Місяця навколо Землі. Вважайте, що Місяць рухається коловою орбітою радіусом 390 000 км, а період обертання Місяця навколо Землі — 27,3 доби.
6. Частота обертання дриля під час шліфування становить 3600 об/хв. З якою максимальною швидкістю рухаються точки шліфувальної насадки діаметром 50 мм? Порівняйте цю швидкість зі швидкістю обертання Місяця навколо Землі, а також із дозволеною в місті швидкістю руху автомобіля.
7. Відстань від Юпітера (найбільшої планети Сонячної системи) до Сонця в 5,2 разу більша за відстань від Землі до Сонця, а тривалість року на Юпітері в 11,9 разу більша, ніж на Землі. Яка із зазначених планет рухається навколо Сонця з більшою швидкістю? У скільки разів більшою?
8. Порівняйте середні радіуси орбіт планет Венери, Землі, Марса, а також періоди їхнього обертання навколо Сонця. Визначте швидкості руху цих планет відносно Сонця. Підготуйте коротку презентацію.

Ключові терміни

Рік • Місячний місяць • Календарний місяць • Тиждень • Доба

РУБРИКА ВИДАВНИЦТВА "РАНОК"



rnk.com.ua/106698

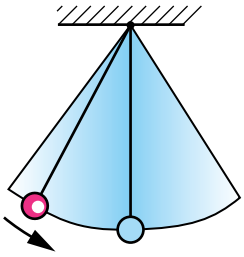
§ 14. КОЛИВАЛЬНИЙ РУХ. АМПЛІТУДА, ПЕРІОД І ЧАСТОТА КОЛИВАНЬ

Природні проміжки часу, такі як доба, місяць, рік, є досить довгими, а тому, на жаль, не дуже корисними для повсякденних справ. Коливальний рух визначив шляхи виміру менших проміжків часу — секунди, хвилини, години.

1. Як створити маятник?

Підвісимо тягарець на нитку, відхилимо його від *положення рівноваги* й відпустимо. Тягарець почне *коливатися*, тобто рухатися від одного крайнього положення до іншого, повторюючи свій рух через певний інтервал часу. Таким чином, коливальний рух має спільну рису з рівномірним рухом по колу: обидва рухи є *періодичними*.

Тягарець, що коливається на нитці або на пружині, — це приклад найпростішого *маятника* (рис. 14.1).



Положення рівноваги

Рис. 14.1. Коливання маятника — це періодичний рух

Маятник — це тверде тіло, яке здійснює коливання внаслідок притягання до Землі або внаслідок дії пружини.

Маятники, у яких тіло коливається завдяки дії пружини, називають *пружинними маятниками* (рис. 14.2). Коливання пружинного маятника залежать від властивостей пружини і маси тіла.

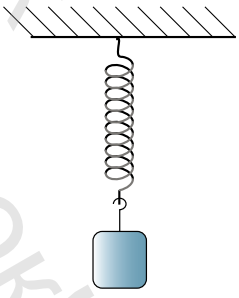


Рис. 14.2. Приклад найпростішого пружинного маятника

Маятники, які коливаються завдяки притяганню до Землі, називають *фізичними маятниками* (рис. 14.3). Їх коливання є доволі складними, адже залежать від маси, розміру, форми маятника тощо.

Електронний додаток



Рис. 14.3. Приклади фізичних маятників

Щоб розміри і форма тіла майже не впливали на коливання, слід узяти нитку, довжина якої є досить великою порівняно з розмірами тіла, — у такому випадку тіло можна вважати матеріальною точкою. При цьому нитка має бути легкою, а щоб під час коливань тіло було на незмінній відстані від точки підвісу, — нерозтяжною. Такий маятник називають *нитяним*, а *довжину нитки вважають довжиною маятника* (рис. 14.4).

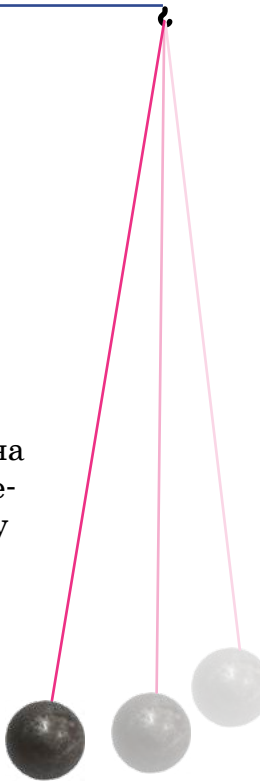


Рис. 14.4. Металева кулька на довгій нерозтяжній нитці є досить зручною для вивчення основних властивостей коливань

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На заставці до § 14 зображено *маятник Фуко*, розміщений у Пантеоні в Парижі. Його розміри вражають: маса мідного «тягарця» становить майже 30 кг, а довжина «нитки» — 67 м.

За допомогою маятника Фуко можна продемонструвати обертання Землі навколо власної осі. Якщо певний час спостерігати за цим велетнем, то можна побачити, що маятник Фуко не тільки коливається, але й повільно обертається по колу. Насправді площина коливань залишається нерухомою, а обертається спостерігач разом із підлогою, Пантеоном і Землею.

2. Що називають амплітудою коливань?

Спостерігаючи за коливаннями маятника, неважко побачити, що є певна максимальна відстань, на яку тіло, що коливається, віддаляється від положення рівноваги. Цю відстань називають *амплітудою коливань* (рис. 14.5).

Електронний підручник Видавництва «Ранок»

Амплітуда коливань — це фізична величина, що дорівнює максимальній відстані, на яку відхиляється тіло від положення рівноваги під час коливань.

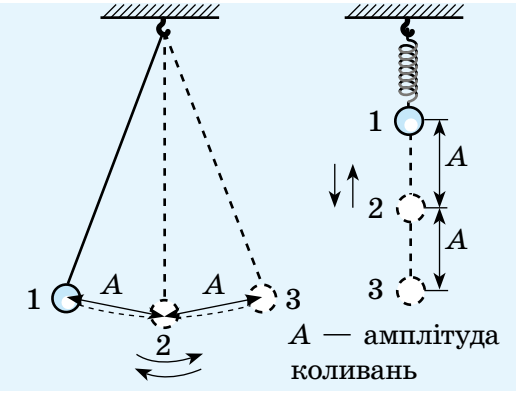


Рис. 14.5. Рух кульки від положення 1 до положення 3 (через положення рівноваги 2), а потім знову до положення 1 — це одне коливання

Амплітуду коливань позначають символом A. *Одиниця амплітуди коливань в СІ* — **метр:** $[A] = \text{м}$.

3. Як розрахувати період і частоту коливань?

Коливальний рух є періодичним рухом, тому він характеризується такими фізичними величинами, як *період коливань* і *частота коливань*.

Період коливань — це фізична величина, що дорівнює часу, за який відбувається одне коливання.

Період коливань позначають символом T і визначають за формулою:

$$T = \frac{t}{N},$$

де t — час спостереження; N — кількість коливань за цей час.

Одиниця періоду коливань в СІ — **секунда:** $[T] = \text{с}$.

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: мобільний телефон; турнік або подібне обладнання; допомога асистента.

Перетворіться на якийсь час на «людину-маятник» та продемонструйте коливальний процес. Дотримуйтеся правил безпеки. Спробуйте змінити параметри коливань. Зробіть фото- або відеозвіт про дослідження. Визначте періоди коливань для різних випадків. Результати проаналізуйте.

Видавництво «Ранок» Підручник

Частота коливань — це фізична величина, яка дорівнює кількості коливань за одиницю часу.

Частоту коливань позначають символом ν («ню») й обчислюють за формулою:

$$\nu = \frac{N}{t}$$

Одиниця частоти коливань в СІ — **герц** (названа на честь *Г. Герца* (рис. 14.6)).

Якщо тіло за одну секунду робить одне коливання, то частота його коливань дорівнює одному герцу: $1\ \text{Гц} = \frac{1}{\text{с}}$.

Частота ν і період T коливань є взаємно оберненими величинами:

$$\nu = \frac{1}{T}$$



Рис. 14.6. Генріх Герц (1857–1894) — видатний німецький фізик, один із засновників теорії електромагнітних коливань

Маятники мають дуже важливу властивість: *якщо амплітуда коливань маятника набагато менша від його довжини, то частота і період коливань маятника не залежать від амплітуди.*

Цю властивість *малих коливань* відкрив *Ґалілео Ґалілей**, і саме її покладено в основу роботи механічних годинників.

4. Які коливання називають незатухаючими?

Виведемо гойдалку зі стану рівноваги та відпустимо. Гойдалка почне коливатися. Такі коливання називають **вільними.**

Якщо на гойдалку не впливати, за деякий час амплітуда її коливань помітно зменшиться, а згодом коливання припиняться зовсім.

Коливання, амплітуда яких із часом зменшується, називають **затухаючими коливаннями**.

Вільні коливання завжди є затухаючими. Затухають із плином часу вільні коливання била дзвона, струни гітари, гілки дерева...

* Ґ. Ґалілей зробив це відкриття, спостерігаючи в храмі коливання лампади, підвішеної на ланцюзі, і порівнюючи їх частоту із частотою биття власного пульсу.

Підручник видавництва

Незатухаючі коливання — це коливання, амплітуда яких не змінюється із часом.

Незатухаючі коливання здійснює, наприклад, голка швацької машинки, доки працює її механізм (рис. 14.7).

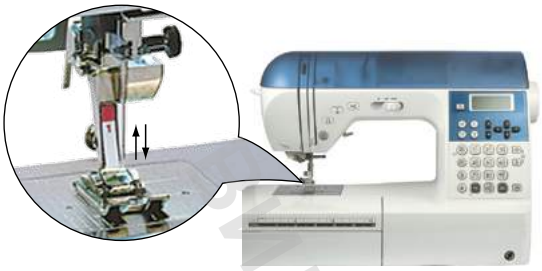


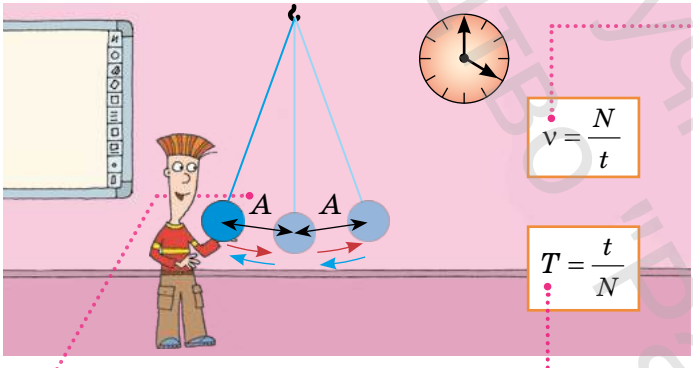
Рис. 14.7. Коливання голки швацької машинки — приклад незатухаючих коливань

Що слід зробити, щоб амплітуда коливань гойдалки із часом не зменшувалася, тобто щоб її коливання були незатухаючими?



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Коливальний рух *(коливання)* є періодичним рухом. Розрізняють затухаючі та незатухаючі коливання.



Частота ν коливань — це фізична величина, яка дорівнює кількості коливань за одиницю часу;
$[\nu] = 1/\text{с}$

t — час спостереження
N — кількість коливань за час t

Амплітуда A коливань — це фізична величина, що дорівнює максимальній відстані, на яку тіло відхиляється від положення рівноваги під час коливань;
$[A] = \text{м}$

Період T коливань — це фізична величина, що дорівнює часу, за який відбувається одне коливання;
$[T] = \text{с}$

Частота й період коливань є *взаємно оберненими величинами:*

$$\nu = \frac{1}{T}$$

Електронний примірник

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чому коливальний рух є періодичним? **2.** Наведіть приклади коливань. **3.** Наведіть приклади маятників. **4.** Дайте означення амплітуди, періоду, частоти коливань. У яких одиницях вимірюють ці фізичні величини? **5.** Яка залежність пов'язує між собою частоту і період коливань? **6.** Які коливання називають затухаючими? незатухаючими?

ВПРАВА № 14

1. Під час коливань тіло рухається від крайнього лівого положення до крайнього правого. Відстань між цими двома положеннями становить 4 см. Визначте амплітуду коливань тіла.

2. За хвилину маятник здійснив 30 коливань. Визначте період коливань маятника.

3. Період коливань дорівнює 0,5 с. Визначте частоту коливань.

4. Скільки коливань здійснить тіло за 2 хв, якщо частота його коливань становить 4 Гц?

5. Наведіть приклади коливальних рухів, які не згадано в параграфі. З'ясуйте, які це коливання: затухаючі або незатухаючі.



6. Поплавок, що коливається на воді, піднімається та опускається 2 рази за 3 с. Який шлях долає поплавок за хвилину, якщо відстань між його крайніми положеннями становить 5 см?

7. «Котра година?» — це питання ставлять протягом століть. Щоб відповісти на нього, існувало й зараз існує багато пристроїв. Один із них — маятниковий годинник. Дізнайтеся про історію його створення та підготуйте повідомлення.



Ключові терміни

Коливання • Маятник • Амплітуда коливань • Період коливань • Частота коливань

Видавництво "Ранок" Підручник

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

rnk.com.ua/106643

Тема. Дослідження коливань нитяного маятника.

Мета: переконатися на досліді, що період коливань нитяного маятника не залежить від маси тягарця й амплітуди коливань, проте залежить від довжини нитки.

Обладнання: дві невеличкі важкі кульки різних мас; дві міцні нерозтяжні нитки завдовжки 1,1 м; лінійка (мірна стрічка); штатив із муфтою та кільцем; секундомір.

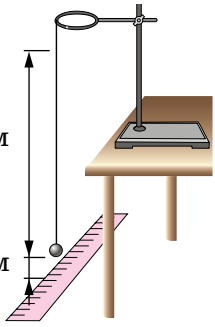
ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

Підготовка до експерименту

1. Перед тим як виконувати роботу, переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.
   1) Що називають амплітудою коливань?
   2) За якою формулою можна обчислити період коливань?
2. Закріпіть кульки на нитках так, щоб довжина отриманих маятників дорівнювала 1 м.

Експеримент. Опрацювання результатів експерименту

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.



1. Установіть на краю стола штатив. Біля його верхнього кінця закріпіть кільце й підвісьте до нього на нитці кульку меншої маси так, як показано на рисунку.
2. *Дослідіть залежність періоду коливань маятника від його амплітуди.*
   1) *(Дослід 1)* Відхиливши маятник на відстань 2–3 см від положення рівноваги та відпустивши, виміряйте час, за який маятник виконає 20 коливань. Визначте період коливань.
   2) *(Дослід 2)* Повторіть дослід 1, збільшивши амплітуду коливань до 5–6 см.
   3) Результати вимірювань і обчислень занесіть до табл. 1.

Таблиця 1

Номер досліду	Довжина нитки l, м	Амплітуда коливань A, м	Число коливань N	Час коливань t, с	Період коливань T, с
1	1				
2	1				

Підручник містить вправи, що не вимагають виконання

3. *Дослідіть залежність періоду коливань маятника від його маси.*

1) Перенесіть із табл. 1 до табл. 2 результати досліду 1. Занесіть до табл. 2 маси кульок.
2) *(Дослід 3)* Повторіть дослід 1 для маятника більшої маси. *Зверніть увагу:* довжини маятників мають бути однаковими.
3) Результати вимірювань і обчислень занесіть до табл. 2.

Таблиця 2

Номер досліду	Довжина нитки l, м	Маса кульки m, кг	Число коливань N	Час коливань t, с	Період коливань T, с
1	1				
3	1				

4. *Дослідіть залежність періоду коливань маятника від його довжини.*

1) Перенесіть із табл. 1 до табл. 3 результати досліду 1.
2) *(Дослід 4)* Повторіть дослід 1, зменшивши довжину маятника до 25 см.
3) Результати вимірювань і обчислень занесіть до табл. 3.

Таблиця 3

Номер досліду	Довжина нитки l, м	Число коливань N	Час коливань t, с	Період коливань T, с
1	1			
4	0,25			

Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізувавши результати, зробіть висновок, у якому зазначте: 1) які величини ви навчилися вимірювати; 2) які чинники вплинули на точність одержаних результатів; 3) чи залежить період коливань маятника від амплітуди коливань, маси тягарця, довжини маятника.

Творче завдання

Не виконуючи вимірювань, визначте період коливань маятника довжиною 4 м, амплітуда коливань якого становить 10 см, а маса дорівнює 300 г. Відповідь обґрунтуйте.

Підручник видавництва «Ранок»

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 2

Частина 2 «Рівномірний рух по колу. Коливальний рух»

Ви вивчали *рух по колу, коливальний рух* та їхні характеристики.

Форма траєкторії	Фізичні величини, які характеризують періодичний рух		
	період T $[T]=$ с	частота n або ν $[n]=$ об/с; $[\nu]=$ Гц	шлях l за час, що дорівнює періоду $[l]=$ м
Рівномірний рух по колу			
Коло	$T=\frac{t}{N}$, $T=\frac{1}{n}$	$n=\frac{N}{t}$, $n=\frac{1}{T}$	$l=2\pi R$, де R — радіус кола
Коливальний рух			
Відрізок прямої, дуга кола	$T=\frac{t}{N}$, $T=\frac{1}{n}$	$\nu=\frac{N}{t}$, $\nu=\frac{1}{T}$	$l=4A$, де A — амплітуда коливань

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Сучасні прилади для вимірювання часу.
2. Історія виникнення юліанського та григоріанського календарів.
3. Обертальний рух у природі й техніці.
4. Роль маятника у вивченні фізичних властивостей Землі.
5. Оглядове колесо: історія рекордів.
6. Центрифуги для тренування пілотів і космонавтів.
7. П'ять цікавих фактів про Місяць.

ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Дослідження залежності періоду коливань пружного маятника від маси вантажу.
2. Дослідження різних видів механічних передач: зубчастої, рейкової тощо.

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Коливальні процеси в техніці та в живій і неживій природі.
2. Спектр обертових частот побутових пристроїв.

Видавництво "Ранок" Електронний підручник

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Частина 2 «Рівномірний рух по колу. Коливальний рух»

rnk.com.ua/106654

У завданнях 1–6 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(1 бал)* Обертова частота — це фізична величина, яка чисельно дорівнює:
   а) часу одного оберту;
   б) кількості обертів за одиницю часу;
   в) кількості обертів за весь час руху;
   г) часу, за який тіло здійснює 10 обертів.
2. *(1 бал)* Період малих коливань нитяного маятника:
   а) залежить від довжини нитки;
   б) залежить від маси тягарця;
   в) залежить від амплітуди коливань;
   г) не залежить від земного тяжіння.
3. *(1 бал)* Скільки повних обертів робить секундна стрілка годинника протягом уроку (45 хв)?
   а) 45; б) 60; в) 2700; г) 4500.
4. *(2 бали)* Гвинт гелікоптера за 0,5 хв здійснює 600 обертів. Чому дорівнює період обертання гвинта?
   а) 0,8 мс; б) 50 мс; в) 5 с; г) 2 хв.
5. *(2 бали)* Частота коливань нитяного маятника дорівнює 2 Гц. Скільки коливань здійснює цей маятник за 1 хв?
   а) 0,5; б) 2; в) 30; г) 120.
6. *(2 бали)* За 5 хв відбулося 150 повних коливань маятника. Період коливань дорівнює:
   а) 0,03 с; б) 0,5 с; в) 2 с; г) 30 с.
7. *(3 бали)* Коли підвішений на пружині тягарець коливається у вертикальному напрямку, його висота над столом змінюється від 5 до 15 см. За хвилину тягарець проходить шлях, що дорівнює 6 м. Визначте частоту коливань, вважаючи їх незатухаючими.

Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"

РОЗДІЛ 3
ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛИ В ПРИРОДІ

Частина 1
«Явище інерції. Інертність і маса тіла. Густина речовини»

Ви знаєте, що куля для боулінгу почне рухатися, якщо її штовхнути, а дізнаєтеся, за яких умов вона рухатиметься з незмінною швидкістю

Ви знаєте, що не можна перебігати дорогу перед автівкою, що рухається, а дізнаєтеся, через яку властивість тіла ця дія є вкрай небезпечною

Ви знаєте, що масу тіла вимірюють вагами, а дізнаєтеся, як виміряти масу тіл, які взагалі неможливо покласти на ваги

ПРОБНИЙ ПРИМІРНИК



rnk.com.ua/
106655

§ 15. ЯВИЩЕ ІНЕРЦІЇ

Автомобіль мчить трасою, у небі літає птах, куля для боулінгу котиться доріжкою... Завдяки чому триває кожен із цих рухів? Чи існує якась причина їх виникнення? Чи потрібне взагалі щось, щоб підтримувати рух? Спробуємо відповісти на ці запитання.

1. Чи завжди дія є взаємодією?

У повсякденному житті ми постійно маємо справу з різними видами дії одних тіл на інші. Щоб відчинити двері, ми діємо на них рукою; завдяки дії ноги м'яч летить у ворота; сідаючи на стілець, ми також діємо на нього.

Водночас, відчиняючи двері, ми відчуваємо їхню дію на руку; дія м'яча на ногу особливо відчутна, якщо ми граємо у футбол босоніж; дія стільця не дозволяє нам упасти на підлогу. **Дія завжди є взаємодією:** *якщо одне тіло діє на друге, то й друге тіло діє на перше* (рис. 15.1).







Рис. 15.1. Приклади взаємодії тіл

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: два скейти; мотузка.

Стоячи з другом / подругою на скейтах, потягніть за мотузку, яку він / вона триматиме в руках. Хто з вас почне рухатися? Прокоментуйте результат досліду. *Дотримуйтеся правил безпеки!*



Електронний підручник-практикум

2. За яких умов тіло перебуває у стані спокою?

М'яч на підлозі або люстра, підвішена до стелі, перебувають у стані спокою (рис. 15.2). Але стан спокою порушиться, якщо «усунути» підлогу або підвіс: під дією притягання Землі тіла відразу почнуть рухатися. А перебувають вони у стані спокою тому, що дія Землі скомпенсована (зрівноважена) дією інших тіл.

Тіло перебуває у стані спокою, якщо дії на нього інших тіл скомпенсовані.

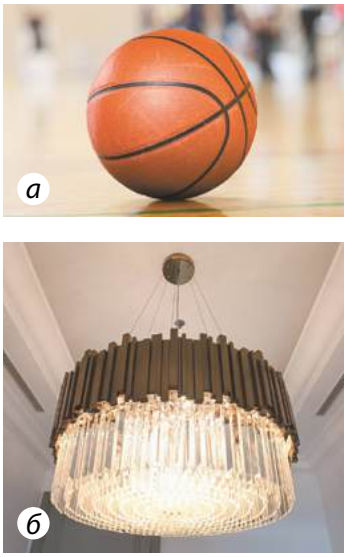


Рис. 15.2. Тіла перебувають у стані спокою: *а* — м'яч на підлозі; *б* — люстра на підвісі

3. За яких умов тіло рухається рівномірно прямолінійно?

Розмірковуючи про причини руху тіл, давньогрецький філософ і вчений *Аристотель* дійшов начебто правильного з погляду життєвого досвіду висновку: для підтримування руху тіла потрібна безперервна дія на нього інших тіл (рис. 15.3). Але в XVI ст. *Галілео Галілей* довів хибність цього висновку, здійснивши досліди зі скочуванням кульок похилим жолобом (рис. 15.4).



Рис. 15.3. Із життєвого досвіду знаємо: щоб візок рухався з незмінною швидкістю, хтось має його штовхати

Коли кулька скочується жолобом униз, вона набирає швидкість; коли закочується вгору, сповільнює свій рух. Ґалілей поставив запитання: «Як буде рухатися кулька горизонтальним гладеньким жолобом, коли руху нічого не заважатиме?». Учений дійшов висновку: кулька рухатиметься з незмінною швидкістю як завгодно довго.

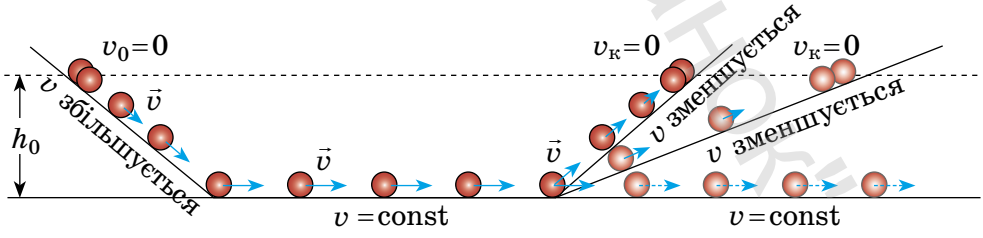


Рис. 15.4. Дослідження Ґалілея (v_0, $v_к$ — початкова й кінцева швидкості руху)

ВИДАВНИЦТВО ПІДРУЧНИКИ І ПОСІБНИКИ

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...





Експеримент, який проводять у вигляді міркувань, називають *уявним*. Уявні експерименти дають змогу обґрунтовувати здогадки, що потім підтверджуються або спростовуються подальшими реальними експериментами. Як ви вважаєте, яка частина дослідження Ґалілея була уявним експериментом?

Здійснимо уявний експеримент і ми. Уявімо хлопчика, який мчить довжелезною горизонтальною ковзанкою (рис. 15.5). Якщо його ніхто не штовхає і не тягне, то врешті-решт він має зупинитися. При цьому відстань, яку долає хлопчик, буде залежати від зовнішніх умов. Якщо, наприклад, на льоду є намерзлий сніг, то хлопчик подолає лише 1–2 м; якщо лід гладенький, не є межею і 5 м; якщо хлопчик стане на ковзани, він може «пролетіти» й 30 метрів.

Міркуємо далі. Уявімо, що «гальмування» немає зовсім. У цьому випадку уявний хлопчик ковзатиме *з незмінною швидкістю* уявною ковзанкою *як завгодно довго*. При цьому дія Землі та дія ковзанки (опори) зрівноважують (компенсують) одна одну.



Рис. 15.5. Чи зупиниться хлопчик, якщо ніщо не заважатиме його рухові?

Умова руху тіла з незмінною швидкістю відома в механіці як **закон інерції:**

Тіло рухається рівномірно прямолінійно або перебуває в стані спокою лише тоді, коли на нього не діють інші тіла або дії інших тіл скомпенсовані.

4. Який рух є рухом за інерцією?

Фізичне явище зберігання тілом стану спокою або рівномірного прямолінійного руху називають *інерцією* (від латин. *inertia* — нерухомість, бездіяльність).

РОЗДРУКУВАТИ ДЛЯ ОЗНАЙОМЛЕННЯ

Інерція — це явище зберігання швидкості руху тіла за відсутності або скомпенсованості дії на нього інших тіл.

У фізиці *рух тіла за ідеальних умов (коли на тіло зовсім не діють інші тіла) називають* **рухом за інерцією.**

У реальності неможливо створити умови, за яких дія інших тіл відсутня. Тому в повсякденні рухом за інерцією вважають випадки, коли дія на тіло інших тіл є доволі слабкою і до помітної зміни швидкості свого руху тіло проходить значний шлях (рис. 15.6).



Рис. 15.6. Ковзання шайби по льоду після удару ключкою можна вважати рухом за інерцією

Рухаючись на велосипеді, ви припинили тиснути на педалі. Чому за деякий час ви зупинитеся? А чи обов'язково ви зупинитеся? Якщо ні, то чому?



5. Як рухається тіло, якщо дії на нього інших тіл не скомпенсовані?

Як, на вашу думку, рухатиметься більярдна куля, на яку налітає інша куля, причому її удар нічим не компенсується? Як буде рухатися тягарець, що висить на нитці, якщо нитку перерізати? У цих та багатьох інших випадках *тіла змінюють швидкість свого руху*: більярдна куля полетить убік (рис. 15.7); тягарець почне падати.

Тож зробимо висновок: *якщо дії на тіло інших тіл не скомпенсовані, то тіло змінює швидкість свого руху за значенням чи напрямком або одночасно за значенням і напрямком.*

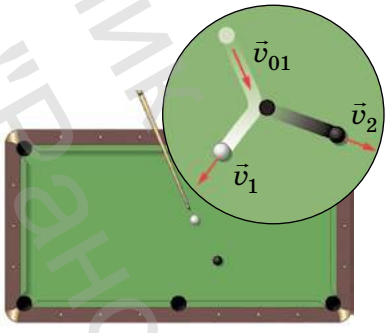


Рис. 15.7. Більярдні кулі внаслідок зіткнення змінюють швидкості свого руху як за значенням, так і за напрямком

Підручник видавництва "Ранок"

А ЯК НАСПРАВДІ?



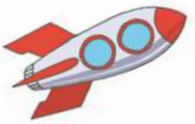
Мабуть, вам доводилося чути фрази: «Вершник за інерцією перелетів через голову коня, коли той спіткнувся»; «Він так розігнався, що не зміг одразу зупинитися й пробіг ще кілька кроків за інерцією»; «Автомобіль із вимкненим двигуном проїхав за інерцією 10 метрів». А чи справді описані рухи є рухами за інерцією?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Дії скомпенсовані — тіло рухається рівномірно.

Дії відсутні — тіло рухається рівномірно.





Дії скомпенсовані — тіло не рухається.



Закон інерції
Тіло рухається рівномірно прямолінійно або перебуває в стані спокою лише тоді, коли на нього не діють інші тіла або дії інших тіл скомпенсовані.

Інерція — це явище зберігання швидкості руху тіла за відсутності або скомпенсованості дії на нього інших тіл.





Якщо дії на тіло інших тіл не скомпенсовані, то тіло змінює швидкість свого руху за значенням чи напрямком або за значенням і напрямком одночасно.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Доведіть на прикладах, що тіла завжди взаємодіють, тобто якщо є дія, то є і протидія. **2.** За яких умов тіло перебуває у стані спокою? Наведіть приклади. **3.** За яких умов тіло рухається рівномірно прямолінійно? **4.** Як рухається тіло, якщо на нього не діють інші тіла? **5.** Сформулюйте закон інерції. **6.** Дайте означення інерції. **7.** Наведіть приклад руху за інерцією.

Підручник видавництва «Ранок»

ВПРАВА № 15

1. Ви сидите на стільці. Як і стілець, ви перебуваєте у стані спокою відносно Землі. Які тіла діють на стілець? на вас? Що ви можете сказати про ці дії?

2. Наведіть приклади нерухомих тіл. Які тіла діють на кожне з них? У якому напрямку? Що ви можете сказати про ці дії?

3. Повітряна бульбашка спливає в озері з незмінною швидкістю. Що діє на бульбашку? Чи будуть ці дії скомпенсованими?

4. За яких умов візок (див. рис. 15.3) рухається рівномірно прямолінійно? збільшує швидкість руху? зменшує швидкість руху?

5. Чи можна рух більярдної кульки після удару вважати рухом за інерцією? Поясніть свою думку.

6. Наведіть приклади руху за інерцією з реального життя.

7. Подайте: 1) у кілограмах: а) 5,3 т; б) 0,25 т; в) 4700 г; г) 150 ц; 2) у грамах: а) 5 кг 230 г; б) 270 г 840 мг; в) 56 г 91 мг.

8. У космічному просторі немає від чого відштовхнутись, але космічні ракети успішно там літають, змінюючи швидкість свого руху. Від чого «відштовхуються» ракети, щоб змінити швидкість свого руху?

9. Складіть короткий твір на тему «Мій досвід, який підтверджує взаємодію тіл». Оформте твір на окремому аркуші, додавши зображення.

Ключові терміни

Взаємодія • Інерція • Скомпенсовані дії • Рух за інерцією

ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



Микола Миколайович Боголюбов (1909–1992) — видатний фізик і математик XX ст., академік, засновник наукових шкіл з нелінійної механіки та теоретичної фізики. М. М. Боголюбов був засновником і директором Інституту теоретичної фізики АН України (Київ). Цей інститут зараз носить його ім'я. У Національній академії наук України засновано премію імені М. М. Боголюбова.

Підручник видавництва Ранок



rnk.com.ua/106686

§ 16. ІНЕРТНІСТЬ ТІЛА. МАСА

Згадайте: на зупинці ви заходите в автобус. Усі місця зайняті, деякі пасажири стоять. Двері зачиняються, автобус різко починає рух, і ви мусите докласти зусиль, щоб не впасти. Наступна зупинка — ви знову змушені чіплятися за поручні, адже автобус зупинився надто різко. Чому щось «штовхає» вас уперед чи назад?

1. Що таке інертність?

Згадайте мить під час гри у «квача», коли вам потрібно різко змінити напрямок або швидкість свого руху. Чи виходить у вас зробити це миттєво? Звичайно ж ні! Ви змушені за когось чіплятися, робити кілька зайвих кроків, витрачати час на розгін тощо.

Під час гри з м'ячем вам здається, що м'яч, ударившись об підлогу, в ту саму мить відскакує від неї. Але це не так: удар м'яча об підлогу триває деякий час (рис. 16.1).

Жодне тіло не може змінити швидкість свого руху миттєво. Кажуть, що всі тіла «чинять опір» зміні швидкості свого руху. У фізиці таку властивість тіл називають *інертністю*. При цьому чим важчий м'яч, тим довше триває удар.

Інертність — властивість тіла, яка полягає в тому, що для зміни швидкості руху тіла внаслідок взаємодії потрібен час.

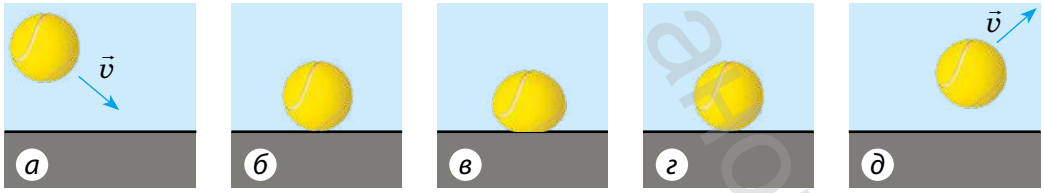


Рис. 16.1. Послідовні стадії удару м'яча об гладеньку поверхню: після того як м'яч, рухаючись із певною швидкістю *(а)*, торкнувся підлоги *(б)*, він сплющується, зупиняючись *(в)*, потім набуває звичайної форми, поступово набираючи швидкість *(г)*, а вже потім відскакує від підлоги *(д)*

Електронний варіант

ДОСЛІДЖЕННЯ

Розгляньте рис. 1 і 2 та проведіть відповідні досліди.

1. Чому кубики падають із візка (рис. 1)? Чи не нагадує вам цей дослід різку зупинку автобуса?

2. Чому, коли нижню нитку тягнемо повільно, рветься верхня нитка, а якщо різко смикаємо, то рветься нижня (рис. 2)?

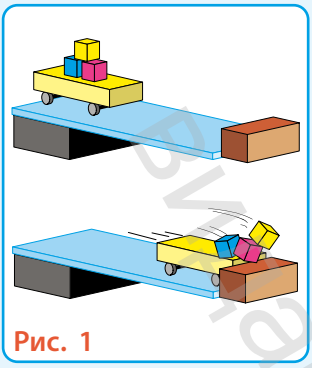


Рис. 1



Рис. 2

2. Даємо означення маси тіла

Унаслідок тієї самої дії одні тіла змінюють швидкість свого руху досить швидко, інші — повільніше. Наприклад, щоб за допомогою весел надати певної швидкості легкій байдарці, потрібно набагато менше часу, ніж для надання тієї самої швидкості важкому човну. У такому випадку кажуть, що *човен інертніший за байдарку*.

Інертність тіл характеризується фізичною величиною — *масою*. Чим більша маса тіла, тим більше часу потрібно для зміни швидкості його руху внаслідок тієї самої дії.

Маса тіла — це фізична величина, яка є мірою інертності тіла.

Масу тіла позначають символом m. *Одиниця маси в СІ* — **кілограм:**

$$[m] = \text{кг}.$$

Окрім кілограма використовують такі одиниці маси, як *тонна* (т), *центнер* (ц), *грам* (г), *міліграм* (мг):

$1\ \text{т} = 1000\ \text{кг};\ 1\ \text{ц} = 100\ \text{кг};$
$1\ \text{г} = 0{,}001\ \text{кг};\ 1\ \text{мг} = 0{,}000\,001\ \text{кг}$



А чи існують інші одиниці маси? Наведіть приклади таких одиниць. Дізнайтеся, звідки вони походять, у яких країнах їх використовують (використовували).

Підручник є власністю видавництва. Видавництво не несе відповідальності за зміст підручника, створеного третіми особами.

3. Як виміряти масу тіла?

Окрім інертності будь-яке фізичне тіло має також властивість притягатися до інших тіл завдяки *гравітаційній взаємодії*.

Саме *на гравітаційній властивості тіл базується найпоширеніший спосіб вимірювання маси — зважування* (рис. 16.2): *чим більша маса тіла, тим сильніше воно притягується до Землі* й тому сильніше тисне на шальки терезів або на ваги.



Рис. 16.2. Зважування — найдавніший і найпоширеніший спосіб вимірювання маси тіл

А ЯК НАСПРАВДІ?



Даринка стверджує, що масу будь-якого тіла на Землі можна виміряти за допомогою зважування, адже будь-яке тіло незалежно від розмірів притягується до Землі та може тиснути на шальку терезів. Микола вважає, що існують тіла, масу яких не можна виміряти зважуванням. Хто має рацію?

4. Чи завжди ми вимірюємо масу тіла зважуванням?

Завдання. Розгляньте рис. 16.3. Чому дорівнює маса Землі? маса Сонця? маса атома? маса кита? Чи можна масу кожного із цих тіл виміряти зважуванням?

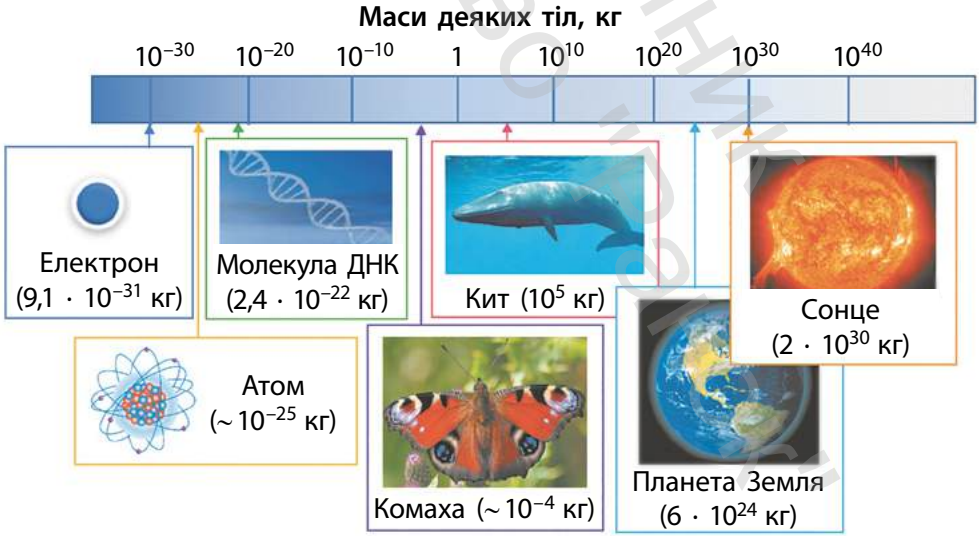


Рис. 16.3. Маси деяких тіл у мікро-, макро- та мегасвіті

ВИМОГИ ЧИННОЇ ПРОГРАМИ

Не сумніваємося, що ви правильно відповіли на запитання. Тільки два тіла із зазначених можна зважити, хоча це й непросто.

Масу тіла можна також виміряти, ґрунтуючись на інертності тіл. Поставимо на горизонтальну поверхню два візки зі стиснутими пружинами (рис. 16.4, *а*). Розпрямляючись, пружини нададуть візкам певної швидкості. Якщо візки *набудуть однакових швидкостей*, то вони *є однаковими за масою* (рис. 16.4, *б*).

Якщо один із візків, наприклад візок 2, *набуде меншої швидкості*, то він *має більшу масу* (рис. 16.4, *в*). При цьому в скільки разів швидкість руху візка 2 буде меншою від швидкості руху візка 1, у стільки ж разів маса візка 2 більша за масу візка 1:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

де m_1 і m_2 — маси візків; v_1 і v_2 — швидкості руху, яких набули візки внаслідок взаємодії.

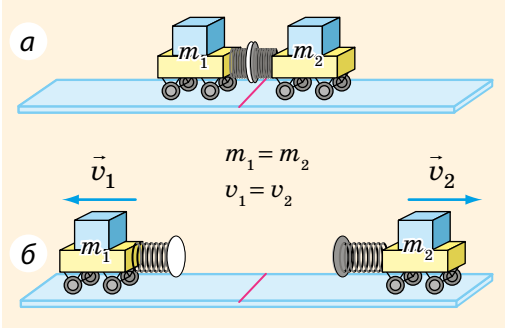
Якою є маса візка 2 (див. рис. 16.4, *в*), якщо візок 1 масою 3 кг набув утричі більшої швидкості, ніж візок 2?



Одержана рівність дозволяє визначити відношення мас тіл, які взаємодіють, за виміряними швидкостями рухів, яких набувають тіла внаслідок цієї взаємодії. Якщо ж при цьому маса одного з тіл (наприклад, m_1) відома, то можна визначити масу іншого тіла (m_2):

$$m_2 = m_1 \cdot \frac{v_1}{v_2}$$

На перший погляд, такий спосіб вимірювання мас не є зручним, але він єдиний, якщо тіла неможливо зважити. У більшості таких випадків у формулу підставляють не набуті тілами швидкості руху, а *зміну швидкості руху* кожного тіла внаслідок взаємодії.



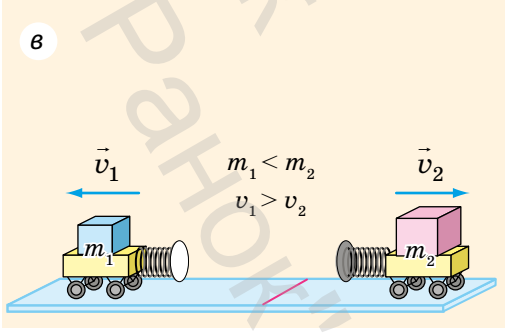


Рис. 16.4. Однакові за масою візки через дію пружин набудуть однакових за значенням швидкостей. Різні за масою візки набудуть різних за значенням швидкостей

Електронний підручник Ранок

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Кілограм — це одна з основних одиниць СІ, тому для неї існує еталон. Спочатку за еталон кілограма було прийнято 1 л чистої води за температури близько +4 °С. Проте такий еталон був дуже незручним.



У 1880 р. було створено міжнародний еталон кілограма. Він являв собою платино-іридієвий циліндр із однаковими діаметром і висотою — 39 мм. Хоча цей еталон зберігався майже в ідеальних умовах, він потрохи втрачав свою масу через випаровування. Тому із 20 травня 2019 р. одиницю маси визначають за допомогою формули через фізичні сталі.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Інертність тіла — це властивість тіла, яка полягає в тому, що для зміни швидкості руху тіла внаслідок взаємодії потрібен час.

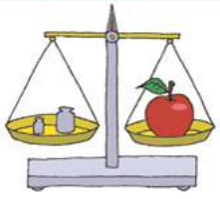
Більш інертне	Менш інертне
Літак	Мікроавтобус
Мікролітражний автомобіль	Велосипед
Мікроавтобус	Мікролітражний автомобіль

Маса тіла (m) — це фізична величина, яка є мірою інертної та гравітаційної властивостей тіла.
Одиниця маси в СІ — **кілограм (1 кг).**

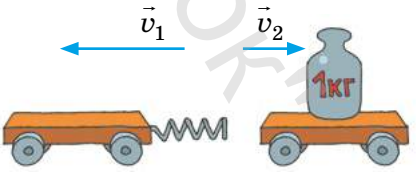


Способи вимірювання маси

Зважування
(маса — міра гравітації; тілá однакової маси однаково притягуються до Землі)



За зміною швидкостей руху тіл унаслідок взаємодії
(маса — міра інертності)



Електронний примірник

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

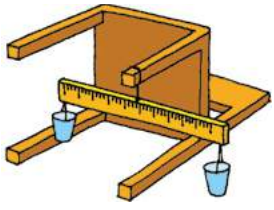
1. Наведіть приклади, які свідчать про те, що для зміни швидкості руху тіла потрібен час. 2. Дайте означення інертності. 3. Які властивості тіла характеризуються його масою? 4. Назвіть одиницю маси в СІ. 5. Назвіть способи вимірювання маси тіла. На якій властивості тіла ґрунтується кожен спосіб?

ВПРАВА № 16

1. Водій автобуса повернув праворуч. У який бік відхиляться пасажири автобуса?
2. Маса склянки із соком — 340 г 270 мг. Визначте масу соку, якщо маса порожньої склянки — 150 г 530 мг.
3. Дорожньо-транспортні пригоди часто відбуваються з вини пішоходів. Які міркування ви навели б, щоб переконати товаришів дотримуватися правил дорожнього руху?
4. Згадайте про чищення ковдр двома способами: вибиванням і витрушуванням різкими змахами. На якій властивості тіл базуються ці способи? Чим вони різняться з точки зору фізики?
5. Виберіть для всіх учнів і учениць класу кілька груп тварин (птахи, риби, комахи, ссавці тощо) і підготуйте повідомлення про «рекордсменів» за масою серед вибраних груп.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

«Терези власноруч». Зробіть терези, використавши стілець, учнівську лінійку, два пластикові стаканчики, нитки. За важки візьміть різні монети (їх маси подано в таблиці). За допомогою отриманих терезів визначте масу кількох невеликих тіл.



Номінал монети	10 к.	50 к.	1 грн	2 грн	5 грн	10 грн
Маса монети, г	1,7	4,2	3,3	4,0	5,2	6,4

Ключові терміни

Інертність • Міра інертності • Маса • Еталон • Зважування

Видавництво «Ранок»

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

rnk.com.ua/106656

Тема. Вимірювання мас тіл.

Мета: навчитися працювати з важільними терезами та визначати за їхньою допомогою маси тіл.

Обладнання: важільні терези; набір важків; два тіла для зважування; дві однакові склянки: одна порожня, інша — з водою.

ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

Підготовка до експерименту

Прочитайте **правила зважування.**

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.

1. Чітко дотримуючись правил зважування, виміряйте масу: а) запропонованих двох тіл; б) порожньої склянки; в) склянки з водою.
2. Результати занесіть до таблиці.

Номер досліду	Зважуване тіло	Набір важків на шальці	Маса тіла m_0, г

ПРАВИЛА ЗВАЖУВАННЯ

1. Зрівноважте терези, поклавши на легшу шальку клаптики паперу.
2. Покладіть зважуване тіло на шальку терезів.
3. Зрівноважте терези, виймаючи пінцетом важки з футляра та поступово додаючи їх на іншу шальку терезів.
4. Визначте загальну масу важків на шальці; за допомогою пінцета поверніть важки у футляр.

Нагадуємо! На шальки терезів не можна класти брудні тіла, наливати рідини; порошки слід насипати на аркуш, зрівноваживши перед цим терези разом з аркушем.

Опрацювання результатів експерименту

Визначте масу води в склянці як різницю маси склянки з водою та маси порожньої склянки.

Аналіз експерименту та його результатів

Зробіть висновок, у якому зазначте: 1) яку фізичну величину і за допомогою якого приладу ви вимірювали; 2) які чинники вплинули на точність вимірювань; 3) масу якого тіла виміряно з найбільшою точністю.

Творче завдання

Виміряйте масу монетки. Що необхідно зробити, щоб отримати якнайточніший результат?

Видавництво "Ранок" підручник



§ 17. ГУСТИНА. ОДИНИЦІ ГУСТИНИ

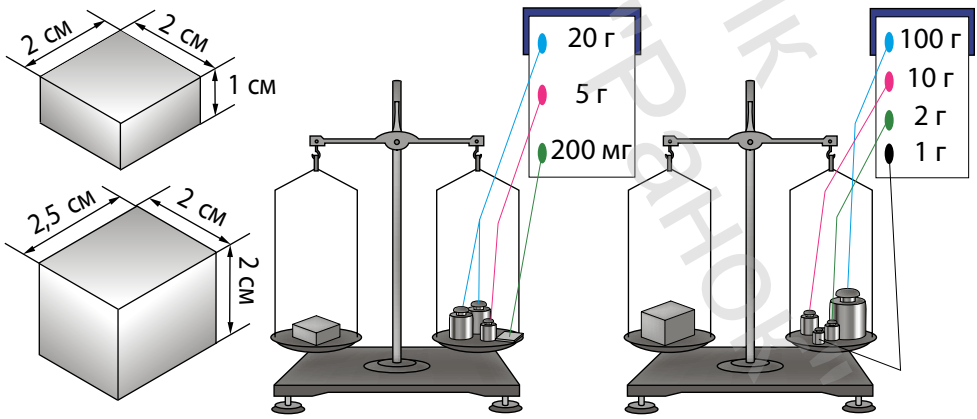
Ми часто вживаємо вирази «легкий, мов повітря» або «важкий, як свинець». Але чи знаєте ви, що маса повітря всередині супермаркету становить понад 5000 кг? Підняти вантаж такої маси не подужає і силач. Натомість свинцевий тягарець для вудки легко підніме навіть малюк. Тож наведені вирази є хибними? З'ясуймо.

1. Здійснюємо вимірювання та виконуємо розрахунки

ДОСЛІДЖЕННЯ

На рисунку ви бачите два суцільні (такі, що не мають порожнин) свинцеві бруски різного об'єму. Ваше завдання — користуючись рисунком, *знайти відношення маси кожного бруска до його об'єму, тобто визначити масу свинцю об'ємом* 1 см^3:

1) визначте об'єм (V_1 і V_2) і масу (m_1 і m_2) кожного бруска;
2) визначте відношення маси кожного бруска до його об'єму $\left(\frac{m_1}{V_1} \text{ і } \frac{m_2}{V_2}\right)$. Чи однакові результати ви одержали?



Електронний примірник
Видавництво Ранок

Сподіваємося, що ви все зробили правильно і для обох брусків одержали однакові результати:

$$\frac{m_1}{V_1} = \frac{m_2}{V_2} = 11{,}3\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Отже, ми встановили, що *маса свинцю об'ємом* 1 см³ *дорівнює* 11,3 г.

Як ви вважаєте, чи змінився б одержаний результат, якби для експерименту ми взяли свинцеві бруски вдвічі більшої маси? Якщо б змінився, то як і в скільки разів?



2. Як визначити густину речовини?

Ми провели розрахунки для тіл, виготовлених зі свинцю. Якщо взяти суцільні тіла, виготовлені, наприклад, з алюмінію, то знову одержимо рівні результати, але вони відрізнятимуться від результатів попереднього досліду. *Відношення маси тіла до його об'єму — характеристика не тіла, а речовини*, з якої це тіло виготовлено. Цю величину називають *густиною речовини*.

Густина речовини — це фізична величина, яка характеризує речовину й дорівнює відношенню маси суцільного тіла, виготовленого із цієї речовини, до об'єму цього тіла:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

де ρ («ро») — густина речовини; m — маса тіла; V — об'єм тіла (об'єм, зайнятий речовиною).

У СІ одиницею маси є кілограм, а одиницею об'єму — метр кубічний, тому *одиниця густини в СІ* — **кілограм на метр кубічний:**

$$[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Застосовують також одиницю густини *грам на сантиметр кубічний* (г/см³):

$$1\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{1 \cdot 1000\ \text{г}}{100\ \text{см} \cdot 100\ \text{см} \cdot 100\ \text{см}} = 0{,}001\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

$$1\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0{,}001\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$1\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

3. Порівнюємо густини різних речовин

Густини речовин можуть суттєво відрізнятися одна від одної. Саме тому суцільні тіла, однакові за розміром, але виготовлені з різних речовин, будуть мати різну масу (див. рис. 17.1).

Підручник видавництва "Ранок"

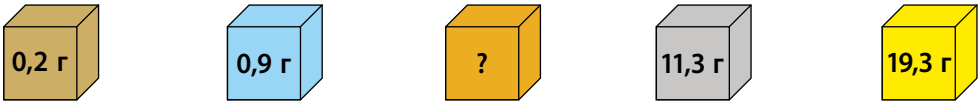


Рис. 17.1. Густини речовин є різними, тому, хоча подані речовини займають однаковий об'єм (1 см^3), їхні маси суттєво різняться

Орієнтуючись на рис. 17.1, дізнайтеся густини корка, льоду та золота. Скориставшись **таблицями густин деяких речовин** (наприкінці підручника), визначте масу кубика об'ємом 1 см^3, виготовленого з латуні.



Результат обчислення густини дозволяє дізнатися, з якої речовини виготовлено тіло. *Для цього досить виміряти масу та об'єм тіла, знайти відношення маси тіла до його об'єму, а потім скористатися таблицею густин.*

Наприклад, густина речовини, з якої виготовлена фігурка сови на рис. 17.2, дорівнює:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{8{,}9\ \text{кг}}{0{,}001\ \text{м}^3} = 8900\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

За таблицею густин визначаємо, що фігурка може бути виготовлена з міді.



Рис. 17.2. Фігурка сови, найімовірніше, виготовлена з міді

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На нашій планеті найбільшу густину з речовин має осмій. Його густина — 22,6 г/см^3. Але у Всесвіті існують тіла, густина яких значно більша за густину осмію. Йдеться про середню густину нейтронної зорі — 10^{14}–10^{15} г/см^3. Сірникова коробка, наповнена речовиною такої густини, мала б масу понад мільярд тонн.



ВИДАВНИЦТВО РАНОК ПІДРУЧНИК

4. Від яких чинників залежить густина речовини?

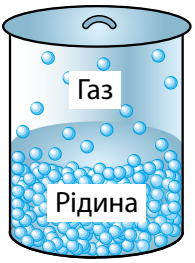


Рис. 17.3. Відстань між молекулами газу набагато більша, ніж відстань між молекулами рідини

Густина залежить від агрегатного стану речовини та її температури.

Якщо речовина змінює свою температуру або агрегатний стан (переходить із твердого стану в рідкий, із рідкого в газоподібний чи навпаки), *маса речовини залишається незмінною,* а от її об'єм змінюється, оскільки змінюється середня відстань між частинками. *Відповідно змінюється й густина.*

Так, у разі переходу *з рідкого стану в газоподібний густина речовини зменшується,* оскільки збільшується об'єм, який займає речовина (рис. 17.3).

Зі збільшенням температури середня відстань між частинками речовини збільшується, відповідно збільшується її об'єм, а отже, *зменшується густина речовини.* Зі зменшенням температури — навпаки: густина речовини збільшується.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Звичайна вода не підпорядковується загальним закономірностям: під час нагрівання від 0 °С до 4 °С її густина збільшується. Густина води має й іншу аномалію: вона більша за густину льоду.



5. Як обчислити масу та об'єм тіла?

У наведених у параграфі прикладах ми розглядали суцільні однорідні тіла, тобто тіла, що не мають порожнин і складаються з однієї речовини. Якщо в тілі є порожнини або воно складається з різних речовин (корабель, футбольний м'яч, людина тощо), то говорять про *середню густину тіла*:

$$\rho_{сер} = \frac{m}{V},$$

де $\rho_{сер}$ — середня густина тіла*; V — об'єм тіла; m — маса тіла.

* Далі густину і середню густину речовини позначатимемо одним символом — ρ.

Видавництво "Ранок"

Знаючи об'єм тіла та його густину (густину речовини, з якої воно виготовлене, або середню густину тіла), можна визначити масу тіла без зважування. Справді, якщо $\rho = \frac{m}{V}$, то $m = \rho V$. Відповідно, якщо відомі маса й густина тіла, то можна визначити його об'єм: $V = \frac{m}{\rho}$.

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V, \quad \rho = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

Дізнайтеся, скільки ви важите, й оцініть об'єм свого тіла, якщо відомо, що *середня густина тіла людини становить близько* 1000 кг/м^3. Поміркуйте, чому слід саме *оцінити*, а не *визначити* точно.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

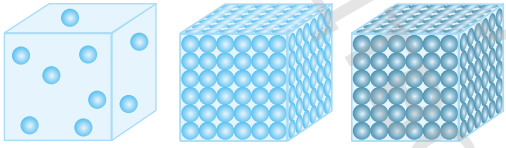
Густина речовини — це фізична величина, яка характеризує певну речовину та дорівнює відношенню маси суцільного тіла, виготовленого із цієї речовини, до об'єму цього тіла.

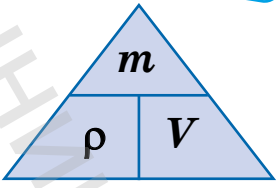




$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \text{Густина} = \frac{\text{Маса}}{\text{Об'єм}}$$

$$[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad 1\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$





Густина є більшою, коли:
- ✓ щільніше розташовані атоми (молекули);
- ✓ більша маса атомів (молекул).

Вимірювання густини

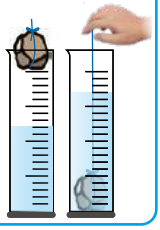
Вимірюємо масу

$m = 50$ г



Вимірюємо об'єм

$V = 10\ \text{см}^3$



Обчислюємо

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{50\ \text{г}}{10\ \text{см}^3} = 5\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

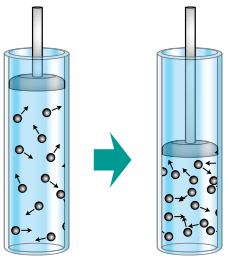
Видавництво "Ранок" Електронний підручник

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення густини речовини. **2.** Які вимірювання необхідно здійснити, щоб визначити густину речовини? **3.** Які одиниці густини? **4.** Як подати густину в грамах на сантиметр кубічний (г/см^3), якщо відоме її значення в кілограмах на метр кубічний (кг/м^3)? **5.** Від яких факторів і як залежить густина речовини? **6.** Як обчислити масу тіла за його густиною та об'ємом? **7.** Як визначити об'єм тіла за його густиною та масою?

ВПРАВА № 17

1. У циліндрі під поршнем міститься кисень. Поршень починають опускати (див. рисунок). Як при цьому змінюється: а) маса газу? б) об'єм газу? в) густина газу?



2. Густина платини дорівнює 21 500 кг/м^3. Якою є маса платини об'ємом 1 м^3? об'ємом 1 см^3?

3. Значення якої величини ми насправді порівнюємо, коли говоримо: «легкий, мов повітря», «важкий, як свинець»?

4. У яких випадках маси тіл однакового об'єму будуть рівними?

5. Одна з двох однакових посудин наповнена рідким медом, а інша — олією. Маса якої рідини більша і в скільки разів?

6. Два кубики мають однакову масу. Перший кубик виготовлений з оргскла, другий — із дуба. Об'єм якого кубика є меншим і в скільки разів?

Ключові терміни

Густина речовини · Середня густина тіла

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

rnk.com.ua/106657

Тема. Визначення густин твердого тіла та рідини.

Мета: визначити густини пропонованих твердого тіла та рідини.

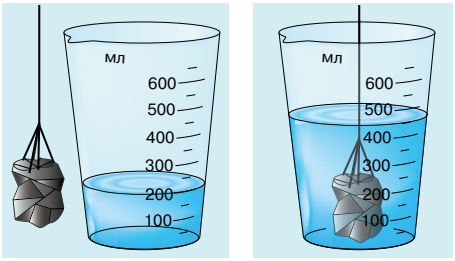
Обладнання: терези; лінійка; тверде тіло на нитці; мірна посудина з водою; склянка з досліджуваною рідиною; порожня склянка; паперові серветки.

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК" ПІДРУЧНИК

ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.

Результати вимірювань і обчислень відразу заносьте до таблиці.



1. Виміряйте масу твердого тіла за допомогою терезів.
2. Виміряйте об'єм твердого тіла за допомогою мірної посудини (див. рисунок).
3. Визначте масу та об'єм досліджуваної рідини:
   - виміряйте масу склянки з досліджуваною рідиною;
   - перелийте рідину в мірну посудину та виміряйте об'єм рідини;
   - виміряйте масу порожньої склянки;
   - обчисліть масу рідини.

Досліджуване тіло або рідина	Маса m, г	Об'єм V, см^3	Густина ρ		Речовина
			г/см^3	кг/м^3	

Опрацювання результатів експерименту

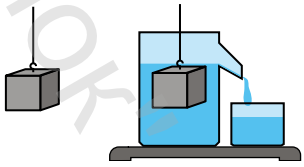
1. Визначте густину речовини, з якої виготовлено тверде тіло, та досліджуваної рідини.
2. Користуючись таблицями густин, визначте речовини, які досліджено.

Аналіз експерименту та його результатів

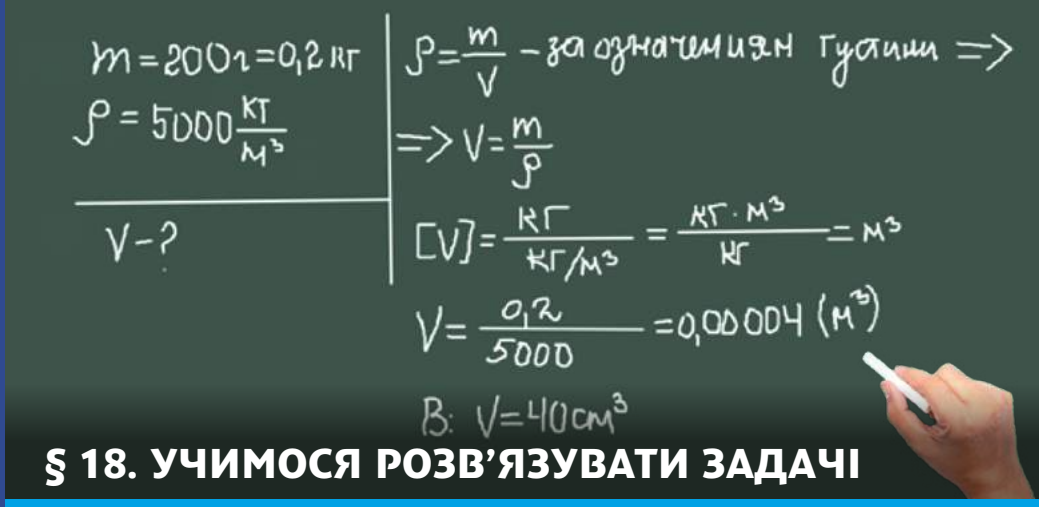
Зробіть висновок, у якому зазначте: 1) яку фізичну величину та за допомогою яких приладів ви вимірювали; 2) які чинники могли вплинути на точність результатів.

Творче завдання

Запропонуйте способи (теоретичний та експериментальний), за допомогою яких можна знайти масу води, що виллється з відливної посудини (див. рисунок), якщо в неї повільно занурити, наприклад, алюмінієвий кубик.



Підручник видавництва «Ранок»



§ 18. УЧИМОСЯ РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧІ

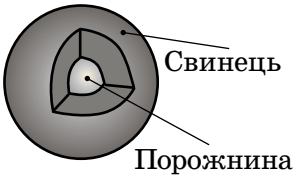
Нагадаємо, що перед тим, як розв'язувати задачі з фізики, необхідно уважно прочитати умову задачі й усвідомити, про що йдеться. Потім можна розпочинати шукати відповіді. Отже, уважно читаємо, думаємо, розв'язуємо та перевіряємо, чи все зроблено правильно.

■ **Задача 1.** Свинцева куля має об'єм 60 см³ і масу 0,565 кг. Чи має ця куля порожнину? Якщо так, то визначте об'єм порожнини. ■

Аналіз фізичної проблеми. Виконаємо рисунок. Якщо об'єм свинцю ($V_{св}$) менший від об'єму кулі ($V_к$), то куля має порожнину, об'єм якої дорівнює: $V_{пор} = V_к - V_{св}$.

Густину свинцю знайдемо в таблиці густин.

У цій задачі краще масу подати в грамах, об'єм — у сантиметрах кубічних, густину — у грамах на сантиметр кубічний.



Дано:
$m_к = m_{св} = 0{,}565$ кг $= 565$ г
$V_к = 60$ см³
$\rho_{св} = 11{,}3 \frac{г}{см^3}$

Знайти:
$V_{пор}$ — ?

Пошук математичної моделі. Розв'язання.

1. Визначимо об'єм свинцю:

$$\rho_{св} = \frac{m_{св}}{V_{св}} \Rightarrow V_{св} = \frac{m_{св}}{\rho_{св}};$$

$$[V_{св}] = \frac{г}{\frac{г}{см^3}} = см^3; \quad V_{св} = \frac{565}{11{,}3} = 50 \text{ см}^3.$$

Аналіз результатів: $V_к > V_{св}$, отже, куля має порожнину.

2. Визначимо об'єм порожнини:

$$V_{пор} = V_к - V_{св} = 60 \text{ см}^3 - 50 \text{ см}^3 = 10 \text{ см}^3.$$

Відповідь: $V_{пор} = 10$ см³.

Електронний варіант підручника

■ **Задача 2.** Скільки залізничних цистерн потрібно для перевезення 1080 т нафти, якщо місткість кожної цистерни — 25 м^3? ■

Аналіз фізичної проблеми. Кількість цистерн можна знайти, поділивши загальний об'єм нафти (V) на місткість однієї цистерни (V_0). Загальний об'єм нафти визначимо за її масою та густиною. Густину нафти знайдемо в таблиці густин.

Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Дано:
$m = 1080$ т $= 1\,080\,000$ кг
$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
$V_0 = 25$ м^3

Знайти:
N — ?

Пошук математичної моделі. Розв'язання.

З означення густини визначимо загальний об'єм нафти: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho}$.

Визначимо загальну кількість цистерн:

$$N = \frac{V}{V_0} = \frac{m}{\rho} : V_0 = \frac{m}{\rho V_0}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[N] = \frac{\text{кг}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3} = 1; \quad N = \frac{1\,080\,000}{800 \cdot 25} = 54.$$

Аналіз результатів. Кількість цистерн, одержана в результаті розрахунків, є цілком реальною.

Відповідь: $N = 54$.

Підручник видавництва "Ранок"

ВПРАВА № 18

1. З якого матеріалу виготовлений дитячий кубик, об'єм якого дорівнює 250 см^3, а маса — 110 г?

2. Маса срібної фігурки становить 707 г, а її об'єм дорівнює 0,7 дм^3. Чи має порожнину ця фігурка? Відповідь обґрунтуйте.

3. Що більше — маса вчителя фізкультури чи маса повітря в спортзалі, якщо маса вчителя становить 80 кг, а розміри спортзалу 20×10×5 м? Об'ємом, який займає в спортзалі спортивний інвентар, знехтуйте.

4. У мензурку з водою (рис. 1) занурили металевий циліндр масою 675 г (рис. 2). З якої речовини може бути виготовлений циліндр?

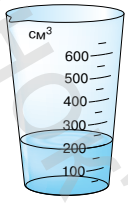


Рис. 1

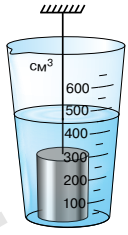
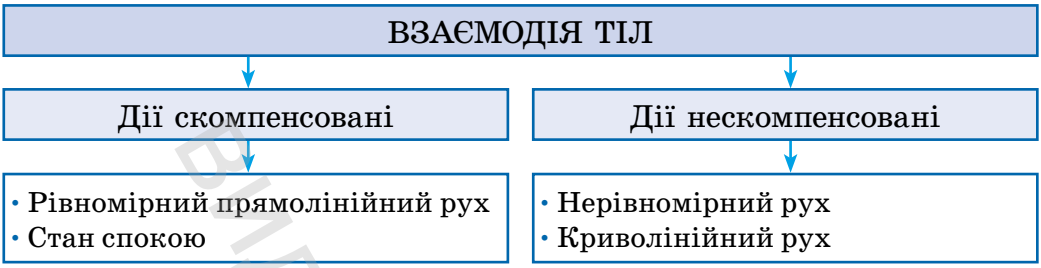


Рис. 2

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 3

Частина 1 «Явище інерції. Інертність і маса тіла. Густина речовини»

1. Ви з'ясували, що тіла взаємодіють одне з одним і що саме *взаємодія є причиною зміни швидкості руху тіла.*



2. Ви дізналися, що *явище зберігання швидкості руху тіла за відсутності або скомпенсованості дії на нього інших тіл називають явищем інерції*, а рівномірний прямолінійний рух тіла за цих умов — *рухом за інерцією.*

3. Ви переконалися, що для зміни швидкості руху будь-якого тіла потрібен час, і дізналися, що таку властивість тіла називають *інертністю.*

4. Ви продовжили ознайомлення з фізичними тілами й речовинами та дізналися про деякі фізичні величини, які характеризують тіло й речовину.

Фізична величина						
Назва	Що характеризує	Символ	Одиниця в СІ	Формула	Способи вимірювання	Особливості
Маса	Тіло (міра інертності тіла)	m (ем)	Кілограм (кг)	$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1}$	• Зважування • За зміною швидкості руху тіл унаслідок їхньої взаємодії	Є мірою гравітаційної властивості тіла
Густина	Речовину	ρ (ро)	Кілограм на метр кубічний (кг/м^3)	$\rho = \frac{m}{V}$	За виміряними масою та об'ємом	Залежить від температури й агрегатного стану речовини

Електронний варіант підручника
Видавництво «Ранок»

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Частина 1 «Явище інерції. Інертність і маса тіла. Густина речовини»

rnk.com.ua/106658

У завданнях 1–4 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(2 бали)* Якщо на тіло не діють інші тіла, то тіло рухається:
   а) прямолінійно зі швидкістю, яка зменшується;
   б) прямолінійно зі швидкістю, яка збільшується;
   в) рівномірно по криволінійній траєкторії;
   г) рівномірно прямолінійно.

2. *(2 бали)* Кулька, яка перебувала у стані спокою на столику вагона потяга, раптом покотилася назад (протилежно руху потяга). Які зміни сталися під час руху потяга?
   а) потяг прискорив свій рух;
   б) потяг почав гальмувати;
   в) потяг повернув праворуч;
   г) потяг повернув ліворуч.

3. *(2 бали)* Хлопчик зістрибнув з корми нерухомого човна. У скільки разів маса хлопчика відрізняється від маси човна, якщо хлопчик набув швидкості 1,5 м/с, а човен — швидкості 3 м/с?
   а) маса хлопчика вдвічі більша за масу човна;
   б) маса хлопчика дорівнює масі човна;
   в) маса хлопчика у півтора разу менша від маси човна;
   г) маса хлопчика вдвічі менша від маси човна.

4. *(2 бали)* Маса тіла із золота об'ємом 1 $см^3$ більша за масу свинцевого тіла того самого об'єму на:
   а) 8 г; б) 11,3 г; в) 8 кг; г) 11,3 кг.

5. *(3 бали)* Два візки були з'єднані стиснутою пружиною та перебували в стані спокою. Після того як пружина розпрямилась, візок 1 набув швидкості 5 см/с, а візок 2 — швидкості 65 см/с. Якою є маса візка 2, якщо маса візка 1 становить 1,3 кг?

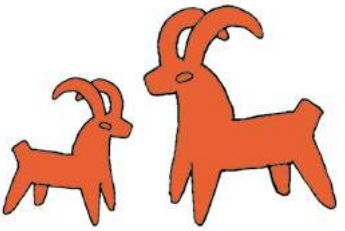
6. *(3 бали)* Маса суцільного тіла, виготовленого з алюмінію, становить 5,4 кг. Визначте об'єм цього тіла.

Підручник Ранок
Видавництво

7. *(3 бали)* Посудину місткістю 5 л і масою 0,5 кг на одну третину заповнили медом. Якою є маса посудини з медом?

8. *(3 бали)* Щоб одержати латунь, переплавили мідь об'ємом 0,2 м^3 і цинк об'ємом 50 дм^3. Якою є густина одержаної латуні? Об'єм сплаву дорівнює сумі об'ємів його складників.

9. *(4 бали)* Малюк виліпив фігурку, на виготовлення якої витратив 10 г пластиліну. Його сестра виліпила фігурку таку саму за формою, але вдвічі більшу за розмірами (див. рисунок). Скільки пластиліну витратила дівчинка?



Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 2. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Інертність у техніці та побуті.
2. Еволюція важільних терезів.
3. Ґ. Ґалілей, І. Ньютон. Відкриття законів механіки.
4. Як змінювався еталон маси.

ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Вимірювання густин різних речовин.
2. Дослідження аномалій води (вимірювання густини льоду та густини води).

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

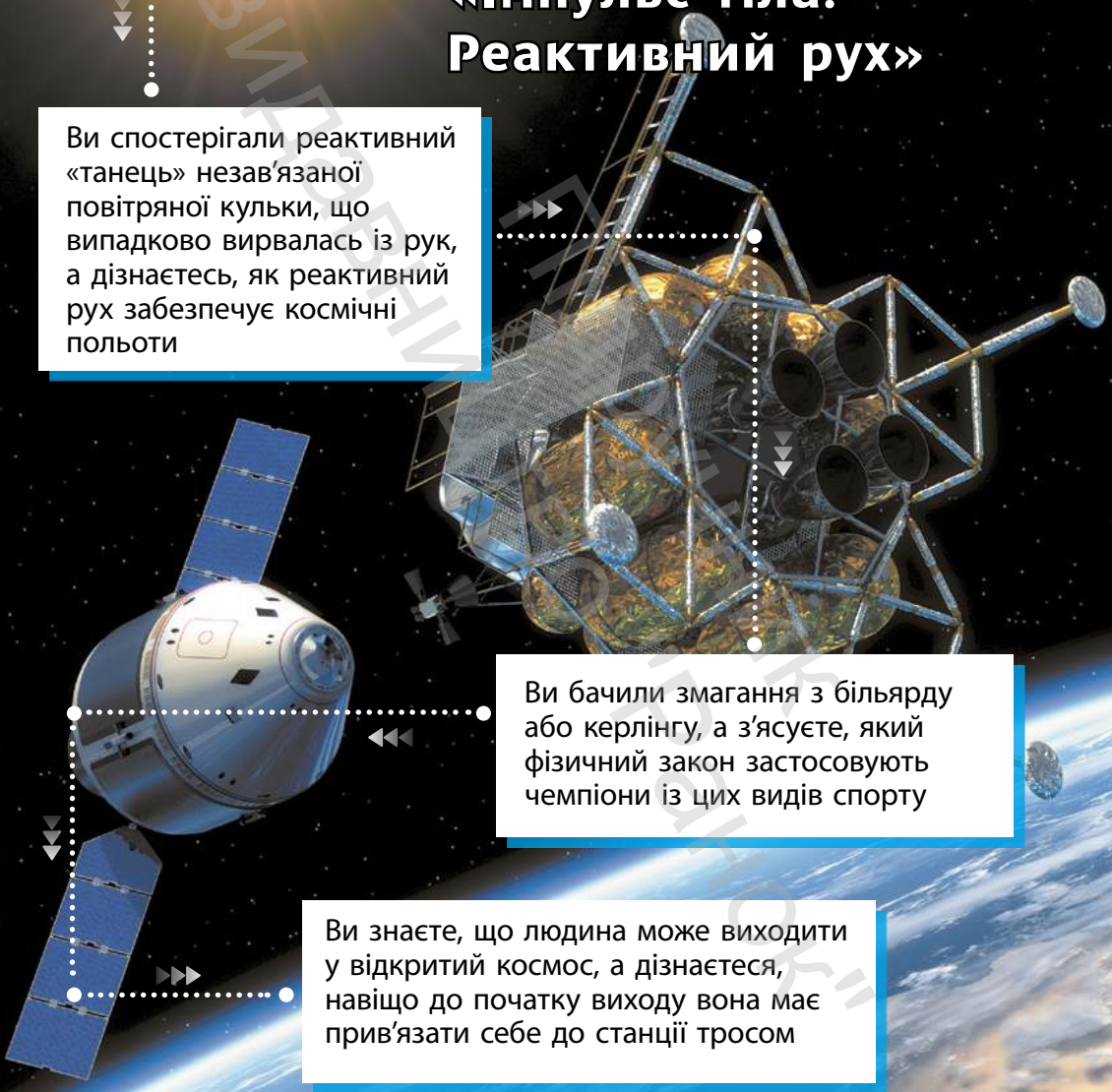
1. Інертність як причина порушення правил дорожнього руху.
2. Цікаві досліди щодо демонстрації інертності тіл.
3. Застосування інерції в техніці, побуті, спорті тощо.

Видавництво «Ранок»

РОЗДІЛ 3
ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛИ В ПРИРОДІ

Частина 2 «Імпульс тіла. Реактивний рух»

Ви спостерігали реактивний «танець» незав'язаної повітряної кульки, що випадково вирвалась із рук, а дізнаєтесь, як реактивний рух забезпечує космічні польоти



Ви бачили змагання з більярду або керлінгу, а з'ясуєте, який фізичний закон застосовують чемпіони із цих видів спорту

Ви знаєте, що людина може виходити у відкритий космос, а дізнаєтеся, навіщо до початку виходу вона має прив'язати себе до станції тросом

ВИДАВНИЧИЙ ДІМ "ГЕНЕЗА"



rnk.com.ua/106659

§ 19. ІМПУЛЬС ТІЛА. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ

Французький учений Рене Декарт (1596–1650) писав: «Я приймаю, що у Всесвіті... є певна кількість руху, яка ніколи не збільшується, не зменшується, і відповідно, якщо одне тіло приводить у рух інше, то втрачає стільки свого руху, скільки його надає». Що таке кількість руху і який закон сформулював Декарт? Дізнаймося.

1. Що таке імпульс у фізиці?

Усі ви, напевно, чули слово «імпульс». Наприклад: «нервова система подає імпульс», «він отримав імпульс до швидкого закінчення справи». Узагалі імпульс — це філософське поняття, що означає поштовх, внутрішнє або зовнішнє спонукання до чого-небудь.

У фізиці *імпульсом*, або *кількістю руху*, називають фізичну величину, яка характеризує тіло, що рухається. Чим більшою є маса тіла і чим швидше це тіло рухається, тим більший імпульс воно має (рис. 19.1).

Імпульс тіла — це векторна фізична величина, яка дорівнює добутку маси тіла на швидкість його руху:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Імпульс тіла

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

$\vec{p}$ — імпульс тіла;
m — маса тіла;
$\vec{v}$ — швидкість руху тіла.

Напрямок імпульсу завжди збігається з напрямком швидкості руху тіла.

Одиниця імпульсу тіла в СІ — **кілограм-метр за секунду:** $[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$.



Рис. 19.1. Чим більшу швидкість надає атлетка ядру і чим більшою є його маса, тим більший імпульс отримує ядро

Електронний підручник "Ранок"

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



У фізиці поняття «імпульс» уперше застосував французький філософ і механік Жан Буридан (1300–1358). Він писав: «…під час стрільби з лука тятива деякий час рухається разом зі стрілою, штовхаючи її… Поки тятива контактує зі стрілою, стріла безперервно набуває імпульсу, тому її рух стає швидшим… Після відриву стріла рухається тільки завдяки імпульсу, який у зв'язку з опором середовища послаблюється, і швидкість стріли зменшується».



2. Коли імпульс тіла змінюється?

Будь-яке тіло, що рухається, має імпульс. У ході взаємодії тіла з іншими тілами його імпульс зазнає змін, адже змінюється швидкість руху тіла.

Наприклад, під час гри ви випустили з руки м'яч (рис. 19.2). Поки ви його тримали, імпульс м'яча дорівнював нулю, адже м'яч не рухався $(\vec{p} = 0)$.

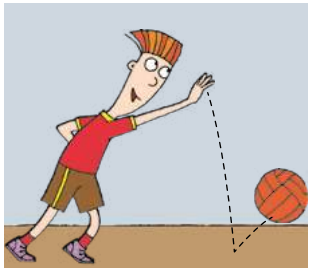


Рис. 19.2. Під час руху м'яча його імпульс змінюється або за значенням, або за напрямком, або за значенням і за напрямком одночасно

Потім унаслідок гравітаційної взаємодії із Землею м'яч починає падати. Швидкість руху м'яча, а отже, і значення його імпульсу весь час, поки м'яч прямує до підлоги, збільшуватимуться. А от напрямок імпульсу залишиться незмінним.

Після удару об підлогу м'яч може не втратити своєї швидкості, але змінить напрямок руху — почне рухатися вгору. Отже, внаслідок взаємодії з підлогою зміниться напрямок імпульсу.

Якщо ж підлога або м'яч не досить пружні, то внаслідок удару імпульс м'яча зміниться і за напрямком, і за значенням.

Поясніть, як і чому змінюється імпульс м'ячика під час гри в пінг-понг. Як і чому змінюється імпульс автомобіля під час руху містом? Наведіть власний приклад. Поміркуйте, від чого залежить зміна імпульсу.



Отже, можемо зробити висновок: *чим сильнішою є взаємодія, тим більше змінюється імпульс тіла.*

Підручник для вивчення в 10 класі

3. За яких умов систему можна вважати замкненою?



Рис. 19.3. Якщо зовнішні дії зрівноважені або значно слабші, ніж взаємодія тіл системи, то таку систему можна вважати замкненою

Декілька тіл, що взаємодіють одне з одним, утворюють систему тіл. *Якщо тіла системи взаємодіють тільки між собою, то таку систему тіл називають замкненою.*

Насправді на Землі неможливо знайти замкнену систему тіл: будь-яке тіло притягується до Землі, будь-який рух тіл супроводжується тертям. На практиці *систему тіл вважають замкненою, якщо зовнішні дії зрівноважені або тіла системи діють одне на одне набагато сильніше, ніж тіла, що діють іззовні.*

Наприклад, під час вибуху феєрверка (рис. 19.3, *а*) дія пороху, яка спричинила відштовхування уламків, набагато потужніша, ніж притягання Землі та опір повітря, тому під час вибуху систему тіл «уламки» можна вважати *замкненою*. А от після вибуху притяганням Землі й опором повітря нехтувати не можна. Отже, система тіл «уламки» буде *незамкненою*.

Якщо людина, наприклад, кидає рюкзак в горизонтальному напрямку, стоячи на скейті (рис. 19.3, *б*), то систему тіл «людина на скейті — рюкзак» можна вважати замкненою, адже дія Землі та дія опори (дошки скейта) зрівноважені, а тертя є незначним. Якщо ж людина кидає рюкзак, стоячи на землі, то система тіл «людина — рюкзак» є незамкненою, бо в цьому випадку тертя буде суттєвим.

Розгляньте рисунки. Чому системи зображених тіл можна вважати замкненими? Обґрунтуйте відповідь.







ВИДАВНИЧИЙ ДІМ ГЕНЕЗА

4. Закон збереження імпульсу

Згадаймо дослід із візками, описаний у § 16. Унаслідок взаємодії візок більшої маси набуває меншої швидкості, і навпаки (рис. 19.4). При цьому справджується рівність:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1}.$$

Скориставшись правилом пропорції, отримаємо таку рівність:

$$m_1 v_1 = m_2 v_2.$$

В обох частинах рівності маємо добуток значення швидкості руху тіла та його маси, тобто значення імпульсу тіла. Отже, можемо записати:

$$p_1 = p_2.$$

Але ж імпульс — це векторна величина. Ми бачимо, що візки набули протилежних за напрямком імпульсів. Відповідно, правильною буде й така рівність:

$$\vec{p}_1 = -\vec{p}_2, \text{ або } \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0.$$

Міркуємо далі: до початку дії пружної стрічки візки перебували в стані спокою, тобто їхній сумарний імпульс дорівнював нулю:

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = 0.$$

Отже, хоча після взаємодії імпульс кожного візка змінився, сумарний імпульс системи зберігся:

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2.$$

Досліди свідчать, що сумарний імпульс системи залишається незмінним, але за тієї умови, що система є замкненою (рис. 19.5). Якщо система незамкнена, її сумарний імпульс змінюється (рис. 19.6).

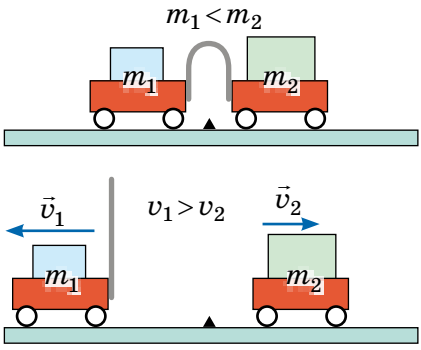


Рис. 19.4. Візки різної маси за однакової дії набувають різних швидкостей

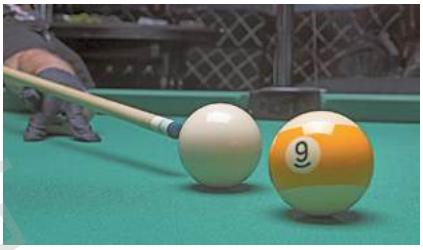


Рис. 19.5. Систему з двох більярдних куль можна вважати замкненою, тому сумарний імпульс куль до зіткнення дорівнює сумарному імпульсу куль після зіткнення



Рис. 19.6. Систему тіл «пожежник — брандспойт» не можна вважати замкненою, тому струмінь, що б'є з брандспойта, не відкидає пожежника назад

ПІДРУЧНИК ВИДАВНИЦТВО

Ми отримали закон, який свого часу сформулював *Р. Декарт*, — **закон збереження імпульсу:**

У замкненій системі тіл векторна сума імпульсів тіл до взаємодії дорівнює векторній сумі імпульсів тіл після взаємодії:

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2\,, \text{ або } m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

Закон збереження імпульсу справджується для замкненої системи, що містить будь-яку кількість тіл, — це *фундаментальний закон фізики*.

А ЯК НАСПРАВДІ?



— А я не згодна! — обурилася Яринка. — Про яке збереження імпульсу може бути мова, коли я бачу, що він весь час зникає? Учора на уроці фізкультури я сильно розігналася й набула величезного імпульсу, щоб стрибнути якомога далі…

— І що, не вийшло? — посміхнувся Петро.

— Та вийшло! 12 балів! Я про інше... Звідки взявся мій імпульс і куди зник? Він же мав зберігатися?

А як ви вважаєте, чи має рацію Яринка, стверджуючи, що закон збереження імпульсу виконується не завжди?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Імпульс тіла — це векторна фізична величина, яка дорівнює добутку маси тіла на швидкість його руху: $\vec{p} = m\vec{v}$

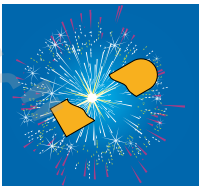


- ✓ Значення імпульсу: $p = mv$.
- ✓ Напрямок імпульсу збігається з напрямком швидкості руху тіла.
- ✓ Імпульс може передаватися іншому тілу під час взаємодії частково або повністю.

Закон збереження імпульсу:

У замкненій системі тіл векторна сума імпульсів тіл до взаємодії дорівнює векторній сумі імпульсів тіл після взаємодії:

$$m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$



ВЛАСНІСТЬ ПРАВОВЛАСНИКІВ ПІДРУЧНИКІВ

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яку систему тіл можна вважати замкненою? Наведіть приклади. 2. Дайте означення імпульсу тіла. Якою є одиниця імпульсу тіла в СІ? 3. Сформулюйте закон збереження імпульсу.

ВПРАВА № 19

1. Футболіст веде м'яч масою 450 г, рухаючись зі швидкістю 4 м/с відносно поверхні Землі. Визначте імпульс м'яча відносно: а) поверхні Землі; б) футболіста, який веде м'яч.

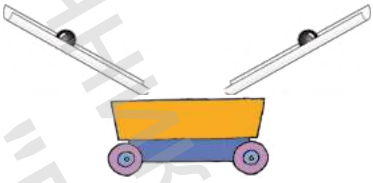
2. Чому пожежники, використовуючи брандспойт, зазвичай тримають його вдвох, а інколи й втрьох (див. заставку до § 19)?

3. Завантажена вантажівка масою 4,5 т рухається зі швидкістю 20 м/с. На скільки зміниться значення імпульсу вантажівки, якщо після того, як знімуть вантаж масою 2 т, вона повертатиметься в гараж зі швидкістю 90 км/год?

4. Метеорит згоряє в атмосфері Землі. Куди при цьому зникає його імпульс?

5. Кулька масою 100 г рухається зі швидкістю 2 м/с. Її наздоганяє кулька масою 200 г, що рухається зі швидкістю 3 м/с. Визначте значення і напрямок сумарного імпульсу кульок. Яким буде сумарний імпульс кульок, якщо вони рухатимуться назустріч одна одній?

6. Над нерухомим візком розташовані два жолоби, якими скочуються на візок дві кульки (див. рисунок). Якщо скочується лише ліва кулька, візок починає рух; якщо лише права — візок теж починає рух. А якщо одночасно скочуються обидві кульки, візок залишається нерухомим. Чому так відбувається?

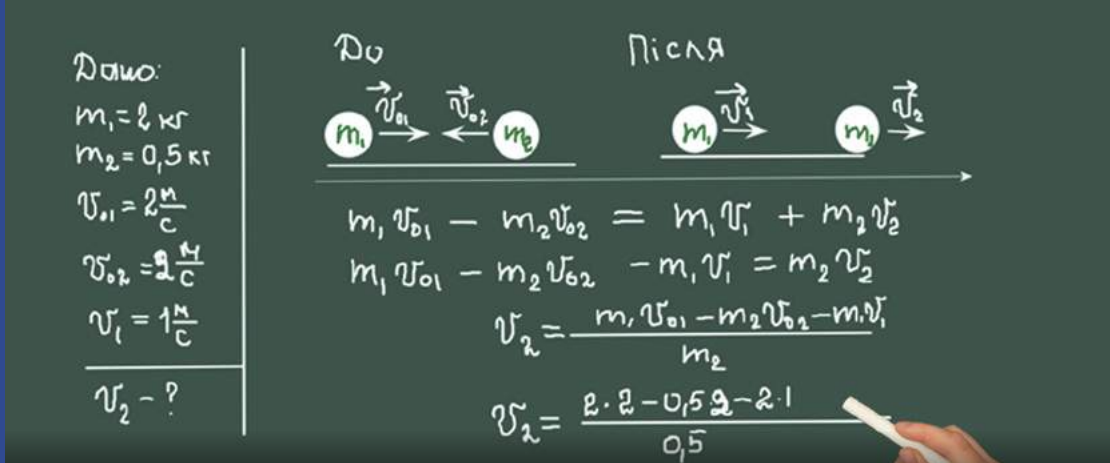


7. Порівняйте ваш імпульс під час бігу на 100 м та імпульс, який має сокіл, коли шугає вниз. Дані задайте самостійно.

Ключові терміни

Імпульс тіла • Замкнена система тіл • Закон збереження імпульсу

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"



§ 20. УЧИМОСЯ РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧІ

У законі збереження імпульсу ми додаємо векторні величини, тому маємо враховувати напрямок. Як позбутися векторів? Нескладно, якщо тіла рухаються вздовж однієї прямої. Потрібно вздовж цієї прямої задати напрямок (вісь). Далі записати закон збереження імпульсу без векторів, але з урахуванням знаків: якщо тіло рухається в напрямку осі — імпульс беремо зі знаком «+», а якщо в протилежному — зі знаком «–». Розпочнімо!

Електронний підручник "Інтелект України"

Алгоритм розв'язування задач на застосування закону збереження імпульсу

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

2. Записуємо коротку умову задачі. Зазвичай подаємо маси й швидкості руху тіл в одиницях СІ (кг, м/с).

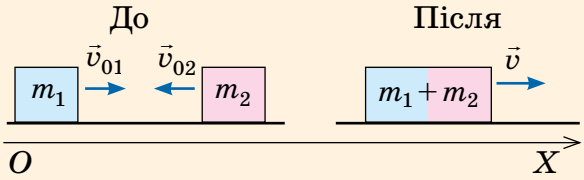
■ **Задача 1.** Візок 1 масою 2 кг, що рухається горизонтально зі швидкістю 1,3 м/с, зіштовхується з візком 2 масою 3 кг, що рухається назустріч зі швидкістю 40 см/с, та зчіплюється з ним. Якою буде швидкість руху візків після зчеплення? ■

Аналіз фізичної проблеми. Систему «візок 1 — візок 2» можна вважати замкненою, адже притягання Землі зрівноважене дією опори, а тертя нехтовно мале. Візки зчепилися, тож після взаємодії вони матимуть однакову швидкість.

Дано:
$m_1 = 2$ кг
$v_{01} = 1{,}3$ м/с
$m_2 = 3$ кг
$v_{02} = 40$ см/с $= 0{,}4$ м/с
$v_1 = v_2 = v$

Знайти: v — ?

До зіткнення імпульс візка 1 більший за імпульс візка 2, тому після зчеплення візки рухатимуться в напрямку руху візка 1.



$$m_1v_{01} - m_2v_{02} = (m_1 + m_2)v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \frac{m_1v_{01} - m_2v_{02}}{m_1 + m_2}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[v] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг} + \text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v = \frac{2 \cdot 1{,}3 - 3 \cdot 0{,}4}{2+3} = \frac{2{,}6 - 1{,}2}{5} = 0{,}28 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Аналіз результатів. Швидкості руху візків зменшилися — це реальний результат.

Відповідь: $v = 0{,}28$ м/с.

3. Виконуємо рисунок, на якому схематично зображуємо тіла та напрямки швидкостей їхнього руху спочатку до, потім — після взаємодії.

4. Записуємо закон збереження імпульсу, враховуючи напрямки руху тіл. Для цього обираємо напрямок (вісь OX): імпульси тіл, що рухаються в напрямку осі OX, беремо зі знаком «+», а в напрямку, протилежному до осі OX, — зі знаком «–».

5. Розв'язуємо одержане рівняння відносно невідомої величини в загальному вигляді, а потім виконуємо розрахунки.

6. Аналізуємо результати. Записуємо відповідь.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Хлопчик, якому не дуже подобається математика, але який захоплюється фізикою, стверджує, що знайти відповідь на запитання задачі 1 можна набагато простіше. Він пропонує не розв'язувати задачу в загальному вигляді, а відразу підставити в закон збереження імпульсу числові дані. Ось розв'язання хлопчика:

$$m_1v_{01} - m_2v_{02} = (m_1 + m_2)v \Rightarrow 2 \cdot 1{,}3 - 3 \cdot 0{,}4 = (2+3)v,$$

або $1{,}4 = 5v$, тобто $v = 0{,}28$ м/с.

Чи згодні ви з тим, що можна так розв'язувати фізичні задачі?

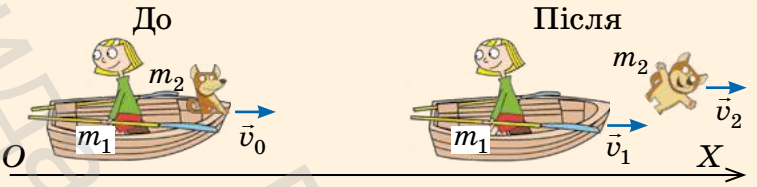
Підручник видавництва "Ранок"

■ **Задача 2.** З носа човна, маса якого разом із рибалкою дорівнює 160 кг, у напрямку руху човна стрибає собака масою 40 кг. Визначте швидкість руху човна після стрибка собаки, якщо швидкість руху собаки горизонтальна й дорівнює 5 м/с, а початкова швидкість руху човна — 1 м/с. ■

Аналіз фізичної проблеми. Систему «човен — собака» можна вважати замкненою, оскільки притягання Землі зрівноважене виштовхуванням води, а опір рухові є незначним. На початку спостереження собака рухався на човні, тому початкові швидкості руху човна й собаки є однаковими.

Дано:
$m_1 = 160$ кг
$m_2 = 40$ кг
$v_2 = 5\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$
$v_{01} = v_{02} = v_0 = 1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Знайти:
v_1 — ?



Запишемо закон збереження імпульсу, враховуючи напрямки руху тіл:

$$(m_1 + m_2)v_0 = m_1v_1 + m_2v_2.$$

Перенесемо відомі доданки в ліву частину рівняння:

$$(m_1 + m_2)v_0 - m_2v_2 = m_1v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{(m_1 + m_2)v_0 - m_2v_2}{m_1}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[v_1] = \frac{\text{кг}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{кг}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{кг}} = \frac{\text{м}}{\text{с}};\quad v_1 = \frac{(160+40)\cdot 1 - 40\cdot 5}{160} = 0.$$

Аналіз результатів. Швидкість руху човна зменшилася до нуля. Отже, човен зупинився.

Відповідь: $v_1 = 0$ — човен зупинився.

■ **Задача 3.** Кулька 1 масою 200 г, яка рухається зі швидкістю 10 м/с, наздоганяє таку ж за розміром кульку 2, що рухається в тому самому напрямку зі швидкістю 1 м/с. Якою є маса кульки 2, якщо після зіткнення вона збільшила швидкість свого руху до 1,5 м/с, а кулька 1 почала рухатися зі швидкістю 5 м/с у зворотному напрямку? ■

Аналіз фізичної проблеми. Систему «кулька 1 — кулька 2» можна вважати замкненою. Поміркуйте чому.

Видавництво «Ранок»
Підручник

Дано:

$m_1 = 0{,}2$ кг

$v_{01} = 10\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_{02} = 1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_2 = 1{,}5\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$v_1 = 5\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Знайти:

m_2 — ?



Запишемо закон збереження імпульсу, враховуючи напрямки руху тіл:

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = -m_1 v_1 + m_2 v_2 .$$

Перенесемо доданки, які містять m_1, у ліву частину рівняння, а доданки, які містять m_2, — у праву:

$$m_1 v_{01} + m_1 v_1 = m_2 v_2 - m_2 v_{02} .$$

Винесемо за дужки загальні множники:

$$m_1 (v_{01} + v_1) = m_2 (v_2 - v_{02}) \Rightarrow m_2 = \frac{m_1 (v_{01} + v_1)}{v_2 - v_{02}}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[m_2] = \frac{\text{кг} \cdot \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{\text{м}}{\text{с}} \right)}{\frac{\text{м}}{\text{с}} - \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{кг}; \quad m_2 = \frac{0{,}2 \cdot (10 + 5)}{1{,}5 - 1} = \frac{3}{0{,}5} = 6 \text{ (кг)}.$$

Аналіз результатів. Маса кульки 2 виявилася набагато більшою за масу кульки 1. Це цілком реальний результат, адже якби маса кульки 2 була меншою, то кулька 1 не відскочила б від кульки 2, а продовжила б рух у тому самому напрямку.

Відповідь: $m_2 = 6$ кг.

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: три кришечки від пластикових пляшок однакового розміру; пластилін.

Одну з кришечок заповніть пластиліном. Дослідіть центральне зіткнення пар кришечок: 1) важка кришечка нерухома, а дві інші по черзі зіштовхуються з нею; 2) кришечки рухаються назустріч одна одній; 3) одна з кришечок наздоганяє іншу. Поясніть результати зіткнень. Запишіть для кожного випадку закон збереження імпульсу.

Підручник видавництва «Ранок»

ВПРАВА № 20

1. М'яч масою 600 г кинуто вертикально вгору зі швидкістю 5 м/с. Знайдіть імпульс м'яча на початку руху та у верхній точці траєкторії.

2. Кіт женеться за мишею. Чи зможе кіт наздогнати мишу, якщо імпульс кота дорівнює імпульсу миші?

3. Два тіла рухаються вздовж однієї прямої. Маса першого тіла вдвічі більша за масу другого, а швидкість руху другого тіла втричі менша від швидкості руху першого.
1) Знайдіть відношення модулів імпульсів цих тіл.
2) Знайдіть сумарний імпульс цих тіл, якщо маса й швидкість руху першого тіла дорівнюють 200 г і 6 м/с відповідно. Розгляньте два випадки: а) тіла рухаються в одному напрямку; б) тіла рухаються в протилежних напрямках.

4. Кулька масою 100 г влучає в нерухому кульку масою 150 г і застрягає в ній (рис. 1). Визначте швидкість руху кульки до зіткнення, якщо після зіткнення система рухалася зі швидкістю 10 м/с.

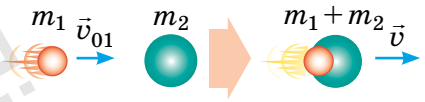


Рис. 1

5. Зі старовинної гармати, установленої на рівній горизонтальній поверхні, горизонтально випущено ядро зі швидкістю 400 м/с. Якої швидкості набуде гармата після пострілу, якщо маса ядра 20 кг, а маса гармати 2 т?

6. Складіть і розв'яжіть задачу за поданими на рис. 2 даними.

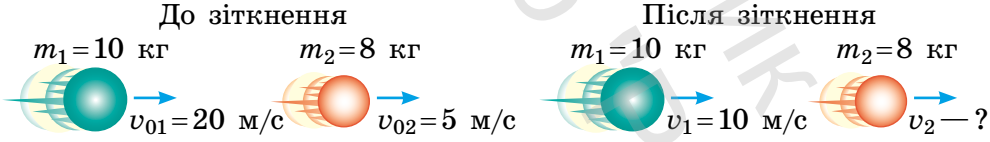


Рис. 2

7. Із човна масою 200 кг, що рухається зі швидкістю 2 м/с, стрибає хлопчик масою 50 кг зі швидкістю 6 м/с відносно поверхні землі. Визначте швидкість руху човна після стрибка, якщо хлопчик стрибає: а) з корми човна горизонтально в бік, протилежний рухові човна; б) з носа човна горизонтально в напрямку руху човна. Якою має бути швидкість руху хлопчика, щоб після стрибка з носа човен зупинився?

Підручник видавництва «Ранок»



rnk.com.ua/106660

§ 21. РЕАКТИВНИЙ РУХ

Завдяки чому рухаються люди, автомобілі, тварини? Чому літають планери й птахи? Чому плавають риби та підводні човни? Відповідь проста: усі ці тіла від чогось відштовхуються — від поверхні Землі, від повітря, від води. А як пояснити рух космічного корабля, якому немає від чого відштовхнутися? Проте космічні кораблі літають у відкритому космосі, виконують маневри й повертаються на Землю. Від чого ж вони відштовхуються? З'ясуймо.

1. Що таке реактивний рух?

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: повітряна кулька.

Надуйте повітряну кульку і, не стягуючи її отвір ниткою, відпустіть. Що ви бачите? Чому кулька рухається? Чому рух кульки із часом припиняється?

Ви можете також влаштувати змагання: чия кулька полетить далі, чия кулька рухається швидше, чия кулька тримається довше. Чи можете ви спрогнозувати деякі результати змагань?



Напевно, ви здогадалися, що кулька рухається завдяки повітрю, яке виривається з її отвору. Тільки-но повітря припинить вириватися, рух кульки почне сповільнюватися й кулька швидко зупиниться. У цьому досліді ми мали справу з реактивним рухом.

Реактивний рух — це рух, що виникає внаслідок відділення з деякою швидкістю від тіла якоїсь його частини.

Електронний підручник "РАНОК"



Рис. 21.1. Рух кульки під дією повітря, що виривається з отвору, — це реактивний рух

Основою реактивного руху є закон збереження імпульсу. Повернемося до досліду з кулькою (рис. 21.1).

Якщо отвір кульки закритий, вона перебуває в стані спокою й імпульс системи «кулька — повітря» дорівнює нулю.

Щойно ви відкриєте отвір, повітря почне вириватися назовні з досить великою швидкістю, тобто набуде певного імпульсу:

$$\vec{p}_п = m_п\vec{v}_п.$$

Сама кулька теж набуде імпульсу, напрямленого в бік, протилежний напрямку імпульсу повітря:

$$\vec{p}_к = m_к\vec{v}_к.$$

Уявімо, що система «кулька — повітря» є замкненою. Тоді відповідно до закону збереження імпульсу загальний імпульс системи «кулька — повітря» залишається незмінним і дорівнює нулю. Тож з урахуванням напрямків швидкостей маємо:

$$m_к v_к - m_п v_п = 0.$$

Отже, швидкість руху кульки становить:

$$v_к = \frac{m_п v_п}{m_к}.$$

Аналогічно виникає рушійна реактивна сила в ракеті або реактивному літаку, коли з їхніх сопел викидається газ.



Стоячи на скейті, ви відкинули від себе важку сумку. У якому напрямку ви почали рухатися? Чи можна цей рух вважати реактивним рухом?





ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Прообразом сучасних реактивних двигунів можна вважати *«кулю Герона»*, або «еоліпіл». Цей пристрій у I ст. створив видатний давньогрецький математик і механік Герон з Александрії. Пара, що виходить із закріплених на кулі зігнутих трубочок (сопел), змушує кулю обертатися.



Видавництво «Ранок» Підручник

2. Чому ракета має декілька ступенів?

Ракета* — *літальний апарат, який переміщується в просторі завдяки реактивній тязі, що виникає внаслідок викидання ракетою газового струменя.*

Струмінь гарячого газу, який є відокремлюваною частиною ракети, утворюється в ході згоряння палива. Коли газовий струмінь із величезною швидкістю викидається із сопла ракети, вона одержує потужний імпульс, напрямлений у бік, протилежний швидкості руху струменя (рис. 21.2).

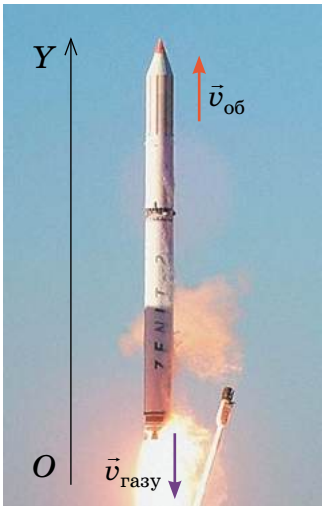


Рис. 21.2. Старт ракети «Зеніт» (вироблена в Україні)

Уявімо: у момент старту все паливо ракети згоряє миттєво. Оскільки до старту ракета перебуває в стані спокою, то закон збереження імпульсу після згоряння палива з урахуванням напрямків швидкостей виглядав би так:

$$0 = m_{об}\upsilon_{об} - m_{газу}\upsilon_{газу}, \qquad (1)$$

де $m_{об}$ і $\upsilon_{об}$ — маса та швидкість руху оболонки ракети; $m_{газу}$ і $\upsilon_{газу}$ — маса та швидкість руху газового струменя.

З рівняння (1) знайдемо швидкість руху оболонки:

$$\upsilon_{об} = \frac{m_{газу}\upsilon_{газу}}{m_{об}}. \qquad (2)$$

Якщо припустити, що маса палива в 4 рази більша за масу оболонки, а швидкість струменя газу — 2 км/с, то одержимо, що швидкість руху ракети дорівнює 8 км/с.

Скориставшись рівнянням 2, доведіть останнє твердження самостійно. 8 км/с — це перша космічна швидкість. Таку швидкість повинно мати тіло, щоб стати штучним супутником Землі.



Отже, *якби руху ракети нічого не заважало*, то швидкість, набрана ракетою, була б достатньою для того, щоб ракета вийшла на орбіту. Однак у реальності рух *ракети суттєво гальмують опір повітря та інші чинники*. Розрахунки свідчать, що для досягнення

* У цьому пункті ми розглядаємо лише так звані важкі ракети, призначені для польотів у космос. Досвід їх створення та успішного запуску має обмежене коло країн, зокрема Україна. Такі країни називають космічними державами.

Видавництво "Ранок"



Рис. 21.3. Відділення ступенів від космічного корабля



Рис. 21.4. Першим на поверхню Місяця ступив 21 липня 1969 р. Ніл Армстронг

ракетою першої космічної швидкості маса палива має перевищувати масу оболонки значно більше, ніж у 4 рази, а це дуже важко реалізувати технічно.

Саме тому всі ракети є багатоступеневими, а їхні ступені зі спорожнілими паливними резервуарами відкидаються в польоті (рис. 21.3). При цьому маса ракети зменшується, відповідно збільшується швидкість її руху.

Саме завдяки багатоступеневим ракетам людство зробило перші кроки в космос: 4 жовтня 1957 р. на навколоземну орбіту було виведено перший штучний супутник Землі; 12 квітня 1961 р. відбувся перший політ людини в космос; 21 липня 1969 р. дослідники вперше висадилися на Місяці (рис. 21.4).

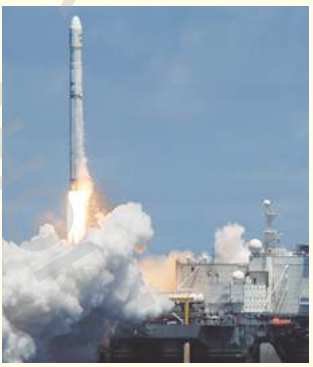
Дослідження космосу тривають.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



13 квітня 2025 р. — 40 років із дня першого запуску української ракети-носія «Зеніт».

І до сьогодні вдосконалена триступенева ракета-носій «Зеніт-3SL» є одним із найпотужніших літальних апаратів свого класу. Екологічно чистий і надійний «Зеніт» можна запускати за будь-яких метеорологічних умов. Ракета здатна виводити на навколоземну орбіту супутники масою до 13 т.



Видавництво "Ранок" Підручник

3. Реактивний рух у природі

Багато мешканців морів та океанів використовують реактивний рух для пересування (рис. 21.5).

Розглянемо, як пересувається кальмар. Під мантією кальмара є порожнина та дві воронки: вхідна — для всмоктування води, вихідна — для її випускання. За допомогою м'язів кальмар розширює мантію, і вода заповнює мантійну порожнину. Після її заповнення вхідний отвір закривається, потужні м'язи скорочуються, і вода з величезною швидкістю вивергається крізь вихідний отвір назовні, унаслідок чого тіло кальмара отримує потужний імпульс. Кальмари можуть досягати швидкості до 40 км/год. Напрямок вихідної воронки може змінюватися, тому кальмар здатен регулювати напрямок свого руху: рухатися вперед і назад, повертатися, зупинятися.

Поясніть, чому, розробляючи турбореактивні двигуни, вчені вивчали пересування кальмарів.



Реактивним рухом не нехтують і рослини. Поширений на берегах Середземного та Чорного морів «скажений» огірок (Ecballium) розкидає своє насіння саме завдяки реактивному руху (рис. 21.6). Коли плід дозріває, усередині нього починається бродіння, тиск рідини підвищується. Тому в разі незначного струсу (особливо спричиненого торканням тварини чи людини)





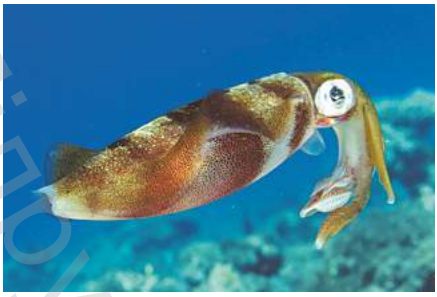


Рис. 21.5. Кальмари, восьминоги, каракатиці пересуваються завдяки реактивному руху



Рис. 21.6. Завдяки реактивному руху «скажений» огірок (огірок-пирскач) може подолати відстань до 12 м, розсіюючи по дорозі насіння

Підручник для вивчення

плід відокремлюється від плодоніжки. Крізь отвір вміст огірка виривається назовні, а огірок за законом збереження імпульсу рухається в протилежному напрямку.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Під час руху медуза нагадує парасольку, яка то складається, то розкривається. Біологи, які досліджують медуз, стверджують, що ці морські тварини пересуваються завдяки реактивному руху, адже коли медуза стискає парасольку, з-під неї виштовхується вода, тобто виникає віддача, яка штовхає медузу. Підтвердьте або спростуйте думку біологів.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Реактивний рух — це рух, що виникає внаслідок відділення з деякою швидкістю від тіла якоїсь його частини.



Основою реактивного руху є **закон збереження імпульсу**:

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0.$$

Ракета — це літальний апарат, який переміщується в просторі завдяки реактивній тязі, що виникає внаслідок викидання ракетою газового струменя.





Реактивний рух спостерігається в природі: деякі тварини використовують його для пересування, рослини — для розсіювання насіння.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення реактивного руху. Опишіть досліди зі спостереження за реактивним рухом. **2.** Запишіть закон збереження імпульсу для старту ракети, припустивши, що все її паливо згоряє під час старту. **3.** Чому для польотів у космос використовують багатоступеневі ракети? **4.** У яких ще технічних пристроях застосовують реактивний рух? **5.** Де в природі можна спостерігати реактивний рух?

Підручник відповідає програмі

ВПРАВА № 21

1. Що спільного між рухом кальмарів, реактивних літаків і катерів із водометними двигунами?

2. Чим відрізняється рух автомобіля від руху ракети?

3. Чому під час пострілу з мисливської рушниці потрібно обов'язково притискати приклад до плеча?

4. «Сеґнерове колесо» — пристрій, який винайшов фізик, математик, механік *Янош Андраш Сеґнер* (1704–1777), — зараз застосовують для поливання газонів. Розгляньте рисунок і поясніть, як працює цей пристрій. Чи можна його вважати реактивним двигуном?



5. Під час запуску моделі ракети загальною масою 600 г із її сопла вилітає 500 г води. Оцініть швидкість витікання води, якщо ракета набула швидкості руху 12 м/с. Чому можна саме оцінити, а не визначити швидкість витікання води?

6. Підготуйте стислу доповідь про українських космонавтів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Із пластикової пляшки й трубочок для коктейлю виготовте «сеґнерове колесо». Перевірте, як працює цей пристрій.

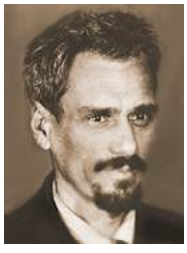


Ключові терміни

Реактивний рух • Ракета • Багатоступенева ракета

ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ

Юрій Васильович Кондратюк (*Олександр Ґнатович Шаргей*) (1897–1942) народився в Полтаві. Він є одним із піонерів ракетної техніки. У книжці «Тим, хто читатиме, щоб будувати» (1919) учений навів схему чотириступеневої ракети на киснево-водневому паливі, описав камеру згоряння її двигуна. А в книжці «Завоювання міжпланетних просторів» (1929) він запропонував здійснювати польоти на Місяць за равликовою схемою, яка пізніше отримала назву «Траса Кондратюка» та була використана фахівцями США під час планування й здійснення польоту на Місяць. Ім'я вченого носить Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».



ПІДРУЧНИК ВИДАВНИЦТВО «РАНОК»

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 3

Частина 2 «Імпульс тіла. Реактивний рух»

1. Ви дізналися, що тіло, яке рухається, характеризує фізична величина, яка називається *імпульсом тіла*.

Імпульс тіла $\vec{p}$ — це векторна фізична величина, яка дорівнює добутку маси тіла на швидкість його руху: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Напрямок імпульсу тіла збігається з напрямком руху тіла:
$\vec{p} \uparrow\uparrow \vec{v}$

Одиниця імпульсу тіла в СІ — кілограм-метр за секунду:
$[p] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2. Ви вивчили один із фундаментальних законів фізики — *закон збереження імпульсу*, дізналися про *реактивний рух*.

У замкненій системі тіл векторна сума імпульсів тіл до взаємодії дорівнює векторній сумі імпульсів тіл після взаємодії:

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2, \quad \text{або} \quad m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2.$$

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Реактивний рух у природі.
2. Історія космонавтики. Україна — космічна держава.
3. Життєвий шлях і наукова діяльність С. П. Корольова.
4. Багаторазові космічні кораблі.
5. Пружні та непружні зіткнення.

ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Створення і спостереження реактивного руху.
2. Дослідження пружного та непружного ударів.

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Застосування закону збереження імпульсу в техніці та виготовлення відповідних пристроїв.
2. Виготовлення дієвої моделі ракети та дослідження її руху.

Підручник видавництва "Ранок"

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Частина 2 «Імпульс тіла. Реактивний рух»

rnk.com.ua/106661

У завданнях 1–9 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(1 бал)* Як позначають імпульс тіла?
   а) $\vec{p}$; б) $\vec{s}$; в) $\vec{F}$; г) $\vec{v}$.

2. *(1 бал)* Куди напрямлений імпульс газів, що вириваються із сопла ракети, яка рухається вертикально вгору?
   а) вертикально вгору;
   б) вертикально вниз;
   в) імпульс газів дорівнює нулю;
   г) у напрямку обертання Землі.

3. *(1 бал)* Який імпульс має хлопчик масою 55 кг, коли під час змагань він рухається зі швидкістю 5 м/с?
   а) 11 кг·м/с; б) 275 кг·м/с; в) 50 кг·м/с; г) 135 кг·м/с.

4. *(1 бал)* Кіт масою 3 кг рухається з однаковою швидкістю з мишею, маса якої 30 г. Імпульс якої тварини є більшим і в скільки разів?
   а) імпульс миші більший у 10 разів;
   б) імпульс кота більший у 10 разів;
   в) імпульси тварин є однаковими;
   г) імпульс кота більший у 100 разів.

5. *(1 бал)* На підлозі ліфта стоїть валіза масою 20 кг. Ліфт рухається зі швидкістю 5 м/с. Чому дорівнює імпульс валізи відносно ліфта?
   а) 4 кг·м/с; б) 25 кг·м/с; в) 100 кг·м/с; г) 0.

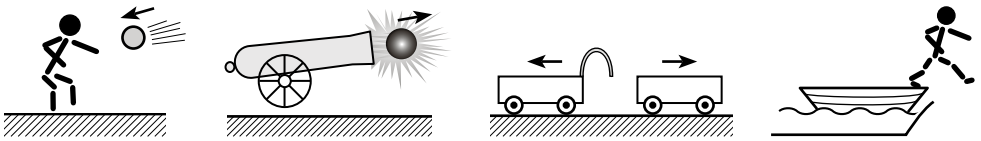
6. *(1 бал)* З якою швидкістю рухається автомобіль масою 2 т, якщо його імпульс дорівнює 30 000 кг·м/с?
   а) 15 000 м/с; б) 15 м/с; в) 6000 м/с; г) 60 м/с.

7. *(1 бал)* Чому дорівнює маса гепарда, який біжить зі швидкістю 72 км/год, якщо його імпульс дорівнює 720 кг·м/с?
   а) 10 кг; б) 20 кг; в) 36 кг; г) 72 кг.

8. *(2 бали)* Два візки масою 2 кг і 5 кг рухаються назустріч один одному зі швидкостями 2,5 м/с і 1 м/с відповідно. Чому дорівнює сумарний імпульс цих візків?
   а) 10 кг·м/с; б) 5 кг·м/с; в) 2,5 кг·м/с; г) 0.

Підручник Ваш Репетитор

9. *(2 бали)* На рис. 1 зображено чотири ситуації взаємодії двох тіл. У якому з випадків *а–г* систему тіл **не** можна вважати замкненою?



а *б* *в* *г*

Рис. 1

10. *(2 бали)* Щільно закоркована пляшка масою 100 г, у якій залишилася невелика кількість води, лежала на сонці. За деякий час корок, маса якого 5 г, вилетів із пляшки зі швидкістю 18 м/с. Якої б швидкості набула пляшка, якби система «пляшка — вода» була замкненою?

11. *(2 бали)* За графіком швидкості руху кулі масою 200 г (рис. 2) визначте імпульс кулі в момент часу 2 с.

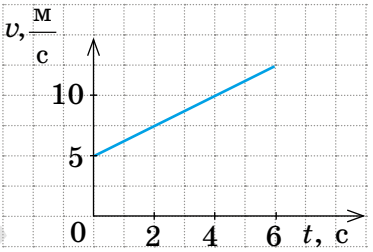


Рис. 2

12. *(3 бали)* Хлопчик, який рухається на скейті зі швидкістю 5 м/с, не гальмуючи схопив свій рюкзак масою 8 кг. З якою швидкістю почав рухатися хлопчик, якщо його маса разом зі скейтом дорівнює 72 кг?

13. *(3 бали)* Дівчинка масою 40 кг наздоганяє візок масою 30 кг, який рухається зі швидкістю 1 м/с, та застрибує на нього. З якою швидкістю рухалася дівчинка до стрибка, якщо візок почав рухатися зі швидкістю 3 м/с?

14. *(3 бали)* Кулька, що рухалася зі швидкістю 1,8 м/с, зіштовхнулася з кулькою вдвічі більшої маси, що рухалася назустріч зі швидкістю 3,6 м/с. Якої швидкості набула перша кулька після зіткнення, якщо друга кулька продовжила рух у тому самому напрямку зі швидкістю 2,1 м/с?

Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 2. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

Підручник видавництва «Ранок»

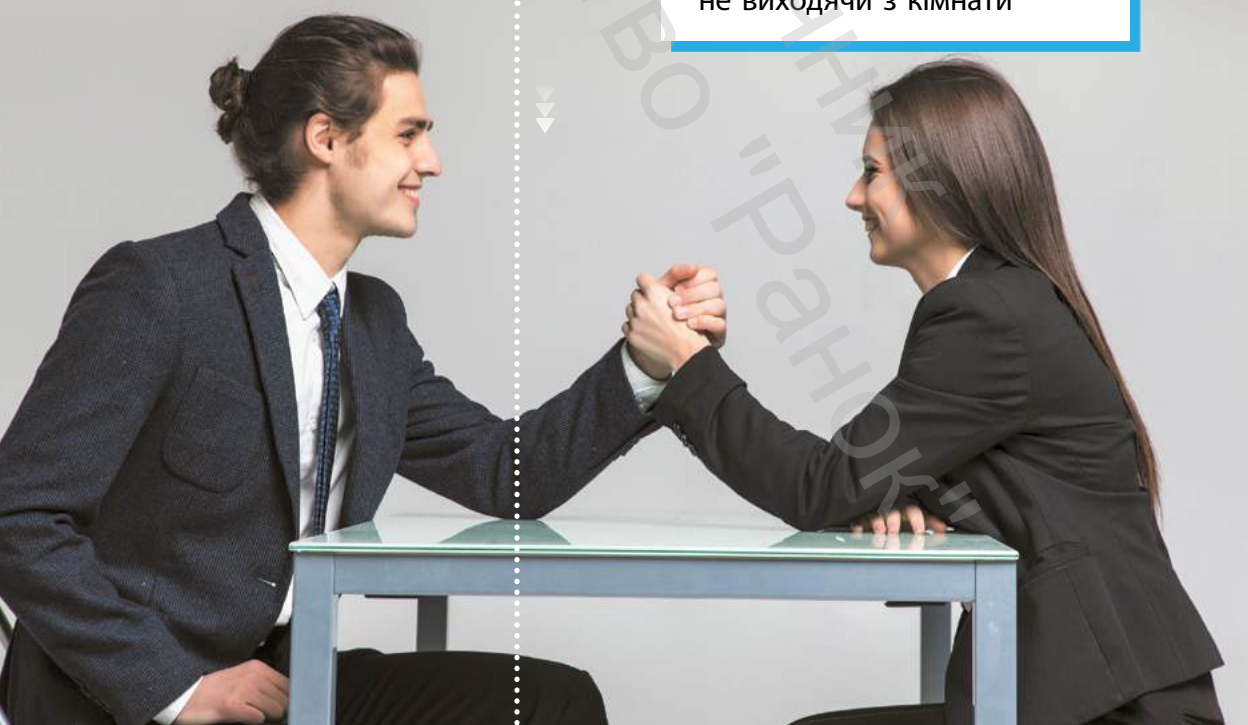
РОЗДІЛ 3
ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛИ В ПРИРОДІ

Частина 3 «Сили в природі»

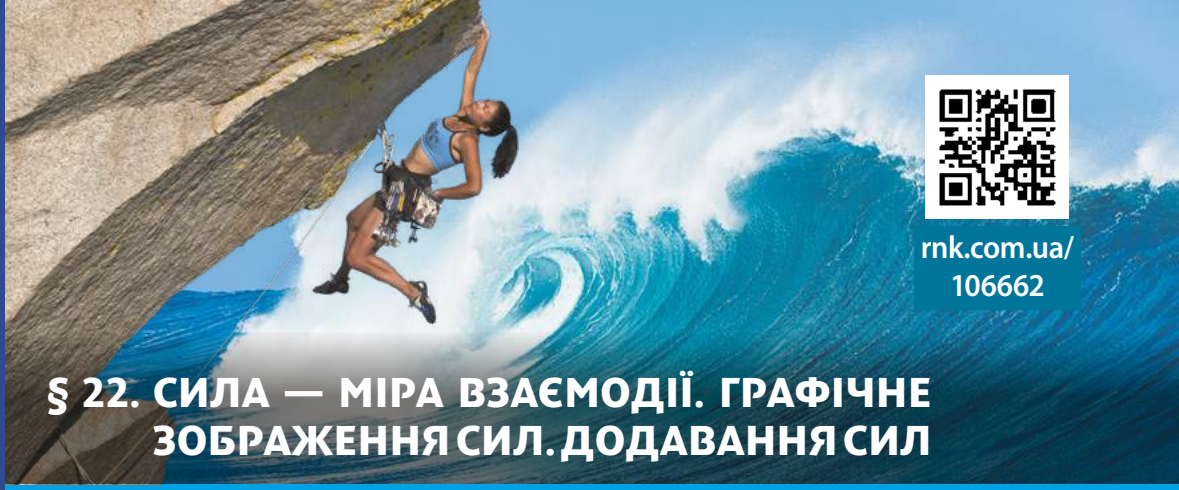
Ви вмієте вимірювати масу тіла, а навчитеся вимірювати його вагу

Ви розумієте, що руху тіла заважає сила тертя, а будете знати, чому сила тертя спричиняє рух

Ви знаєте, що космонавти під час польоту перебувають у невагомості, а дізнаєтесь, як стати невагомим не виходячи з кімнати



Підручник видавництво "Ранок"



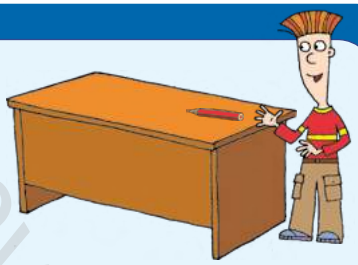
rnk.com.ua/
106662

§ 22. СИЛА — МІРА ВЗАЄМОДІЇ. ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ СИЛ. ДОДАВАННЯ СИЛ

Що ви уявляєте, коли вимовляєте такі слова, як «сильний», «силач», «найсильніший»? Найімовірніше, ці слова ви пов'язуєте з можливостями людини або тварини, потужністю механізму або з інтенсивністю прояву природних явищ. А який зміст надають поняттю «сила» фізики?

1. Що означає поняття «сила» у фізиці?

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: олівець; вільна поверхня стола.

Покладіть олівець на край стола та несильно штовхніть його вздовж стільниці. Що відбулося з олівцем? Чи досяг він протилежного краю стола? Чому він зупинився? Що відбудеться, якщо штовхнути олівець сильніше? Чи відчули ви дію олівця на вашу руку?

А тепер спробуйте відповісти на ці запитання, оперуючи поняттями, «дія», «взаємодія», «зміна швидкості руху».

Виконавши дослідження, ви ще раз переконалися в тому, що *причиною зміни швидкості руху тіла є його взаємодія* з іншими тілами. Щоб олівець почав рух, ви штовхаєте його, але водночас і олівець діє на вашу руку. Поверхня стола діє на олівець, зупиняючи його, й олівець теж діє на поверхню стола.

Наведемо ще один приклад: щоб зупинити велосипед, ви натискаєте на ручку гальма та водночас відчуваєте, як ручка тисне на вашу долоню.

Зверніть увагу: в будь-якому разі результат залежить від того, *наскільки «сильною» буде взаємодія*: сильніше штовхнете олівець — він набере більшу швидкість; сильніше натиснете на гальмо — скоріше зупиниться велосипед.

Підручник видавництва "Ранок"

Мірою дії одного тіла на інше слугує фізична величина *сила*.

Сила — це фізична величина, яка є мірою дії одного тіла на інше (є мірою взаємодії тіл).

Силу зазвичай позначають символом F (від латин. *fortis*, що означає «сильний»).

Одиниця сили в СІ — **ньютон** (названа так на честь *Ісаака Ньютона*):

$$[F] = \text{Н}.$$

1 Н *дорівнює силі, яка, діючи на тіло масою* 1 кг *протягом* 1 с, *змінює швидкість руху цього тіла на* 1 м/с.

Чим більшою є сила та чим тривалішим є час її дії на тіло, тим помітніше змінюється швидкість руху цього тіла (рис. 22.1).

Щоб тіла різної маси за однаковий час змінювали швидкості своїх рухів однаково, на них мають діяти різні сили (рис. 22.2).



Рис. 22.1. Дорослий тенісист здатний змусити м'яч летіти зі швидкістю руху спортивного автомобіля; дівчинка не може сильно вдарити по м'ячу, тому надає йому досить невеликої швидкості руху

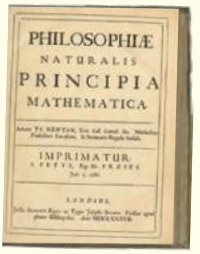


Рис. 22.2. Щоб важкий автомобіль міг розігнатися так само швидко, як легкий мотоцикл, на автомобіль слід установити потужніший двигун

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



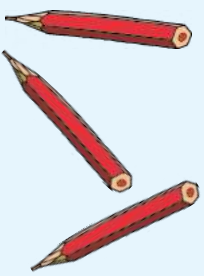
Термін «сила» в тому сенсі, у якому ми розуміємо його сьогодні, уперше застосував *Ісаак Ньютон*. У своїй роботі «Математичні начала натуральної філософії» («Philosophiae Naturalis Principia Mathematica»), надрукованій у 1687 р. в кількості 300 примірників, Ньютон дав означення прискорювальній силі, тобто силі, що «відповідає» за зміну швидкості руху тіла.



2. Чому сила є векторною величиною?

ДОСЛІДЖЕННЯ

Покладіть на стіл олівець. Намагаючись діяти з тією самою силою, клацніть пальцем по торцю олівця спочатку в одному напрямку, а потім у протилежному; тепер спробуйте клацнути перпендикулярно до олівця, спочатку діючи на його середину, а потім на його кінець. Чи однаковим буде результат дії тієї самої за значенням сили?



Виконуючи дослідження, ви побачили, що результат дії сили (результат вашої дії) залежить не лише від значення сили, а й від її напрямку та точки, до якої цю силу прикладено.

$\vec{F}$
- значення
- напрямок
- точка прикладання

Згадайте: фізичні величини, які мають значення та напрямок, називають *векторними*. Отже, *сила — векторна величина*.

На рисунках вектор сили починають у точці, куди прикладена сила (цю точку так і називають — *точка прикладання сили*), і спрямовують у напрямку дії сили. Довжину стрілки іноді обирають такою, щоб вона в певному масштабі відповідала значенню сили (рис. 22.3).

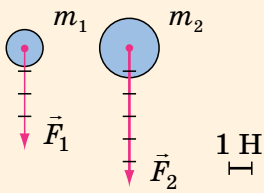
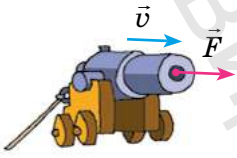
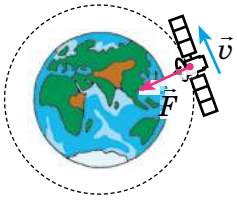


Рис. 22.3. З боку Землі на тіло масою $m_1 = 400$ г діє сила $F_1 = 4$ Н, на тіло масою $m_2 = 600$ г діє сила $F_2 = 6$ Н. Довжини стрілок, які зображують ці сили, у певному масштабі дорівнюють значенням сил

Видавництво "Ранок"

Розгляньте таблицю та дізнайтесь, як напрямок дії сили впливає на характер зміни швидкості руху тіла. Наведіть власний приклад до кожного стовпчика таблиці.



Напрямок сили збігається з напрямком руху тіла	Напрямок сили протилежний напрямку руху тіла	Напрямок сили перпендикулярний до напрямку руху тіла	Сила напрямлена під кутом до напрямку руху тіла
			
Значення швидкості руху тіла збільшується	Значення швидкості руху тіла зменшується	Змінюється лише напрямок швидкості руху тіла	Змінюються значення і напрямок швидкості руху тіла

3. Що таке рівнодійна та як її визначити?

Зазвичай на тіло діє не одна сила, а дві, три або більше.

Розглянемо приклад, коли на тіло в одному напрямку діють дві сили. Поставимо на стіл візок і прив'яжемо до нього дві нитки. Нехай одна людина тягне візок за одну нитку із силою 3 Н, а інша людина тягне візок у тому самому напрямку за другу нитку із силою 5 Н (див. рис. 22.4). Візок почне рухатися, збільшуючи швидкість свого руху. Збільшення швидкості руху візка буде таким, ніби на нього в цьому напрямку діє лише одна сила 8 Н. Силу 8 Н, якою тут можна замінити дві сили 3 і 5 Н, називають *рівнодійною* двох сил і позначають символом $\vec{R}$ (або $\vec{F}$).

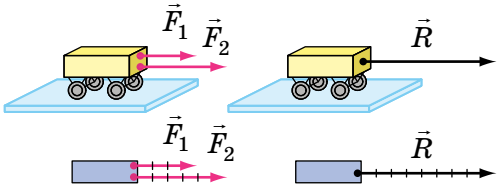


Рис. 22.4. Коли сили $\vec{F}_1$ і $\vec{F}_2$, що діють на тіло, напрямлені в один бік, то *напрямок їх рівнодійної* $\vec{R}$ *збігається з напрямком дії сил*

Електронний варіант. Видавництво

Силу, яка здійснює на тіло таку саму дію, як декілька сил, що діють одночасно, називають **рівнодійною** цих сил.

Якщо тягти візок за дві нитки в протилежні боки, то сили не «допомагатимуть» одна одній розганяти візок, а навпаки — «заважатимуть» (рис. 22.5). У випадку, поданому на рисунку, візок буде рухатися так, ніби на нього діє сила 2 Н, напрямлена в бік дії сили 5 Н. Тобто тут рівнодійною двох сил 3 і 5 Н буде сила 2 Н: $R = 5\,\text{Н} - 3\,\text{Н} = 2\,\text{Н}$.

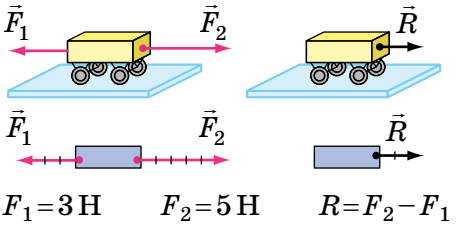


Рис. 22.5. Коли сили $\vec{F}_1$ і $\vec{F}_2$, що діють на тіло, напрямлені протилежно, то *напрямок їх рівнодійної $\vec{R}$ збігається з напрямком більшої сили*

4. Як рухається тіло, коли сили скомпенсовані?

Якою буде рівнодійна, якщо нитки, прив'язані до візка з протилежних боків, потягти із силами, однаковими за значенням, — наприклад, 5 Н? Чи зміниться швидкість руху візка?



Сподіваємося, ви правильно відповіли на запитання та самостійно дійшли висновку: *якщо дві сили рівні за значенням, протилежні за напрямком і прикладені до одного тіла, то рівнодійна цих сил дорівнює нулю*. У такому випадку сили зрівноважують одна одну, тому причини для зміни швидкості руху тіла не існує: *тіло не рухається або рухається рівномірно прямолінійно*.

Так, горизонтальним прямолінійним відрізком шосе автомобіль рухається рівномірно, якщо сила тяги двигуна компенсує силу опору рухові (рис. 22.6, *а*). (Сила опору рухові досить швидко зупинить автомобіль, якщо двигун не буде обертати колеса.) Портфель у руці перебуває в стані спокою, якщо сила притягання Землі, яка діє на портфель, компенсується силою, яку прикладає до портфеля людина (рис. 22.6, *б*).

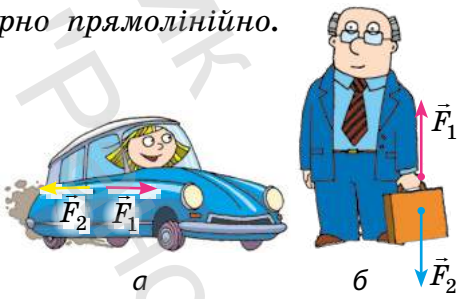


Рис. 22.6. Якщо сили, які діють на тіло, рівні за значенням і протилежні за напрямком, то тіло рухається рівномірно прямолінійно (*а*) або перебуває в стані спокою (*б*)

Підручник видавництва «Ранок»

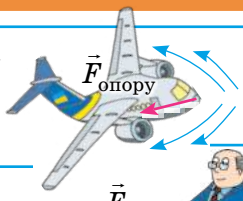
А ЯК НАСПРАВДІ?



Софія стверджує: якщо на тіло діють лише дві однакові за модулем сили, наприклад 20 Н, то рівнодійна цих сил може або дорівнювати нулю, або становити 40 Н. Микита заперечує та наголошує на тому, що рівнодійна може набувати будь-якого значення від 0 до 40 Н. Хто має рацію?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

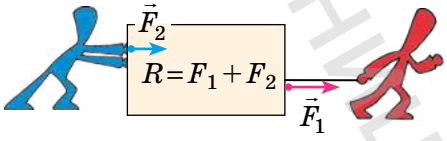
Сила ($\vec{F}$) — це фізична величина, яка є мірою дії одного тіла на інше (є мірою взаємодії тіл).



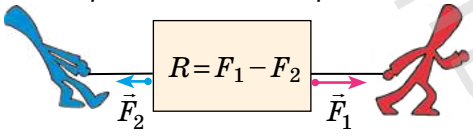
Одиниця сили в СІ — **ньютон** (Н).
1 Н дорівнює силі, яка, діючи на тіло масою 1 кг протягом 1 с, змінює швидкість його руху на 1 м/с.

Спільну дію декількох сил можна замінити дією однієї сили — **рівнодійної** ($\vec{R}$).

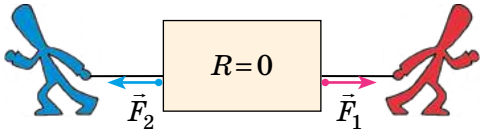
Сили діють в одному напрямку:



Сили протилежні за напрямком:



Сили скомпенсовані:



Точка прикладання сили

Напрямок сили



F — модуль (значення) сили

- ✓ протилежні за напрямком
- ✓ рівні за модулем
- ✓ прикладені до одного тіла

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення сили. **2.** Якою є одиниця сили в СІ? **3.** Чому сила — це векторна величина? **4.** Як показують силу на рисунках? **5.** Як знайти рівнодійну двох сил, які діють уздовж однієї прямої в одному напрямку? у протилежних напрямках? **6.** За яких умов дві сили зрівноважують одна одну?

Підручник видавництва «Ранок»

ВПРАВА № 22

1. Доберіть масштаб і накресліть у зошиті сили, що дорівнюють 3,2 Н; 5,6 Н; 8 Н. Зіставте своє креслення з кресленнями однокласників. Чи відрізняються вони? Чому?

2. Канат, який тягнуть у протилежні боки дві людини, залишається нерухомим. Одна людина тягне канат із силою 300 Н. З якою силою тягне канат друга людина? Зобразіть на рисунку сили, що діють на канат. Чому дорівнює рівнодійна цих сил?

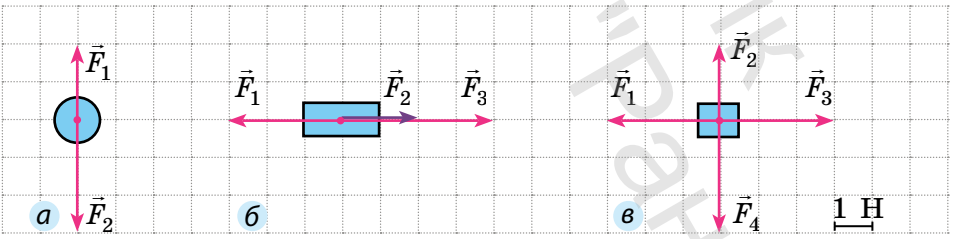
3. Два хлопчики тягнуть санки, прикладаючи горизонтальні сили 50 і 70 Н, напрямлені вздовж однієї прямої. Яким може бути значення рівнодійної цих сил?

4. На рисунку зображено тіла та сили, що на них діють (1 клітинка — 1 Н). Перенесіть рисунок до зошита, для кожного випадку *а–в* знайдіть рівнодійну та зобразіть її.

5. Людина діє на підлогу із силою 800 Н. З якою силою людина діятиме на підлогу, якщо візьме в руки вантаж, який, зі свого боку, діє на людину із силою 200 Н? Відповідь поясніть за допомогою схематичного рисунка.

6. Чи може рухатись автомобіль, якщо рівнодійна всіх сил, прикладених до нього, напрямлена протилежно напрямку руху? Якщо може, наведіть приклад.

7. На тіло діють три сили, напрямлені вздовж однієї прямої. Дві сили мають значення 30 і 50 Н. Яке значення може мати третя сила, якщо рівнодійна трьох сил дорівнює 100 Н? Скільки розв'язків має ця задача? Виконайте в зошиті відповідні схематичні рисунки.



Ключові терміни

Взаємодія • Сила • Значення сили (модуль) • Напрямок сили • Точка прикладання сили • Ньютон • Додавання сил • Рівнодійна

Видавництво "Ранок"



rnk.com.ua/106663

§ 23. ДЕФОРМАЦІЯ ТІЛА. СИЛА ПРУЖНОСТІ

На початку відомого твору Івана Котляревського «Наталка Полтавка» дівчина співає пісню: «Віють вітри, віють буйні, аж дерева гнуться...». Фізики кажуть: дерева деформуються. Про деформацію та види деформації йтиметься в цьому параграфі.

1. Що таке деформація? Види деформації

Наслідком дії сили на тіло може бути як зміна швидкості його руху, так і деформація тіла. Наприклад, якщо штовхнути м'ячик, то він почне рухатись, а деякі його частини під час поштовху змістяться одні відносно інших — м'ячик *деформується*.

Деформація — зміна форми та (або) розмірів тіла.

За тим, як саме частини тіла зміщуються одна відносно одної, розрізняють деформації *розтягнення*, *стиснення*, *вигину*, *кручення*, *зсуву* (див. таблицю).

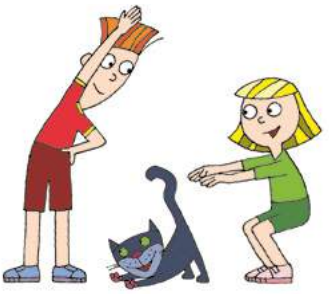
Види деформацій				
розтягнення	стиснення	вигин	кручення	зсув
				
Настроюємо гітару — *розтягуємо* струни	Сідаємо в автомобіль — пружини підвіски *стискаються*	Стаємо на дошку — дошка *вигинається*	Затягуємо шуруп — відбувається *кручення* викрутки	Пересуваємо меблі — відбувається деформація *зсуву*

Підручник оцифрований

Для кожного стовпчика поданої вище таблиці наведіть три власні приклади деформації (у техніці, побуті, природі).



Завдання. Підведіться зі стільця та виконайте фізичні вправи: присідання, повороти тулуба, нахили тощо. Яких видів деформацій зазнає ваш хребет під час виконання цих вправ? Обґрунтуйте свою відповідь.



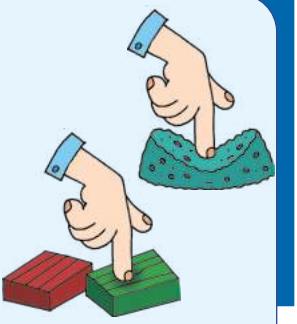
2. Як розрізнити пружні та пластичні деформації?

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: губка для миття посуду; шматочок пластиліну.

Візьміть спочатку губку та стисніть її, потім скрутіть, зігніть, розтягніть тощо. Тепер виконайте ті самі дії зі шматочком пластиліну. Яке тіло відновлює свою форму?

Чи можете ви назвати іншу пару матеріалів зі схожими властивостями?



Під час виконання дослідження ви спостерігали *пружну деформацію* і *пластичну деформацію*. Ці види деформацій розрізняють за властивістю тіл відновлювати свою форму після припинення дії сили.

Губка, якщо перестати її скручувати, стискати, розтягувати тощо, повністю відновлює свою форму — деформація губки зникає. Таку деформацію називають *пружною*.

Пластилін «не пам'ятає» своєї форми та не відновлює її. Кажуть, що пластилін зазнає *пластичної деформації*.

Пружна деформація — це деформація, яка повністю зникає після припинення дії на тіло зовнішніх сил.

Пластична деформація — це деформація, яка зберігається після припинення дії на тіло зовнішніх сил.

Електронний примірник підручника видавництва "Ранок"

Розгляньте рис. 23.1. Яких деформацій (пружних чи пластичних) зазнають зображені тіла? Обґрунтуйте свою відповідь. Наведіть власні приклади застосування або спостереження пружних і пластичних деформацій.





Рис. 23.1. Пружні та пластичні деформації

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



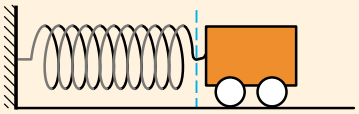
Залежно від умов багато матеріалів можуть виявляти як пружні, так і пластичні властивості. Наприклад, *свинець* за звичайних умов є пластичним: якщо ви зігнете свинцеву пластинку, вона так і залишиться деформованою. Проте якщо свинець охолодити до температури –100 °С, то він стає пружним і після вигину свинцева пластинка повернеться в початковий стан.

Гуму вважають досить пружним матеріалом, тому її використовують, наприклад, для виготовлення ущільнювачів, але за низьких температур гума змінює свої властивості. Якщо гумову кулю охолодити в рідкому азоті (див. рисунок), а потім ударити молотком, то куля розколеться на кілька частин.

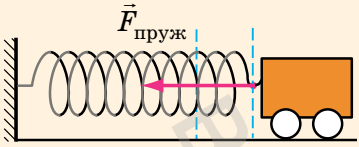


У 1986 р. за 73 секунди після старту вибухнув американський шатл *Challenger*. У ході розслідування катастрофи американський фізик *Річард Філіпс Фейнман* продемонстрував експеримент: він опустив гуму в склянку з крижаною водою та показав, що гума значно зменшила свою еластичність. На думку Фейнмана, однією з причин аварії могла бути зміна пружних властивостей гумового ущільнювача на кораблі внаслідок сильного охолодження.

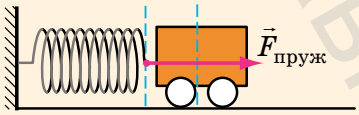
Підручник видавництва «Ранок»



Пружина *недеформована* — сила пружності *відсутня*



Пружина *розтягнута* — сила пружності *намагається стиснути* пружину



Пружина *стиснута* — сила пружності *намагається розтягти* пружину

Рис. 23.2. Напрямок сили пружності під час деформацій розтягнення та стиснення

3. Сили пружності

Під час деформації завжди виникає сила, що прагне відновити той стан тіла, в якому тіло перебувало до деформації. Цю силу називають *силою пружності* (рис. 23.2).

Сила пружності — це сила, яка виникає під час деформації тіла та напрямлена протилежно напрямку зміщення частин цього тіла в ході деформації.

Зазвичай силу пружності позначають символом $\vec{F}_{\text{пруж}}$, але в деяких випадках використовують інші символи.

Якщо тіло тисне на опору, то опора деформується (вигинається). Деформація опори викликає появу сили пружності, яка діє на тіло *перпендикулярно до поверхні опори*. Цю силу називають **силою нормальної реакції опори** та позначають символом $\vec{N}$ (рис. 23.3).

Якщо тіло розтягує підвіс (нитку, джгут, шнур), то виникає сила пружності, напрямлена *вздовж підвісу*. Цю силу називають **силою натягу підвісу** та інколи позначають символом $\vec{T}$ (рис. 23.4).

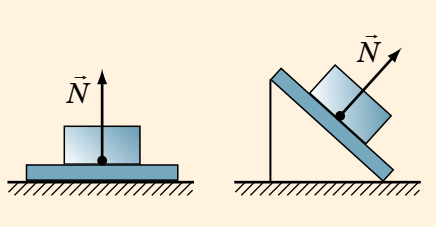


Рис. 23.3. Сила нормальної реакції опори ($\vec{N}$) завжди напрямлена перпендикулярно до поверхні опори

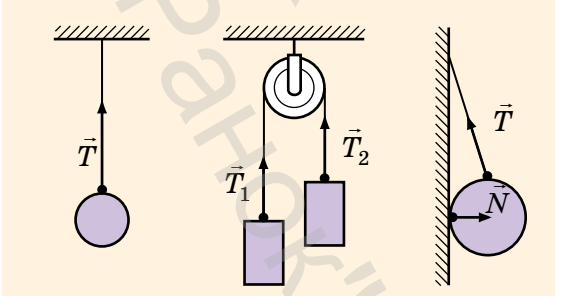


Рис. 23.4. Сила натягу підвісу ($\vec{T}$) завжди напрямлена вздовж підвісу

Видавництво "Ранок"

4. Чому виникає сила пружності?

Ви вже знаєте, що всі тіла складаються із частинок (атомів, молекул, йонів). У твердих тілах частинки коливаються біля положень рівноваги і взаємодіють *міжмолекулярними силами притягання та відштовхування*. У положеннях рівноваги ці сили зрівноважені (рис. 23.5, *а*).

Під час деформації тіла у взаємному розташуванні його частинок виникають певні зміни. Якщо відстань між частинками зростає, то міжмолекулярні сили притягання стають сильнішими за сили відштовхування (рис. 23.5, *б*). Якщо ж частинки зближуються, то сильнішими стають міжмолекулярні сили відштовхування (рис. 23.5, *в*).

Таким чином: *у разі деформації тіла його частинки «прагнуть» відновити положення рівноваги.*

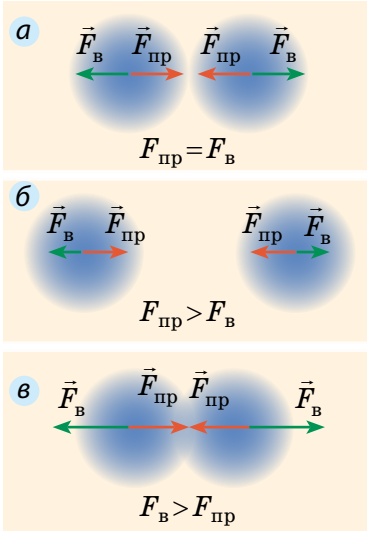


Рис. 23.5. Міжмолекулярні сили притягання ($\vec{F}_{пр}$) та відштовхування ($\vec{F}_в$) у випадках різного розташування частинок

Сили, що виникають у разі зміни положення однієї частинки, дуже малі. Однак коли тіло деформується, то змінюється розташування величезної кількості частинок. У результаті рівнодійна стає значною та протидіє деформації тіла. Це і є сила пружності. Отже, *сила пружності — прояв дії міжмолекулярних сил.*

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Деформація — це зміна форми і (або) розмірів тіла.



Пружна деформація — деформація, яка повністю зникає після припинення дії на тіло зовнішніх сил.

Пластична деформація — деформація, яка залишається після припинення дії на тіло зовнішніх сил.

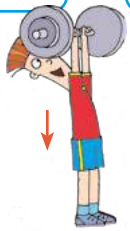




Розтягнення



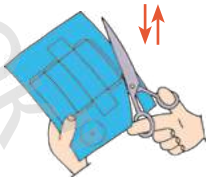
Вигин



Стиснення



Кручення

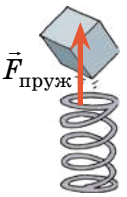


Зсув

ПІДРУЧНИК ВИДАВНИЦТВА ОНЛАЙН

Сила пружності — це сила, яка виникає під час деформації тіла та намагається повернути тіло в недеформований стан.

- ✓ є проявом дії *міжмолекулярних сил*
- ✓ *напрямлена* протилежно напрямку зміщення частин тіла під час деформації



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке деформація? У чому причина її виникнення? **2.** Які існують види деформації? Наведіть приклади. **3.** Дайте означення сили пружності. Як напрямлена сила пружності? У чому причина її виникнення?

ВПРАВА № 23

1. Хлопчик намагається стрибнути з трампліна (рис. 1). Якої деформації зазнає дошка трампліна? Яка сила змушує дошку відновити свою форму?

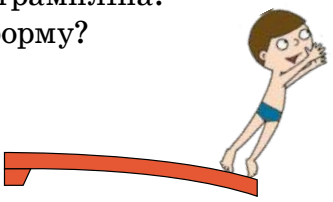


Рис. 1

2. Якої деформації зазнає ланцюг під час витягування відра з водою з колодязя? Куди напрямлена сила пружності, що діє на відро? Як її позначають?

3. На стіл поставили важкий брусок. Що відбувається зі стільницею? Виконайте рисунок і зазначте на ньому силу пружності, що діє на брусок.



Рис. 2

4. Брусок поклали на гладеньку горизонтальну поверхню і приєднали до стіни за допомогою двох пружин (рис. 2). До бруска приклали силу 6,7 Н, розтягуючи пружини. Брусок припинив рух, коли сила пружності в одній із пружин досягла 2,9 Н. Визначте силу пружності в другій пружині. Виконайте рисунок, на якому в певному масштабі зобразіть сили, що діють на брусок.

Ключові терміни

Деформація • Розтягнення • Стиснення • Вигин • Зсув • Кручення • Пружна деформація • Пластична деформація • Сила пружності

Електронний репозитарій підручників



§ 24. ЗАКОН ГУКА. ДИНАМОМЕТР

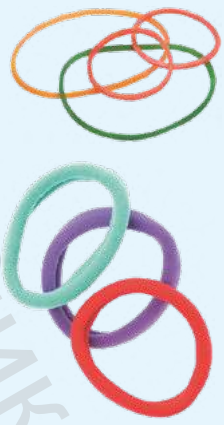
Банджі-батут обожнюють і діти, і дорослі! Ви злітаєте, приземляєтеся на еластичне полотно й знову зринаєте в небо завдяки гумовим стрічкам, що розтягуються та діють на вас силою пружності. Дізнаймося, як розрахувати цю силу.

1. Від чого залежить сила пружності?

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: дві різні гумові стрічки (резинки для плетіння, для кріплення, для волосся тощо).

Візьміть спочатку одну резинку й трохи розтягніть її. Ви відчуєте, що на вашу руку з боку резинки діятиме сила пружності, яка буде намагатися повернути резинку в недеформований (нерозтягнутий) стан. Чим сильніше ви розтягуватимете резинку, тим більшою буде сила пружності. Тепер проведіть ті самі дії з іншою резинкою. Ого! Сила пружності суттєво змінилася!



Завдяки дослідженню ви з'ясували:

1) сила пружності збільшується зі збільшенням видовження стрічки;

2) за однакового видовження сила пружності є різною для різних стрічок.

Видовження — це фізична величина, яка характеризує деформації розтягнення і стиснення та дорівнює зміні довжини тіла внаслідок деформації.

Підручник є власністю видавництва «Ранок»

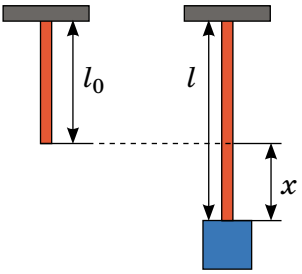


Рис. 24.1. Якщо до гумового шнура підвісити тягар, то довжина шнура збільшиться

Видовження позначають символом x або Δl і визначають за формулою:

$$x = l - l_0,$$

де l — довжина деформованого тіла; l_0 — довжина недеформованого тіла (рис. 24.1).

Розтягніть гумову стрічку. З'ясуйте, якого видовження зазнала стрічка. Який прилад вам для цього потрібен? У яких одиницях ви вимірюватиме видовження?



2. Закон Гука

Наукове дослідження процесів розтягування та стиснення тіл розпочав у XVII ст. *Роберт Гук* (рис. 24.2). Результатом роботи вченого став закон, який згодом отримав назву **закон Гука:**

У разі пружних деформацій* розтягнення або стиснення сила пружності прямо пропорційна видовженню тіла та завжди намагається повернути тіло в недеформований стан:



Рис. 24.2. Роберт Гук (1635–1703) — видатний англійський природознавець, один із засновників експериментальної фізики

$$F_{\text{пруж}} = k|x|,$$

де $F_{\text{пруж}}$ — сила пружності; x — видовження тіла; k — коефіцієнт пропорційності, який називають **жорсткістю тіла**.

Жорсткість тіла можна визначити, скориставшись законом Гука:

$$F_{\text{пруж}} = k|x| \Rightarrow k = \frac{F_{\text{пруж}}}{|x|}$$

Одиниця жорсткості в СІ — **ньютон на метр:** $[k] = \text{Н}/\text{м}$.

Жорсткість — це характеристика тіла, тому вона не залежить ані від сили пружності, ані від видовження.

* Насправді Р. Гук використовував термін «малі пружні деформації», адже він досліджував деформацію металевих стрижнів. Докладніше про це ви дізнаєтеся в старших класах.

Підручник "Видавництво "Ранок"

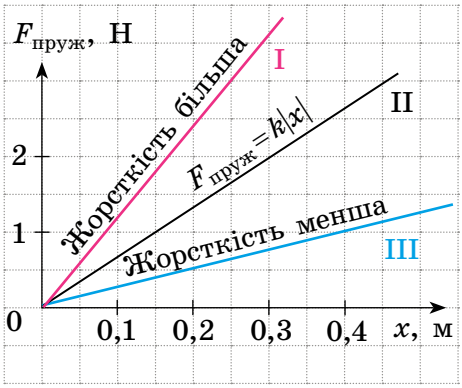


Рис. 24.3. Графік $F_{пруж}(|x|)$ — залежності сили пружності від видовження тіла — пряма

Жорсткість залежить від форми та розмірів тіла, а також від матеріалу, з якого тіло виготовлено.

Оскільки сила пружності прямо пропорційна видовженню тіла, то графіком залежності сили пружності від видовження тіла є пряма (рис. 24.3). *Чим більшою є жорсткість тіла, тим вище розташований графік.*

Доведіть останнє твердження, визначивши за рис. 24.3 жорсткість кожного з тіл I–III.



ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Роберт Гук був не лише відомим фізиком, а й винахідником і архітектором. Ось лише кілька фактів щодо винаходів ученого.

- ✓ Сконструював дзеркальний телескоп, удосконалив мікроскоп.
- ✓ Винайшов морський барометр.
- ✓ Створив проєкти, за якими збудовано Ґринвіцьку обсерваторію.
- ✓ Розробив повітряний насос і прилад для вимірювання сили вітру.
- ✓ Одним із перших досліджував структуру рослин і запровадив у науку термін «клітина».

3. Як працює прилад для вимірювання сил?

Сила — це фізична величина, тому її можна вимірювати.

Прилади для вимірювання сили називають **динамометрами**.

Основна складова найпростіших динамометрів — *пружина*. Щоб за допомогою пружини відомої *жорсткості* k виміряти силу F, із якою, наприклад, кіт тягне візок (рис. 24.4), необхідно:

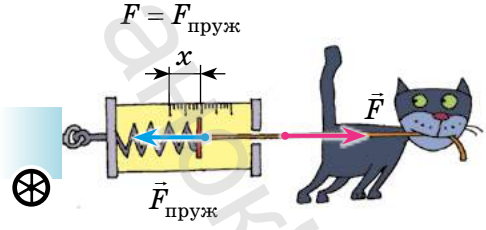


Рис. 24.4. Силу, з якою кіт тягне візок, можна виміряти за допомогою пружини

Електронний підручник "Видавництво "Ранок"

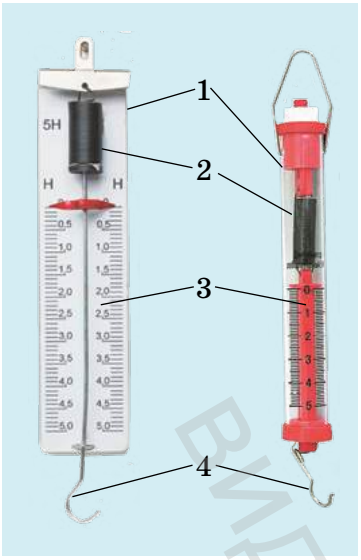


Рис. 24.5. Шкільні пружинні лабораторні динамометри: 1 — панель; пластиковий корпус; 2 — пружина; 3 — шкала; 4 — повідець із гачком

1) виміряти видовження x пружини;

2) скориставшись законом Гука, визначити силу пружності ($F_{\text{пруж}} = k|x|$), яка діє на кота з боку пружини та за значенням дорівнює силі F тяги кота: $F = F_{\text{пруж}}$.

Зрозуміло, що кожного разу вимірювати видовження та розраховувати силу незручно. Тому для вимірювання сил пружину закріплюють на *панелі*, на яку наносять *шкалу*, градуюючи її відразу *в одиницях сили*. Саме таку будову мають найпростіші шкільні лабораторні динамометри (рис. 24.5). Існують й інші види пружинних динамометрів (рис. 24.6).



Рис. 24.6. Тяговий динамометр, призначений для вимірювання великих сил, наприклад сили тяги трактора

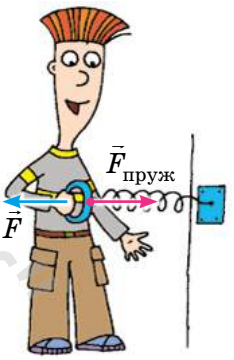
А ЯК НАСПРАВДІ?



Наталка стверджує, що динамометри використовують лише на уроках фізики та інколи в техніці. Микола не погоджується: він вважає, що люди користуються динамометрами в усіх сферах життя, навіть під час розваг. А як думаєте ви?

4. Учимося розв'язувати задачі

■ **Задача 1.** Діючи на пружину силою 40 Н, учень розтягнув її на 8 см. Визначте жорсткість пружини. Яку силу треба прикласти учневі, щоб розтягти ту саму пружину ще на 6 см? Деформацію пружини вважайте пружною. ■



Аналіз фізичної проблеми. Сила, яку прикладає учень, за значенням дорівнює силі пружності, що виникає в пружині: $F = F_{\text{пруж}}$. Деформація є пружною, тому скористаємося законом Гука. Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"

Дано:
$F_1 = 40$ Н
$x_1 = 8$ см $= 0{,}08$ м
$x_2 - x_1 = 6$ см $=$
$= 0{,}06$ м

Знайти:
k — ?
F_2 — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання.

1. Визначимо жорсткість пружини:

$$F_{\text{пруж}1} = kx_1, \text{ тому } k = \frac{F_{\text{пруж}1}}{x_1} = \frac{F_1}{x_1};$$

$$k = \frac{40 \text{ Н}}{0{,}08 \text{ м}} = 500 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

2. Знайдемо силу, яку треба прикласти учневі, щоб додатково розтягнути пружину:

$$F_2 = F_{\text{пруж}2} = kx_2.$$

За умовою $x_2 - x_1 = 0{,}06$ м, тому:

$$x_2 = x_1 + 0{,}06 \text{ м} = 0{,}08 \text{ м} + 0{,}06 \text{ м} = 0{,}14 \text{ м}.$$

Отже: $F_2 = 500 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0{,}14 \text{ м} = 70 \text{ Н}$.

Аналіз результатів. Для видовження пружини на 8 см учень прикладає силу 40 Н; для видовження пружини ще на 6 см учневі треба збільшити силу на 30 Н — це правдоподібний результат.

Відповідь: $k = 500 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$; $F_2 = 70$ Н.

■ **Задача 2.** Під час експерименту дівчинка збільшувала навантаження гумового шнура, щоразу вимірюючи силу, яка діє на шнур, і відповідне видовження шнура. Скориставшись таблицею, яку отримала дівчинка, побудуйте графік $F_{\text{пруж}}(x)$ — залежності сили пружності від видовження шнура. За допомогою графіка визначте:

1) жорсткість шнура;

2) видовження шнура, коли до нього прикладено силу 5 Н;

3) силу, яку треба прикласти до шнура, щоб його видовження становило 6 см. ■

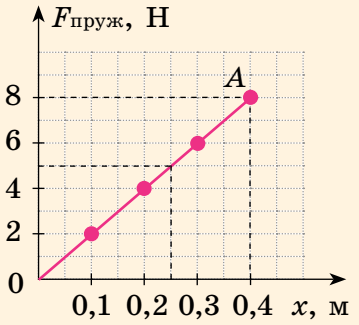
Сила F, Н	2	4	6	8
Видовження x, м	0,1	0,2	0,3	0,4

Аналіз фізичної проблеми. Під час розтягнення шнура виникає сила пружності, яка за значенням дорівнює силі, що діє на шнур: $F_{\text{пруж}} = F$.

Накреслимо дві взаємно перпендикулярні осі. На горизонтальній осі відкладатимемо видовження x шнура, а на вертикальній — відповідне значення сили пружності $F_{\text{пруж}}$.

Видавництво "Ранок"

Розв'язання. Побудувавши за поданою таблицею відповідні точки (див. рисунок), побачимо, що всі вони належать одній прямій; отже, для будь-якої точки графіка маємо: $F_{\text{пруж}} = kx$.



1) За будь-якою точкою графіка, наприклад A, знайдемо жорсткість шнура:

$$k = \frac{F_{\text{пруж}}}{x} = \frac{8\ \text{Н}}{0{,}4\ \text{м}} = 20\ \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

2) Видовження шнура внаслідок дії сили 5 Н знайдемо за графіком: якщо $F_{\text{пруж}} = 5\ \text{Н}$, то $x = 0{,}25\ \text{м}$.

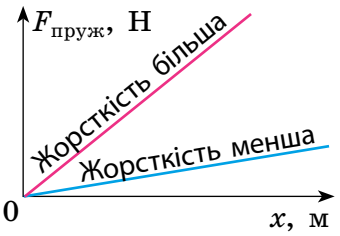
3) Силу, яку треба прикласти до шнура, щоб він був видовжений на 0,06 м, знайдемо за законом Гука:

$$F = F_{\text{пруж}} = kx = 20\ \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0{,}06\ \text{м} = 1{,}2\ \text{Н}.$$

Відповідь: $k = 20\ \frac{\text{Н}}{\text{м}}$; $x = 0{,}25\ \text{м}$; $F = 1{,}2\ \text{Н}$.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Закон Гука: У разі пружних деформацій розтягнення або стиснення сила пружності прямо пропорційна видовженню тіла та завжди намагається повернути тіло в недеформований стан:



$$F_{\text{пруж}} = k|x|$$

- ✓ закон *установив* експериментальним шляхом англійський фізик *Роберт Гук* у 1660 р.
- ✓ *межі застосування:* пружна деформація розтягнення або стиснення

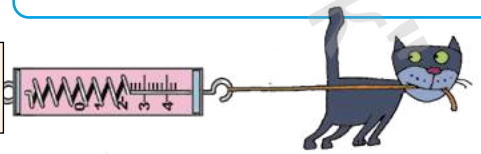
Видовження x — фізична величина, яка дорівнює зміні довжини тіла внаслідок деформації:

$$x = l - l_0,\ [x] = \text{м}$$

Жорсткість k — фізична величина, що характеризує пружні властивості тіла (стрижня, шнура, пружини); $[k] = \text{Н/м}$.

- ✓ *залежить* від форми та розмірів тіла, від матеріалу, з якого тіло виготовлено

Динамометр — прилад для вимірювання сили



ВІДСКАНОВАНО ЕЛЕКТРОННИМ ВІДБИТКОМ

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте означення видовження. 2. Сформулюйте закон Гука. Які межі його застосування? 3. Схарактеризуйте жорсткість як фізичну величину. 4. Від чого залежить жорсткість тіла? 5. Чи залежить жорсткість тіла від видовження? 6. Який прилад застосовують для вимірювання сили? Як він працює?

ВПРАВА № 24

1. Розтягнута пружина має довжину 12 см. Якою є довжина недеформованої пружини, якщо видовження дорівнює 20 мм?

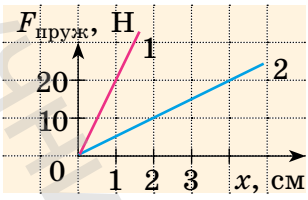
2. Жорсткість пружини становить 20 Н/м. Яку силу потрібно прикласти до пружини, щоб розтягти її на 0,1 м?

3. За поданими силою пружності та видовженням пружини визначте жорсткість пружини: а) $F_{\text{пруж}} = 10$ Н, $x = 0{,}2$ м; б) $F_{\text{пруж}} = 3$ кН, $x = 0{,}15$ м; в) $F_{\text{пруж}} = 2{,}1$ Н, $x = 3{,}5$ мм.

4. Скориставшись законом Гука, знайдіть значення фізичних величин ($F_{\text{пруж}}$ або k, або x), якщо: а) $x = 2$ см, $F_{\text{пруж}} = 13$ Н; б) $k = 2$ Н/см, $x = 4$ мм; в) $F_{\text{пруж}} = 1{,}8$ кН, $k = 1200$ Н/м.

5. Якщо стиснути пружину на 7 см, виникає сила пружності 2,8 кН. Якою буде сила пружності, якщо пружину стиснути на 4,2 мм?

6. Багато виробників подають характеристики пружин за допомогою графіків. За графіками залежності $F_{\text{пруж}}(x)$ (див. рисунок) визначте жорсткості пружин 1 і 2. Обчисліть видовження пружин у разі прикладення сили 25 Н.



7. Дві пружини жорсткостями 40 Н/м і 50 Н/м з'єднані послідовно. Знайдіть видовження цієї системи пружин, якщо до неї прикласти силу $F = 10$ Н. Визначте жорсткість системи.

Help У разі послідовного з'єднання пружин сила пружності буде однаковою в будь-якій точці системи: $F_{\text{пруж}} = F_{\text{пруж1}} = F_{\text{пруж2}}$.

Ключові терміни

Видовження • Закон Гука • Жорсткість тіла (шнура, пружини) • Межі застосування • Динамометр

ВИДАВНИЦТВО "Ранок"

rnk.com.ua/106664

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема. Дослідження пружних властивостей тіл.

Мета: дослідити пружні властивості гумового шнура під час деформації розтягнення.

Обладнання: штатив із муфтою та лапкою; гумовий шнур завдовжки 15–20 см; 4 тягарці масою 100 г кожен; учнівська лінійка.

Вказівки до роботи

Підготовка до експерименту

1. Перед тим як виконувати роботу, переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.
   1) Що таке деформація? Які існують види деформації?
   2) Які деформації називають пружними? пластичними?
   3) За якою формулою розраховують силу пружності?
2. Визначте ціну поділки шкали лінійки.
3. Зберіть пристрій.
   1) На кінцях гумового шнура зав'яжіть петлі так, щоб відстань між вузликами становила близько 8 см.
   2) Підвісьте шнур за одну з петель на лапку штатива (рис. 1).

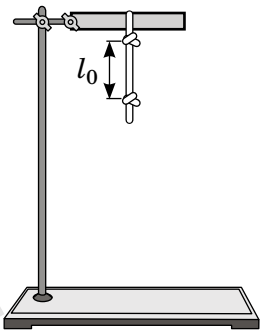


Рис. 1

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.
Результати вимірювань та обчислень відразу заносьте до таблиці.

1. Вирівняйте шнур, не розтягуючи його. Вимірюйте відстань l_0 між вузликами — довжину недеформованого шнура (див. рис. 1).
2. Підвісьте до шнура тягарець масою 100 г. Вимірюйте відстань l між вузликами — довжину деформованого шнура (рис. 2).

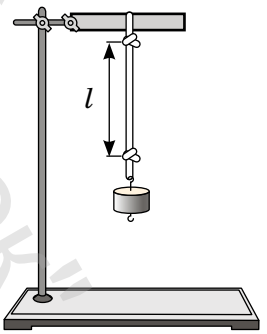


Рис. 2

Help

Підвішений до шнура тягарець масою 100 г розтягує шнур із силою приблизно 1 Н.

3. Зніміть тягарець. З'ясуйте, чи повернувся нижній вузлик у вихідне положення, тобто чи була деформація шнура пружною.

Підручник відповідає навчальній програмі

4. Послідовно підвішуйте до шнура спочатку 2, потім 3, потім 4 тягарці, кожного разу вимірюючи довжину деформованого шнура.

Зверніть увагу: після кожного досліду необхідно знімати тягарці та з'ясовувати, чи повернувся нижній вузлик шнура у вихідне положення. Якщо деформація шнура перестане бути пружною (після зняття тягарців шнур залишиться деформованим), досліди припиніть.

Опрацювання результатів експерименту

Для кожного досліду:

1) визначте видовження шнура: $x = l - l_0$; одержані результати подайте в метрах.

2) знайдіть відношення $\frac{F_{\text{пруж}}}{x}$.

Номер досліду	Маса тягарця, m, г	Сила пружності $F_{\text{пруж}}$, Н	Довжина		Видовження x, м	Відношення $\frac{F_{\text{пруж}}}{x}$, $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$
			l_0, см	l, см		
1	100	1				
2	200	2				
3	300	3				
4	400	4				

Аналіз експерименту та його результатів

Порівняйте відношення $\frac{F_{\text{пруж}}}{x}$, одержані в дослідах. Зробіть висновок, у якому зазначте: 1) чи впливає навантаження на те, якою буде деформація (пружною або пластичною); 2) чи залежить у разі пружної деформації жорсткість шнура $\left(k = \frac{F_{\text{пруж}}}{x}\right)$ від його видовження.

Творче завдання

Чи зміниться відношення $\frac{F_{\text{пруж}}}{x}$, одержане в роботі, якщо шнур замінити на такий самий, але вдвічі довший? вдвічі товщий? Перевірте результати своїх міркувань експериментально.

Видавництво «Ранок» Підручник



§ 25. СИЛА ТЯЖІННЯ. ВАГА ТІЛА

Візьмемо м'яч, піднімемо його та відпустимо — м'яч обов'язково впаде. Поставимо рюкзак на лаву — лава (хоч і непомітно для ока) прогнеться. Підвісимо до гумового шнура важку сумку — шнур помітно розтягнеться. Чому так відбувається? З'ясуймо!

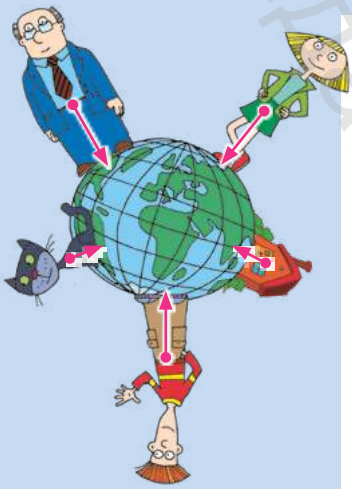


Рис. 25.1. Земля притягує до себе всі тіла

1. Як виявляється гравітаційна взаємодія?

Чому будь-який предмет: випущений із руки олівець, крапля дощу, листок дерева тощо — падає вниз? Чому стріла, пущена з лука, не летить увесь час горизонтально, а врешті падає на землю? Чому Місяць рухається навколо Землі? Причина всіх цих явищ полягає в тому, що *Земля притягує до себе всі тіла* (рис. 25.1).

Усі тіла також притягують до себе Землю. Наприклад, притягання Місяця спричиняє на Землі припливи та відпливи (рис. 25.2). Завдяки притяганню Сонця Земля та інші планети Сонячної системи рухаються навколо Сонця по певних орбітах.



Рис. 25.2. Припливи та відпливи є наслідками притягання Землі до Місяця





Електронний архів підручників видавництва «Ранок»

У 1687 р. *Ісаак Ньютон* сформулював закон, згідно з яким *між усіма тілами Всесвіту існує взаємне притягання*. Таке взаємне притягання об'єктів називають *гравітаційною взаємодією* або *всесвітнім тяжінням*.

Спираючись на досліди та математичні розрахунки, Ньютон виявив, що *інтенсивність гравітаційної взаємодії збільшується зі збільшенням мас тіл, які взаємодіють*.

А ЯК НАСПРАВДІ?



— Тепер зрозуміло, чому ми добре помічаємо притягання Землі й зовсім не відчуваємо притягання сусіда по парті, — сказав Петро.

— Це дійсно так. Але чому тоді я не відчуваю притягання Юпітера, маса якого є значно більшою за масу Землі? Тут є суперечність! — наголосила Яринка.

А як насправді?

2. Як знайти силу тяжіння?

У фізиці силу гравітаційного притягання, яка діє на тіла поблизу поверхні Землі*, називають *силою тяжіння*.

Сила тяжіння $\vec{F}_{тяж}$ — це сила, з якою Земля притягує до себе тіла, що перебувають на її поверхні або поблизу неї.

Сила тяжіння прикладена до тіла, яке притягується Землею, і напрямлена вертикально вниз (рис. 25.3).

$$F_{тяж} = mg,$$

де $F_{тяж}$ — значення сили тяжіння; m — маса тіла; g — коефіцієнт пропорційності, який називають **прискорення вільного падіння** і який *є однаковим для будь-яких тіл*.

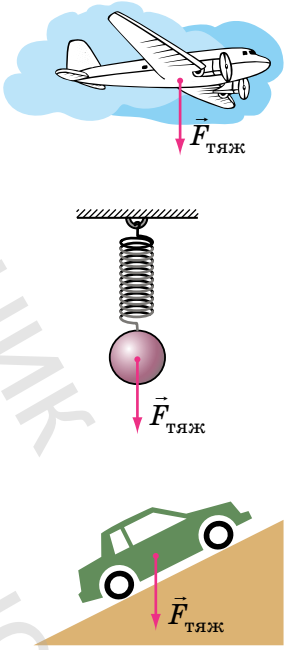


Рис. 25.3. Сила тяжіння завжди прикладена до тіла та напрямлена вертикально вниз

* Вважатимемо, що, коли говорять «поблизу поверхні Землі», мають на увазі відстань, яка не перевищує кількох десятків кілометрів.

Підручник вилучено з фонду

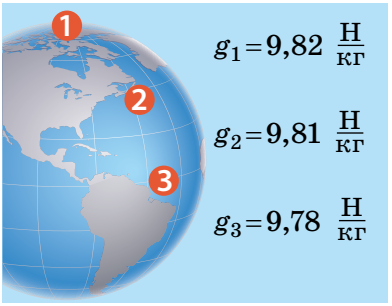


Рис. 25.4. Прискорення вільного падіння на екваторі (g_3) є незначно меншим, ніж на полюсі (g_1)

Поблизу поверхні Землі прискорення вільного падіння становить приблизно 9,8 ньютона на кілограм:

$$g \approx 9{,}8\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}.^{*}$$

Значення прискорення вільного падіння незначно змінюється на екваторі й полюсах Землі (рис. 25.4), у разі підняття вгору та спуску в шахту.

Скориставшись рис. 25.4, дізнайтеся, на скільки сила тяжіння, яка діє на вас, на екваторі менша, ніж на полюсі.



3. Що фізики називають вагою тіла?

Усі тіла через притягання до Землі стискають чи прогинають опору або розтягують підвіс. Сила, яка характеризує таку дію тіл, називається *вагою тіла* (рис. 25.5).

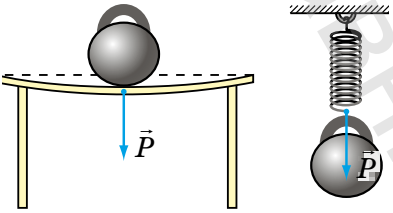


Рис. 25.5. Тіла, розміщені на опорі або підвісі, діють на них із силою, яку називають *вагою тіла*

Вага тіла $\vec{P}$ — це сила, з якою внаслідок притягання до Землі тіло тисне на опору або розтягує підвіс.

Одиниця ваги в СІ, як і будь-якої іншої сили, — **ньютон** (1 Н): $[P] = \text{Н}$.

Якщо тіло перебуває *в стані спокою або прямолінійного рівномірного руху*, то його вага збігається за напрямком із силою тяжіння та дорівнює їй за значенням:

$$P = mg$$

На відміну від сили тяжіння, яка прикладена до тіла, *вага прикладена до опори або підвісу* (рис. 25.6).

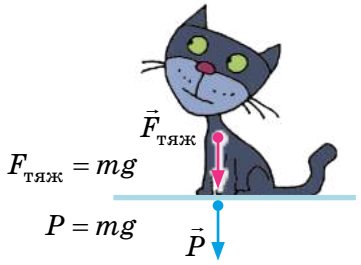


Рис. 25.6. Сила тяжіння діє на тіло, вага тіла — на опору

* Для спрощення розрахунків, якщо не потрібна велика точність, вважатимемо, що $g = 10$ Н/кг.

Видавництво Ранок

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Окрім гравітаційної є ще декілька видів взаємодії. Одна з них — електромагнітна. *Сила тяжіння зумовлена гравітаційною взаємодією, а сила пружності — електромагнітною.* Вага тіла — це зазвичай сила пружності (найчастіше вона виникає внаслідок деформації), тому *вага тіла — електромагнітна сила.*

4. Чи можете ви відчути стан невагомості?

Дехто вважає, що невагомість — це стан, який спостерігається лише в космосі, де немає повітря, або там, де відсутня гравітація. Але це не так! Відсутність повітря сама по собі не спричиняє невагомості, а від гравітації взагалі не сховаєшся — у Всесвіті немає жодного куточка, де б не діяли сили всесвітнього тяжіння*.

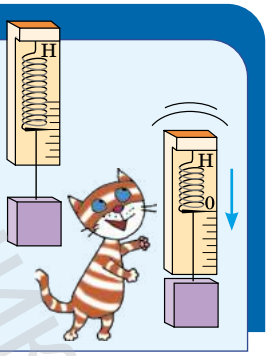
Невагомість — це такий стан тіла, за якого тіло не діє на опору чи підвіс.

Тіло поблизу поверхні Землі перебуває в стані невагомості, якщо на нього діє тільки одна сила — сила тяжіння.

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: динамометр; важок.

Підвісьте важок до пружини динамометра — пружина розтягнеться. А тепер на короткий час випустіть із руки динамометр із підвішеним важком, водночас уважно спостерігаючи за показами динамометра. Поясніть, у якому стані перебуває важок під час падіння.



У стані невагомості можете опинитися й ви, наприклад підстрибнувши: поки ви «падаєте», опір повітря є нехтовно малим і можна вважати, що на вас діє тільки сила тяжіння.

У стані невагомості перебувають космічні орбітальні станції та все, що в них є (рис. 25.7). Це пов'язане з тим, що космічні кораблі «постійно падають» на Землю через її притягання і водночас залишаються на орбіті завдяки своїй величезній швидкості.

* Цікаво, що густина матерії в нашому Всесвіті досить мала (2–3 атоми водню на 1 м^3), тому у Всесвіті в середньому дуже мала й гравітація. Її називають *мікрогравітацією.*

Підручник видавництва "Ранок"



Рис. 25.7. Орбітальні станції рухаються навколо Землі під дією тільки сили тяжіння, тому вони перебувають у стані невагомості

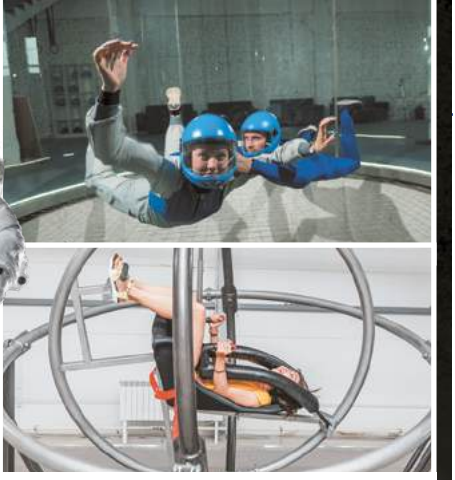


Рис. 25.8. Щоб тривалий час працювати на орбіті в стані невагомості, космонавти проходять спеціальну підготовку

У нетренованої людини тривале перебування в стані невагомості зазвичай супроводжується нудотою, порушенням роботи м'язів, вестибулярного апарату, нервовими розладами. Саме тому космонавти проходять серйозну фізичну підготовку (рис. 25.8).

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

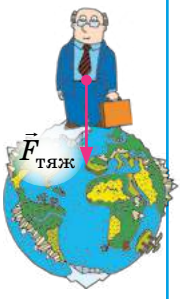
У Всесвіті всі тіла притягуються одне до одного. Таку взаємодію тіл називають *гравітаційною взаємодією.*

Розрізняємо вагу та силу тяжіння

Сила тяжіння

Сила тяжіння $\vec{F}_{тяж}$ — сила, з якою Земля притягує до себе тіла, розташовані на її поверхні або поблизу неї.

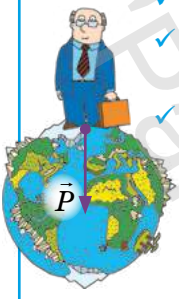
- ✓ *гравітаційна сила*
- ✓ *прикладена до тіла*
- ✓ *завжди* визначають за формулою: $F_{тяж} = mg$



Вага тіла

Вага тіла $\vec{P}$ — це сила, з якою внаслідок притягання до Землі тіло діє на опору або підвіс.

- ✓ *електромагнітна сила*
- ✓ *прикладена до опори або підвісу*
- ✓ визначають за формулою $P = mg$ *лише тоді,* коли тіло перебуває у стані спокою або рівномірного прямолінійного руху



Коли тіло рухається *під дією лише сили тяжіння,* воно перебуває *в стані невагомості (його вага дорівнює нулю).*

Електронний підручник видавництва "Ранок"



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чи діє на вас сила притягання до Місяця? до Сонця? до вашого сусіда по парті? 2. Дайте означення сили тяжіння. За якою формулою її обчислюють? 3. До чого прикладена та куди напрямлена сила тяжіння? 4. Дайте означення ваги тіла. У яких випадках її обчислюють за формулою $P = mg$? 5. Що таке невагомість? За яких умов тіло перебуватиме в невагомості?



ВПРАВА № 25

1. Чи притягує Землю автомобіль, який стоїть на автостоянці? космічна станція, яка перебуває на орбіті?

2. Книжка лежить на столі. На яке тіло діє вага книжки?

3. Визначте силу тяжіння, яка діє на м'яч масою 600 г.

4. Якою є маса чашки, що стоїть на столі, якщо її вага дорівнює 0,5 Н?

5. Горщик місткістю 1 л до країв заповнили медом. Визначте вагу меду в горщику.

6. У відро масою 1,5 кг налили 5,5 л води. Яку силу треба прикладати, щоб утримувати відро в руці? Виконайте рисунок, зазначивши сили, що діють на відро.

7. Складіть задачу, обернену до задачі 5 цієї вправи, та розв'яжіть її.

8. Визначте силу тяжіння, яка діяла б на вас особисто в разі космічної подорожі на інші планети Сонячної системи (або супутники). Поміркуйте, до яких наслідків це могло б призвести.

9. Скориставшись планом характеристики фізичної величини (див. форзац 2 підручника), зіставте дві величини: вагу тіла та масу тіла.

Ключові терміни

Всесвітнє тяжіння • Гравітаційна взаємодія • Сила тяжіння • Прискорення вільного падіння • Вага тіла • Невагомість

Підручник видавництва рекомендовано



rnk.com.ua/106665

§ 26. ТЕРТЯ. СИЛА ТЕРТЯ

Французький фізик *Ґійом Амонтон* (1663–1705) писав: «Усім нам траплялося виходити в ожеледицю: скільки зусиль потрібно, щоб уберегтися від падіння, скільки смішних рухів доводиться робити, аби встояти на ногах... Уявімо, що тертя зникло зовсім. Тоді ніякі тіла не втримаються одне на одному. Якби не було тертя, Земля стала б кулею без нерівностей, подібною до рідкої краплини». Саме про силу тертя йтиметься в цьому параграфі.

ПЕРЕВІРЕНО ЕКСПЕРТОМ НУШ

1. Коли виникає сила тертя спокою?

Згадайте: ви намагаєтеся пересунути великий ящик, але ніяк не можете його зрушити з місця. Незважаючи на те що ви докладаєте чимало зусиль, ящик так і залишається в стані спокою. Це означає, що між підлогою та дном ящика виникає сила, яка теж збільшується та зрівноважує силу, яку ви прикладаєте. Це і є *сила тертя спокою* (рис. 26.1).

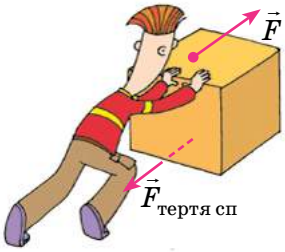


Рис. 26.1. Не вдається зрушити ящик із місця — заважає сила тертя спокою ($\vec{F}_{\text{тертя сп}}$)

Сила тертя спокою $\vec{F}_{\text{тертя сп}}$ — це сила, яка виникає між двома дотичними тілами під час спроби зрушити одне тіло відносно іншого та напрямлена в бік, протилежний тому, в який рухалося б тіло, якби тертя не було.



Рис. 26.2. Сила $\vec{F}$, яка намагається зрушити тіло, і сила тертя спокою $\vec{F}_{\text{тертя сп}}$ зрівноважують одна одну — тіло перебуває в стані спокою

Сила тертя спокою *за значенням дорівнює силі* $\vec{F}$, *що намагається зрушити тіло* (рис. 26.2):

$$F_{\text{тертя сп}} = F.$$

У разі збільшення сили $\vec{F}$, що намагається зрушити тіло, збільшується й сила тертя спокою. Коли сила $\vec{F}$ досягне певного значення й тіло почне рух, сила тертя спокою *перейде в силу тертя ковзання*.

Отже, для кожного випадку сила тертя спокою не може перевищувати певного максимального значення.



Візьміть підручник і тримайте його перед собою. Чому, на вашу думку, підручник не падає на підлогу, адже сила тяжіння тягне його вниз?



Чому не розв'язуються шнурки на ваших кросівках, адже під час деформації виникає сила пружності, яка прагне повернути шнурки в недеформований стан?

Чому ви можете стояти на крутому схилі й не сковзати вниз?

Сподіваємося, що ваші відповіді були приблизно такими: «Нам допомагає дія сили тертя спокою».

Найчастіше дія сили тертя спокою є дуже «корисною»: завдяки їй речі не вислизають із рук, не розв'язуються вузли; ця сила утримує піщини в купі піску, а важкі камені — на схилі гори. Саме сила тертя спокою є тією силою, завдяки якій пересуваються люди, тварини, транспорт (рис. 26.3).

У техніці, на транспорті, у побуті досить часто вживають заходів, щоб поверхня одного тіла не рухалася відносно поверхні іншого. Наприклад, для збільшення максимальної сили тертя спокою тротуари під час ожеледиці посипають піском, узимку автомобілі «перевзувають» у зимові шини.

Наведіть власні приклади прояву або застосування сили тертя спокою в житті людей і тварин.



А що відбудеться, якщо сила тертя спокою зникне?



Рис. 26.3. Ступні людини в момент дотику з поверхнею дороги намагаються, по суті, здійснити рух назад. Через це виникає сила тертя спокою, напрямлена вперед, — «рушійна» сила

Електронний примірник Видавництво «Ранок»

А ЯК НАСПРАВДІ?



Перед шкільним футбольним матчем тренер сказав гравцям: «Цього разу бігати вам буде легко: після сильного дощу зчеплення з футбольним полем є дуже добрим!» Чи варто гравцям прислухатися до тренера або ж він щось наплутав?

2. Від чого залежить сила тертя ковзання?

Сила тертя ковзання $\vec{F}_{\text{тертя ковз}}$ — це сила, яка виникає під час ковзання одного тіла по поверхні іншого та напрямлена протилежно напрямку руху тіла.

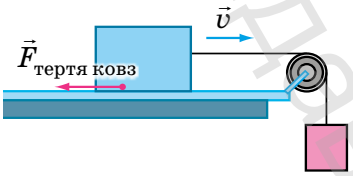
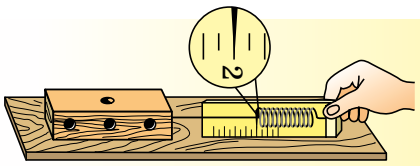


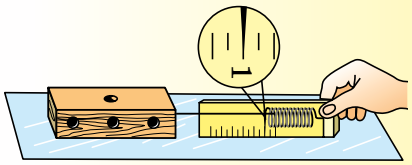
Рис. 26.4. Сила тертя ковзання діє вздовж поверхні дотику тіла й опори та завжди напрямлена в бік, протилежний напрямку руху тіла

Сила тертя ковзання діє вздовж поверхні дотику тіл (рис. 26.4) і трохи менша за максимальну силу тертя спокою. Саме тому тіла починають рухатися з місця ривком і зрушити їх важче, ніж потім рухати.

Щоб з'ясувати, від чого залежить сила тертя ковзання, проведемо низку дослідів (рис. 26.5–26.7). Прикріпимо до дерев'яного бруска гачок динамометра і будемо рівномірно тягти брусок по горизонтальній поверхні.



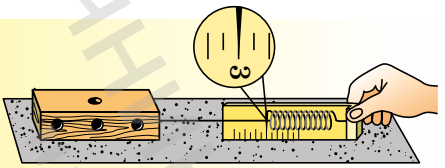
Дерево по дереву



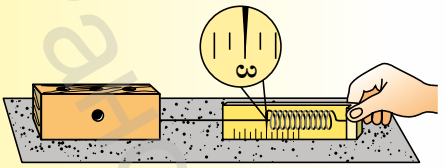
Дерево по склу

Рис. 26.5. Дослідження залежності сили тертя ковзання від властивостей дотичних поверхонь





Брусок на більшій грані



Брусок на меншій грані

Рис. 26.6. Дослідження залежності сили тертя ковзання від площі дотику поверхонь

Електронний додаток до підручника "Фізика. Рівень стандарту"

На брусок у напрямку його руху діє сила пружності з боку пружини динамометра, а в протилежному напрямку діє сила тертя ковзання. Брусок рухається *рівномірно*, і це свідчить про те, що сила пружності *зрівноважує* силу тертя ковзання. Отже, *динамометр показує значення сили тертя ковзання*.

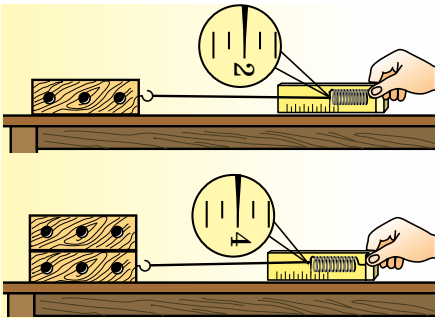


Рис. 26.7. Дослідження залежності сили тертя ковзання від сили нормальної реакції опори

Завдання 1. Розгляньте рис. 26.5 і зробіть висновок щодо залежності сили тертя ковзання *від властивостей дотичних поверхонь*.

Завдання 2. Розгляньте рис. 26.6 і зробіть висновок щодо залежності сили тертя ковзання *від площі дотику поверхонь*.

Завдання 3. Розгляньте рис. 26.7 і зробіть висновок щодо залежності сили тертя ковзання від сили, що притискає тіло до поверхні столу, а отже, і *від сили нормальної реакції опори*.

Сподіваємося, ви були уважні, зробили правильні висновки й тепер можете добре усвідомити закон, установлений французьким ученим *Ґ. Амонтоном* і перевірений його співвітчизником *Ш. Кулоном* (1736–1806).

Закон Амонтона — Кулона:
Сила тертя ковзання не залежить від площі дотику тіл і прямо пропорційна силі нормальної реакції опори:

$$F_{\text{тертя ковз}} = \mu N$$

Тут μ — *коефіцієнт тертя ковзання*, який залежить:
- від матеріалів дотичних поверхонь;
- якості обробки дотичних поверхонь;
- відносної швидкості руху дотичних поверхонь (незначно).

Оскільки і силу тертя ковзання, і силу нормальної реакції опори вимірюють у ньютонах, то *коефіцієнт тертя ковзання є величиною, що не має розмірності*:

$$\mu = \frac{F_{\text{тертя ковз}}}{N};\ [\mu] = \frac{\text{Н}}{\text{Н}} = 1.$$

Видавництво "Ранок"

Матеріали	Коефіцієнт тертя ковзання
Сталь по льоду	0,02
Сталь по сталі	0,15
Дерево по дереву	0,25
Папір по дереву	0,40
Шкіра по чавуну	0,56
Гума по бетону	0,75

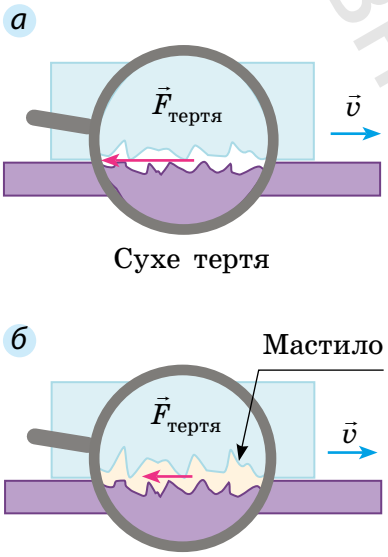


Рис. 26.8. Виникнення сили тертя пов'язане з наявністю нерівностей на поверхнях дотичних тіл (*а*). Мастило віддаляє поверхні одну від одної, тому значно зменшує силу тертя (*б*)

Значення коефіцієнтів тертя ковзання встановлюють виключно експериментально. Зазвичай *таблиці коефіцієнтів тертя ковзання* містять орієнтовні середні значення для пар матеріалів (див. таблицю).

3. Чому виникає сила тертя та як її зменшити?

Поверхні твердих тіл завжди є шорсткими, нерівними. Під час руху або спроби руху нерівності чіпляються одна за одну й деформуються. У результаті виникає сила тертя, що протидіє руху тіла (рис. 26.8, *а*).

Сила тертя, як і сила пружності, — *прояв сил міжмолекулярної взаємодії*.

Здавалося б, для зменшення сили тертя слід ретельно відполірувати поверхні і в такий спосіб звести до мінімуму розміри нерівностей. Однак це може спричинити навіть зростання сили тертя, оскільки, зокрема, значна кількість молекул опиниться на відстані, на якій стає суттєвим міжмолекулярне притягання*.

Силу тертя ковзання можна зменшити, якщо *змастити поверхні*.

Мастило, переважно рідке, потрапивши між дотичними поверхнями, віддалить їх одну від одної. Тобто ковзатимуть не поверхні тіл, а шари мастила: тертя ковзання — *сухе тертя* — заміниться на *рідке (в'язке) тертя*, за якого сила тертя є істотно меншою (рис. 26.8, *б*).

* Зауважимо, що ретельне обґрунтування причин виникнення тертя є досить складним і виходить за межі шкільного курсу фізики.

Видавництво "Ранок"

4. Сила тертя кочення

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: стрічка з м'якої гуми; достатньо важке тіло (наприклад, стос із 2–3 книжок); нитка; два циліндри (наприклад, два круглі олівці).

Закріпіть нитку та гумову стрічку так, як показано на рис. 1.

Тримаючи стрічку, рівномірно тягніть стос книжок. Зверніть увагу на видовження стрічки.

Тепер покладіть книжки на олівці та повторіть дослід (рис. 2).

Орієнтуючись на видовження стрічки, порівняйте силу тертя ковзання із силою тертя кочення. Яка сила виявиться помітно меншою?

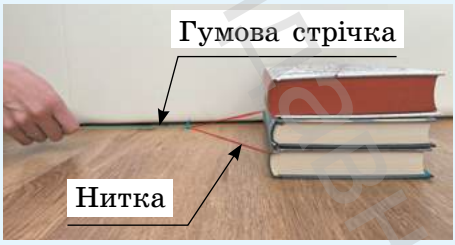


Рис. 1

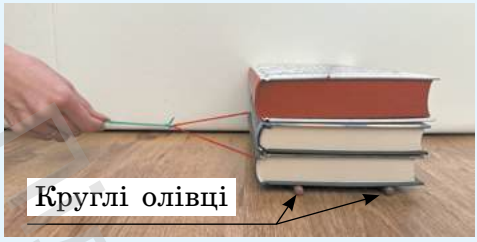


Рис. 2

Давній досвід людства показує, що важку кам'яну брилу легше перекочувати на колодах, ніж просто тягти по землі.

Якщо одне тіло котиться вздовж поверхні іншого, то маємо справу з **тертям кочення**. *Сила тертя кочення зазвичай набагато менша від сили тертя ковзання* (рис. 26.9). Саме тому для зменшення сили тертя людство здавна використовує *колесо*, а в різноманітних машинах і механізмах — *підшипники* (рис. 26.10).



Рис. 26.9. Заміна ковзання на кочення приводить до зменшення сили тертя



Рис. 26.10. Кульковий (*а*) і роликовий (*б*) підшипники

Видавництво «Ранок»

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



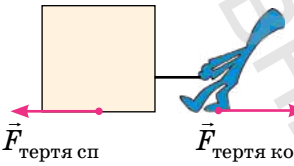
Перший *роликовий підшипник* винайшов у IV ст. до н. е. давньогрецький інженер-винахідник *Діадес*. Підшипник був частиною тарана — пристрою для руйнування стін і становив собою дерев'яні ролики (циліндри), які перекочувалися по дерев'яних жолобах. А от перший *кульковий підшипник* було створено набагато пізніше — на початку нашої ери в Стародавньому Римі, за правління імператора Калігули.

У середні віки *Леонардо да Вінчі* створив перше креслення кулькового підшипника. Саме такі підшипники він використовував у своїх винаходах.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

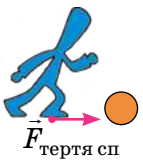
Сила тертя — це сила, яка виникає внаслідок руху або спроби руху одного тіла по поверхні іншого.



- ✓ *напрямлена* проти відносного руху дотичних поверхонь або спроби такого руху
- ✓ *причина виникнення* — дія міжмолекулярних сил

Види сил тертя

Сила тертя спокою



Завжди перешкоджає появі відносного руху дотичних тіл, дорівнює за значенням і протилежна за напрямком силі $\vec{F}$, що намагається зрушити тіло:

$$\vec{F}_{\text{тертя сп}} = \vec{F}$$

Сила тертя ковзання



Закон Амонтона — Кулона: сила тертя ковзання не залежить від площі дотику тіл і прямо пропорційна силі нормальної реакції опори:

$$F_{\text{тертя ковз}} = \mu N$$

Сила тертя кочення



Зазвичай менша від сили тертя ковзання

μ — *коефіцієнт тертя ковзання* залежить від матеріалів та якості обробки поверхонь дотичних тіл

Видавництво "Ранок" Підручник

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які види тертя ви знаєте? 2. Чому силу тертя спокою називають рушійною силою? 3. Коли виникає сила тертя ковзання та від яких чинників вона залежить? 4. Від чого залежить коефіцієнт тертя ковзання? 5. Чому виникає сила тертя ковзання? Як її можна зменшити? 6. Чому кругле тіло котити легше, ніж тягти?

ВПРАВА № 26



1. Чи діє сила тертя на книжку, яка лежить на горизонтальній поверхні стола?

2. Щоб відкрутити гайку, треба докласти зусиль. Чому гайка набагато легше відкручується, якщо гвинт, на який її накручено, змастити?

3. Знайдіть на рисунку приклади зміни коефіцієнта тертя, коли збільшуються або зменшуються нерівності поверхонь.

4. Проаналізуйте *правила поведінки під час ожеледиці* та поясніть, які властивості сили тертя в них ураховано. Додайте ще два-три правила.

5. До бруска, розташованого на горизонтальній поверхні стола, прикладають горизонтальну силу 3 Н. Брусок при цьому рухається рівномірно в напрямку дії сили. З'ясуйте: а) чому дорівнює сила тертя, що діє на брусок; б) як поводитиметься брусок і якою буде сила тертя, якщо показ динамометра 2 Н.

6. Зменшення тертя внаслідок розташування твердих котків між поверхнями, які ковзають одна по одній, є добре відомим. Підготуйте повідомлення про відповідні історичні приклади.

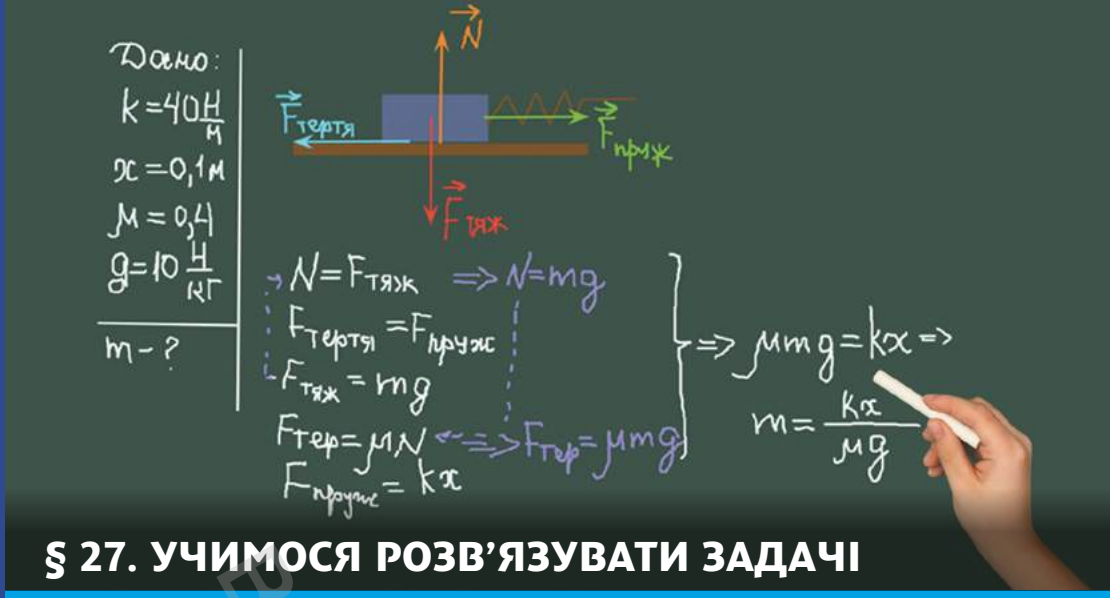
Правила поведінки під час ожеледиці

1. Вибирайте чоботи з товстою рельєфною підошвою з пористого матеріалу.
2. Обходьте слизькі місця.
3. Ідучи тротуаром, не підходьте близько до проїжджої частини.
4. Пересувайтеся невеликими кроками.
5. Не тримайте руки в кишенях.

Ключові терміни

Сила тертя спокою • Сила тертя ковзання • Сила тертя кочення • Закон Амонтона — Кулона • Коефіцієнт тертя • Підшипники

Електронний підручник "Видавництво Ранок"



§ 27. УЧИМОСЯ РОЗВ'ЯЗУВАТИ ЗАДАЧІ

Як розв'язувати задачі на рівномірний рух або стан спокою тіла внаслідок дії кількох сил? Як завжди. Уважно читаємо умову задачі, усвідомлюємо описану ситуацію, записуємо коротку умову. У подібних задачах дуже допомагає рисунок, на якому зображено тіло та сили, що на нього діють. Тому обов'язково його виконуємо. Пам'ятаємо, що ці сили скомпенсовані. Залишилося записати формули для обчислення сил і виконати розрахунки. Починаймо!

■ **Задача 1.** Тягарець нерухомо висить на пружині жорсткістю 200 Н/м; видовження пружини — 0,5 см. Визначте масу тягарця. ■

Аналіз фізичної проблеми. Тягарець висить нерухомо. Отже, сили, що на нього діють, скомпенсовані. На тягарець діють дві сили: 1) сила тяжіння $(\vec{F}_{тяж})$, яка завжди напрямлена вертикально вниз; 2) сила пружності $(\vec{F}_{пруж})$, яка в цьому випадку напрямлена вертикально вгору. Для визначення сили пружності скористаємося законом Гука.

Дано:

$k = 200 \frac{Н}{м}$

$x = 0{,}005$ м

$g = 10 \frac{Н}{кг}$

Знайти:

m — ?

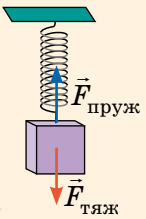
Пошук математичної моделі, розв'язання. Виконаємо рисунок.

Тягарець нерухомий, отже, сили скомпенсовані: $F_{пруж} = F_{тяж}$.

Запишемо закон Гука та формулу для визначення сили тяжіння:

$$F_{пруж} = kx;\ F_{тяж} = mg.$$

$F_{пруж} = F_{тяж}$, тому $kx = mg \Rightarrow m = \frac{kx}{g}$.



ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[m]=\frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}}\cdot\text{м}}{\frac{\text{Н}}{\text{кг}}}=\frac{\text{Н}\cdot\text{кг}}{\text{Н}}=\text{кг};\quad m=\frac{200\cdot 0{,}005}{10}=0{,}1\ \ (\text{кг}).$$

Відповідь: $m=100$ г.

■ **Задача 2.** Щоб рівномірно рухати по столу книжку масою 1 кг, треба прикласти горизонтальну силу 2 Н. Чому дорівнює коефіцієнт тертя ковзання між книжкою та столом? ■

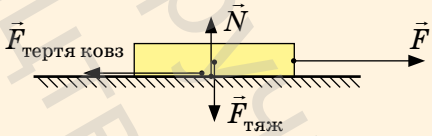
Аналіз фізичної проблеми. Скористаємося законом Амонтона — Кулона $\left(F_{\text{тертя ковз}}=\mu N\right)$. Для визначення коефіцієнта тертя слід знайти силу тертя та силу нормальної реакції опори.

Під час руху на книжку діють сила тяжіння $\left(\vec{F}_{\text{тяж}}\right)$, сила нормальної реакції опори $\left(\vec{N}\right)$, сила, з якою тягнуть книжку $\left(\vec{F}\right)$, та сила тертя ковзання $\left(\vec{F}_{\text{тертя ковз}}\right)$, яка заважає руху.

Дано:
$m=1$ кг
$F=2$ Н
$g=10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

Знайти:
μ — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання. Виконаємо рисунок:



Книжка рухається рівномірно, а отже, сили попарно скомпенсовані:

$$F_{\text{тертя ковз}}=F;\quad N=F_{\text{тяж}}.$$

За законом Амонтона — Кулона:

$$F_{\text{тертя ковз}}=\mu N\ \Rightarrow\ \mu=\frac{F_{\text{тертя ковз}}}{N}.$$

Оскільки $F_{\text{тертя ковз}}=F$, а $N=F_{\text{тяж}}=mg$, то $\mu=\frac{F}{mg}$.

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[\mu]=\frac{\text{Н}}{\text{кг}\cdot\frac{\text{Н}}{\text{кг}}}=\frac{\text{Н}}{\text{Н}}=1;\quad \mu=\frac{2}{1\cdot 10}=\frac{2}{10}=0{,}2.$$

Аналіз результатів: коефіцієнт тертя 0,2 властивий такій парі, як папір по дереву, отже, результат правдоподібний.

Відповідь: $\mu=0{,}2$.

Підручник видавництва «Ранок»

ВПРАВА № 27

1. Візок рівномірно тягнуть горизонтальною поверхнею за допомогою горизонтально натягнутої мотузки. Виконайте рисунок, на якому зобразіть візок і сили, що на нього діють. Чому дорівнює сила тертя кочення, що діє на візок, якщо до мотузки прикладають силу 40 Н?

2. Книжка нерухомо лежить на горизонтальній поверхні стола. На книжку поклали пенал вагою 1,5 Н. Визначте силу тяжіння, що діє на книжку, та масу книжки, якщо з боку стола на неї діє сила нормальної реакції опори 5 Н.

3. Намагаючись зрушити з місця шафу, до неї прикладають горизонтальну силу, що поступово збільшується. Шафа почала рухатися, коли сила досягла 175 Н.

1) Як змінювалася сила тертя між шафою та підлогою?

2) Яким є коефіцієнт тертя ковзання між шафою та підлогою, якщо маса шафи становить 70 кг?

4. Знайдіть густину речовини, з якої виготовлений кубик, і жорсткість пружини динамометра (рис. 1), якщо ребро кубика дорівнює 4 см, а видовження пружини — 5 см.

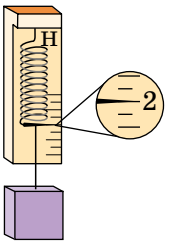


Рис. 1

5. За допомогою пружини жорсткістю 96 Н/м брусок масою 2,4 кг рівномірно тягнуть по столу. Яким є видовження пружини, якщо коефіцієнт тертя між бруском і столом дорівнює 0,2?

6. Дошку масою 400 г підвішено на двох однакових вертикальних пружинах (див. рис. 2); жорсткість кожної пружини — 80 Н/м. На середину дошки поклали вантаж масою 2 кг. Визначте видовження пружин після того, як коливання дошки припинились.

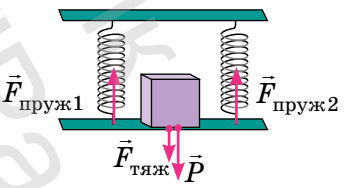


Рис. 2

7. Складіть задачу на рівномірний рух тіла внаслідок дії кількох сил і розв'яжіть її. Пам'ятайте, що значення фізичних величин, подані в умові задачі, та одержаний результат мають бути реальними.

Підручник видавництва "Ранок"

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

rnk.com.ua/106667

Тема. Визначення коефіцієнта тертя ковзання.

Мета: визначити коефіцієнт тертя ковзання дерева по дереву.

Обладнання: дерев'яний брусок; дерев'яна дошка (трибометр); набір тягарців; динамометр.

ВКАЗІВКИ ДО РОБОТИ

Підготовка до експерименту

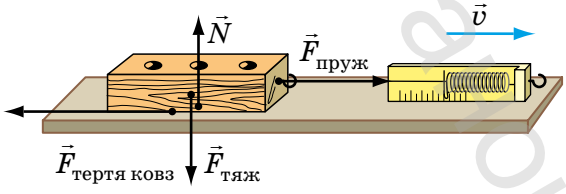
1. Перед тим як виконувати роботу, згадайте відповіді на такі запитання.
   1) Від яких чинників залежить сила тертя ковзання та куди вона напрямлена?
   2) За якою формулою обчислюють силу тертя ковзання?
2. Визначте ціну поділки шкали динамометра.

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.

Результати вимірювань відразу заносьте до таблиці.

1. Підвісивши брусок до динамометра, виміряйте вагу бруска, яка під час експерименту буде дорівнювати силі нормальної реакції опори $(N = P)$.
2. Прикріпивши брусок до гачка динамометра, покладіть брусок широким боком на горизонтально розташовану дошку. Рівномірно переміщуйте брусок уздовж дошки (див. рисунок). За показом динамометра визначте силу тертя ковзання $\left(F_{\text{тертя ковз}} = F_{\text{пруж}}\right)$.



3. Повторіть дослід ще тричі, поклавши на брусок спочатку один тягарець, потім одночасно два, а потім одночасно три тягарці $\left(N = P_{\text{брус}} + P_{\text{тягар}}\right)$.

Підручник вирізняється

Номер досліду	Сила тертя ковзання $F_{\text{тертя ковз}}$, Н	Сила нормальної реакції опори N, Н	Коефіцієнт тертя ковзання, μ

Опрацювання результатів експерименту

Для кожного досліду обчисліть коефіцієнт тертя ковзання за формулою: $\mu = \frac{F_{\text{тертя ковз}}}{N}$; результати занесіть до таблиці.

Аналіз експерименту та його результатів

Зробіть висновок, у якому зазначте: 1) яку фізичну величину ви вимірювали; 2) чи залежить коефіцієнт тертя ковзання від ваги тіла; 3) чи збігаються одержані результати з табличним значенням коефіцієнта тертя ковзання дерева по дереву; 4) які чинники вплинули на точність експерименту.

Творче завдання

Запишіть план проведення експерименту на підтвердження того, що коефіцієнт тертя ковзання не залежить від площі дотичних поверхонь. Проведіть цей експеримент.

ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



Перший президент Академії наук України **Володимир Іванович Вернадський** (1863–1945) був одним із найвидатніших природознавців, ученим, який не лише розвивав відомі наукові напрями, а й став фундатором кількох нових наук.

Сьогодні багато відомих міжнародних організацій у своїх прогнозах розвитку людства базуються *на концепції безперервного розвитку суспільства,* яка є продовженням учення В. І. Вернадського про *ноосферу* (сферу взаємодії суспільства й природи). Мета концепції полягає в тому, щоб від покоління до покоління не знижувались якість і безпека життя людей, не погіршувався стан навколишнього середовища, щоб відбувався соціальний прогрес.

Підручник видавництва Ранок

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 3
Частина 3 «Сили в природі»

1. Ви дізналися: причиною зміни швидкості руху, форми, об'єму тіл є *взаємодія* з іншими тілами, а *характеристикою взаємодії є сила*.

Сила $\vec{F}$ — це фізична величина, яка є мірою дії одного тіла на інше (мірою взаємодії тіл).

$\vec{F}$
- ✓ Значення
- ✓ Напрямок
- ✓ Точка прикладання

Одиниця сили в СІ — **ньютон:** $[F]=1$ Н

2. Ви виявили, що зазвичай на тіло *діють декілька сил*, тому необхідно вміти знаходити *рівнодійну*.

Рівнодійна сил ($\vec{R}$) — це сила, яка здійснює на тіло ту саму дію, як декілька сил, що діють одночасно.

Значення рівнодійної дорівнює...

...*сумі значень сил*, якщо сили напрямлені в один бік	...*різниці значень сил*, якщо сили напрямлені в протилежні боки	...*нулю*, якщо сили рівні за значенням і протилежні за напрямком

3. Ви ознайомилися з деякими *силами в механіці*.

СИЛИ В МЕХАНІЦІ

Гравітаційні

Сила всесвітнього тяжіння

Сила тяжіння $F_{тяж}=mg$

Електромагнітні (сили міжмолекулярної взаємодії)

Вага тіла $P=mg$

Сила пружності $F_{пруж}=kx$

Сила тертя

Сила тертя спокою $F_{тертя\ сп}=F_{прикл}$ (прикладена сила)

Сила тертя ковзання $F_{тертя\ ковз}=\mu N$

Сила тертя кочення $F_{тертя\ коч} \ll F_{тертя\ ковз}$

Підручник "Видавництво "Ранок"

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Частина 3 «Сили в природі»

rnk.com.ua/106668

У завданнях 1–8 виберіть одну правильну відповідь. Вважайте, що $g = 10$ Н/кг.

1. *(1 бал)* Якої деформації зазнає поперечина турніка, коли ви виконуєте підтягування?
   а) розтягнення; в) зсув; д) кручення.
   б) стиснення; г) вигин;

2. *(1 бал)* Деформація тіла є причиною виникнення сили:
   а) тяжіння; б) пружності; в) тертя ковзання; г) тертя спокою.

3. *(1 бал)* Сила тяжіння — це:
   а) сила притягання тіла до Землі;
   б) сила, яка виникає в разі будь-якої деформації тіла;
   в) сила, з якою тіло тисне на опору або розтягує підвіс;
   г) сила, яка виникає під час ковзання тіла.

4. *(1 бал)* У якому випадку на автомобіль НЕ діє сила тертя спокою?
   а) автомобіль рухається з місця;
   б) автомобіль рухається рівномірно прямолінійно;
   в) автомобіль перебуває у стані спокою на горизонтальній дорозі;
   г) автомобіль перебуває у стані спокою на схилі.

5. *(2 бали)* Одна з найбільших комах живе в Новій Зеландії (рис. 1). Її маса сягає 80 г. З якою силою Земля притягує цю комаху?
   а) 8 мН; в) 0,8 Н;
   б) 80 мН; г) 8 Н.



Рис. 1

6. *(2 бали)* Щоб розтягти недеформовану пружину на 5 см, треба прикласти силу 15 Н. Якою є жорсткість пружини?
   а) 0,3 Н/м; в) 75 Н/м;
   б) 3 Н/м; г) 300 Н/м.

7. *(2 бали)* Кулька підвішена до динамометра (рис. 2). Якою є маса кульки?
   а) 3,5 г; в) 350 г;
   б) 35 г; г) 3,5 кг.

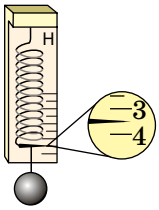


Рис. 2

Електронний варіант "РНОК"

8. *(2 бали)* На рис. 3 зображено тіло та сили, що на нього діють (1 клітинка — 2 Н). Визначте модуль рівнодійної сил.

а) 10 Н; в) 8 Н;
б) 20 Н; г) 4 Н.

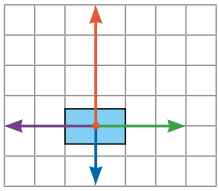


Рис. 3

9. *(2 бали)* На рис. 4 зображено сили, що діють на тіло, яке за допомогою динамометра рівномірно тягнуть по столу в горизонтальному напрямку. Назвіть ці сили.

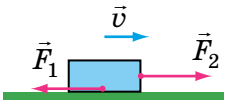


Рис. 4

10. *(2 бали)* На цеглину масою 5 кг, що лежить на підлозі, поклали таку саму цеглину (рис. 5). Виконайте схематичний рисунок у зошиті та зобразіть сили, що діють на нижню цеглину. Масштаб: 1 см — 25 Н.

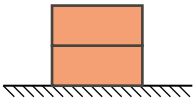


Рис. 5

11. *(2 бали)* Установіть відповідність між назвою сили та явищем, яке відбувається завдяки дії цієї сили.

А Сила пружності	**1** Гепард розганяється під час полювання
Б Сила тертя ковзання	**2** Літак здійснює політ
В Сила тертя спокою	**3** Ковзаняр гальмує після фінішу
Г Сила тяжіння	**4** Краплі дощу скочуються з даху
	5 Стріла набирає швидкість під час пострілу

12. *(3 бали)* Відро місткістю 12 л наповнили водою на одну третину. З якою силою відро тисне на підлогу? Масою відра знехтуйте.

13. *(3 бали)* У порожній вимірювальний циліндр налили рідину (рис. 6). Сила тяжіння, що діє на рідину, дорівнює 1,35 Н. Визначте, яку рідину налили в циліндр.

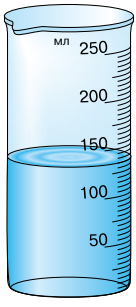


Рис. 6

14. *(4 бали)* Для рівномірного руху горизонтальною дорогою до саней треба прикладати горизонтальну силу 500 Н. Визначте масу саней, якщо коефіцієнт тертя між саньми і дорогою дорівнює 0,2.

Видавництво "Ранок"

15. *(4 бали)* На рис. 7 подано графік залежності видовження пружини від маси підвішеного до неї тягаря. Визначте жорсткість пружини.

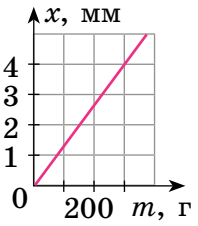


Рис. 7

16. *(4 бали)* Алюмінієвий брусок розмірами 4 см × 5 см × 20 см рухають рівномірно по горизонтальній поверхні, прикладаючи силу 2,7 Н. Визначте коефіцієнт тертя ковзання.

Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 3. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

Підручник видавництво «Ранок»

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Види деформацій у спорудах.
2. Сила тяжіння на планетах Сонячної системи та їх супутниках.
3. Ґ. Ґалілей, І. Ньютон. Відкриття законів механіки.
4. Чи заважатиме невагомість у повсякденному житті?
5. Позасистемні одиниці сили (кілограм-сила, дина, паундаль тощо).
6. Без сили тертя немає життя.
7. Способи збільшення та зменшення тертя в живій природі.
8. Як зменшити опір повітря?

ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Дослідження жорсткості гумових стрічок.
2. Визначення коефіцієнта тертя між компонентами сипких будівельних матеріалів.
3. Моделювання процесу утворення снігових лавин за допомогою підручних сипких речовин: пшона, манки, борошна тощо.

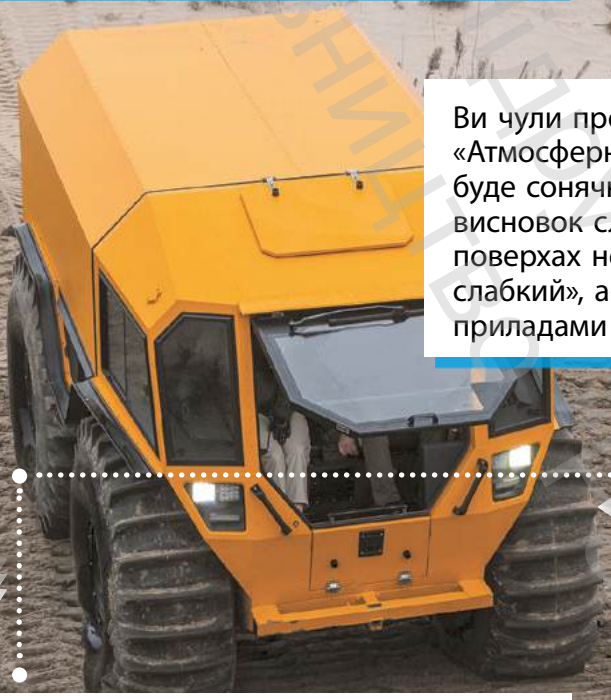
ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Інертність як причина порушення правил дорожнього руху. Гальмівний шлях автомобіля.
2. Шкода та користь сили тертя, способи й методи збільшення та зменшення сили тертя в техніці.

РОЗДІЛ 3
ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛИ В ПРИРОДІ

Частина 4
«Тиск твердих тіл, рідин і газів»

Ви знаєте, що всюдиходи мають великі колеса і що в досвідченого кухаря завжди гострі ножі, а дізнаєтеся, як фізика пов'язує одне з іншим



Ви чули прогноз синоптиків «Атмосферний тиск збільшується, буде сонячно» або невтішний висновок слюсаря «На верхніх поверхах немає води, бо тиск слабкий», а з'ясуєте, як і якими приладами вимірюють тиск

Ви знаєте, що треба об'єднати зусилля кількох дорослих, щоб відірвати легковий автомобіль від землі, а дізнаєтеся, як це зробити самотужки

ВИДАВНИЦТВО ПІДРУЧНИКІВ

rnk.com.ua/
106669

§ 28. ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ НА ПОВЕРХНЮ. СИЛА ТИСКУ

Чому мешканці Півночі для пересування по снігу використовують лижі? Чому влітку жінка, взута в туфлі на тонких підборах, залишає на м'якому асфальті помітні глибокі сліди? Навіщо леза ножів час від часу нагострюють? Для чого цвях має вістря? Спробуємо одержати відповіді на ці запитання.

ПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ. Уявіть, що вам потрібно донести продукти масою майже 10 кг. Яку із зображених сумок ви виберете для цього? Чому?



1. Як результат дії сили залежить від площі поверхні, на яку діє ця сила?

Одним із наслідків дії сили є деформація тіла. У більшості випадків виконується правило: *чим меншою є площа поверхні, на яку діє певна сила, тим більшою буде деформація* (рис. 28.1).



Рис. 28.1. Коли знімаємо лижі, відразу починаємо провалюватися в сніг

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: невелика миска з борошном; сірникова коробка із сіллю або брусок пластиліну.

Продемонструйте, що результат дії сили на поверхню залежить від площі, на яку діє ця сила.

Які чинники вплинули на коректність результату експерименту?

Підручник вилучено з видавництва "Ранок"

2. Що таке тиск?

Для характеристики залежності результату дії сили від площі поверхні, на яку діє ця сила, використовують поняття *тиск*.

Тиск — це фізична величина, яка характеризує результат дії сили та дорівнює відношенню сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні:

$$p = \frac{F}{S},$$

де p — тиск; F — *сила тиску* — сила, що діє на поверхню перпендикулярно до неї; S — площа цієї поверхні.

Одиниця тиску в СІ — **паскаль** (Па); названа на честь *Блеза Паскаля* (рис. 28.2):

$$[p] = \text{Па}.$$

1 Па — *це тиск, який створює сила* 1 Н, *що діє перпендикулярно до поверхні площею* 1 м^2:

$$1\ \text{Па} = \frac{1\ \text{Н}}{1\ \text{м}^2}.$$

1 Па — невеликий тиск (приблизно такий тиск чинить на стіл аркуш альбому для малювання), тому частіше використовують кратні одиниці тиску: *гектопаскаль* (1 гПа = 100 Па), *кілопаскаль* (1 кПа = 1000 Па), *мегапаскаль* (1 МПа = 1 000 000 Па).



Рис. 28.2. Блез Паскаль (1623–1662) — видатний французький математик, фізик, філософ

Розгляньте таблицю та зіставте створювані тиски. Знайдіть пару, яка найбільше вас здивувала.



Тиск, який створюють деякі тіла

Тіло, яке створює тиск	Тиск p, кПа	Тіло, яке створює тиск	Тиск p, кПа
Людина, що стоїть, на підлогу	20–30	Швацька голка на тканину	До 100 000
Гусениці трактора на ґрунт	25–50	Колеса залізничного вагона на рейки	300 000
Колеса легкового автомобіля на ґрунт	200–300	Зуби собаки на кістку	До 150 000
Лезо лопати на ґрунт	1000–2000	Жало оси на шкіру	33 000 000

Електронний підручник видавництва "Ранок"

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На с. 197 зображено всюдихід, який створили українські інженери. Ця машина є справжнім технічним дивом. Величезні шини допомагають долати будь-яке бездоріжжя. Тиск у шинах є наднизьким, щоб захистити екіпаж від струсів і поштовхів. Шини підкачуються за допомогою вихлопних газів. До того ж у диски коліс вмонтовано паливні баки — це дало змогу збільшити простір у кабіні.



Рис. 28.3. Щоб докладати менше зусиль під час роботи з деякими інструментами, їх нагострюють

3. Як можна збільшити або зменшити тиск?

З означення тиску $\left(p = \frac{F}{S}\right)$ стає зрозумілим, що тиск твердих тіл можна змінити двома способами.

Перший спосіб: змінити силу, яка діє на поверхню. Зі збільшенням сили тиск збільшиться, а зі зменшенням — зменшиться.

Другий спосіб: змінити площу поверхні, на яку діє сила тиску. Для збільшення тиску площу слід зменшити — саме тому нагострюють інструменти: ножиці, ножі, шила тощо (рис. 28.3). І навпаки, для зменшення тиску площу поверхні збільшують.

А ЯК НАСПРАВДІ?



У рекламі вуличної дитячої гойдалки стверджується, що тиск, який може витримати її сидіння, сягає 3 кПа. А в експлуатаційних обмеженнях наголошено, що максимальне навантаження сидіння становить 80 кг. Чи можна довіряти рекламі?

4. Учимося розв'язувати задачі

■ **Задача.** Порівняйте тиски, які чинять на сніг юні турист і лижник. Маса кожного юнака — 63 кг. Площа підошви черевика туриста — приблизно 210 см^2, площа лижі — приблизно 1800 см^2. ■

Аналіз фізичної проблеми. Тиск, який створює кожен юнак, визначається силою тиску та площею, на яку він спирається. Сила тиску в обох випадках — це вага юнака, і вона розподіляється на дві підошви або дві лижі. Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Електронний варіант підручника. Відповідає навчальній програмі

Дано:
$m_1 = m_2 = 63$ кг
$S_{01} = 210$ см^2 = $= 0{,}021$ м^2
$S_{02} = 1800$ см^2 = $= 0{,}18$ м^2
$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$
Знайти:
p_1 — ? p_2 — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання. $p = \frac{F}{S}$. Тут $F = P = mg$, а $S = 2S_0 \Rightarrow p = \frac{mg}{2S_0}$.

Перевіримо одиниці, знайдемо шукані величини:

$$[p] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па};$$

для туриста:

$$p_1 = \frac{63 \cdot 10}{2 \cdot 0{,}021} = \frac{30}{0{,}002} = 15\,000\,(\text{Па}),\ p_1 = 15\ (\text{кПа});$$

для лижника: $p_2 = \frac{63 \cdot 10}{2 \cdot 0{,}18} = \frac{70}{0{,}04} = 1750\ (\text{Па}),\ p_2 = 1{,}75\ (\text{кПа})$.

Аналіз результатів. Тиск, що створює турист, більший за тиск, що створює лижник $\left(\frac{p_1}{p_2} = \frac{15\ \text{кПа}}{1{,}75\ \text{кПа}} \approx 8{,}6\right)$. Це реальний результат, адже за рівних сил більший тиск створює та сила, яка діє на меншу площу.

Відповідь: $p_1 = 15$ кПа; $p_2 = 1{,}75$ кПа; $p_1 > p_2 \approx$ у 8,6 разу.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Тиск p — це фізична величина, яка характеризує результат дії сили та дорівнює відношенню сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні: $p = \frac{F}{S}$.

Одиниця тиску в СІ — **паскаль** $\left(1\ \text{Па} = \frac{1\ \text{Н}}{1\ \text{м}^2}\right)$.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Від чого залежить результат дії сили? 2. Дайте означення тиску. 3. Назвіть одиницю тиску в СІ. 4. Дайте означення одиниці тиску. 5. Як можна збільшити тиск? Як можна зменшити тиск? Наведіть приклади.

Підручник рекомендовано Міністерством освіти і науки України

ВПРАВА № 28

1. Людина сидить на дивані. Як зміниться тиск, що створює людина на диван, якщо вона ляже?

2. У яких випадках (рис. 1–4) тиск намагаються зробити якомога меншим? більшим? У який спосіб?



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

3. Подайте в паскалях: 2 кПа; 4 гПа; 0,3 МПа; 0,35 кН/м^2; 1,5 Н/см^2; 36 мН/см^2.

4. Площа різального краю лопати — 0,7 см^2. Який тиск створює лопата на ґрунт, якщо людина діє на лопату із силою 210 Н?

5. Тиск гусеничного трактора на ґрунт становить 27 кПа. Що це означає? З якою силою трактор тисне на ґрунт, якщо площа, на яку спираються його гусениці, становить 2,9 м^2?

6. Хлопчик виїхав на лижах на снігову галявину. Сніговий наст галявини витримує тиск 2 кПа. Ширина кожної лижі — 7,5 см, а довжина — 1,8 м. Якою може бути максимальна маса хлопчика, щоб він не провалювався в сніг?

7. Не можна бути повністю застрахованим від нещасного випадку на водоймі, вкритій льодом. Як повинні поводитися рятувальник і сам постраждалий, якщо сталася біда (рис. 5)? Обґрунтуйте їхні дії.



Рис. 5

Ключові терміни

Тиск • Сила тиску • Паскаль • Кілопаскаль • Мегапаскаль

Видавництво "Ранок"

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

rnk.com.ua/106671

Тема. Вимірювання тиску твердого тіла на опору.

Мета: визначити тиск твердого тіла на горизонтальну поверхню і виявити залежність тиску від ваги тіла та площі поверхні, на яку спирається тіло.

Обладнання: дерев'яний брусок; динамометр; учнівська лінійка; два тягарці.

Вказівки до роботи

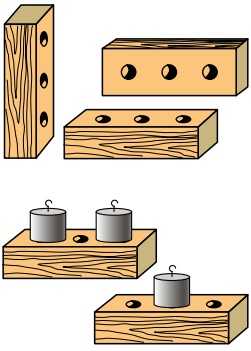
Підготовка до експерименту

Переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.

1) За якою формулою визначають тиск? Яка одиниця тиску в СІ?
2) Як визначити площу прямокутника?
3) Якими способами можна змінити тиск?

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.



Дослідження залежності тиску від площі опори

Результати вимірювань відразу заносьте до табл. 1.

1. Виміряйте вагу бруска.
2. Виміряйте розміри (довжину l, ширину d, висоту h) бруска.

Таблиця 1

Грані бруска	Лінійні розміри бруска			Площа грані		Вага бруска P, Н	Сила тиску F, Н	Тиск p, Па
	l, см	d, см	h, см	S, см^2	S, м^2			
1								
2								
3								

Опрацювання результатів дослідження

Результати обчислень відразу заносьте до табл. 1.

1. Визначте силу, з якою брусок тисне на поверхню стола.
2. Визначте площу кожної грані бруска. Подайте площі в метрах квадратних (м^2).
3. Обчисліть тиск, який створює брусок на поверхню стола кожною з трьох граней.

Підручник видавництва Ранок

Дослідження залежності тиску від ваги тіла

Результати вимірювань відразу заносьте до табл. 2.

1. Запишіть у табл. 2 вагу бруска та площу його найбільшої грані.
2. Виміряйте вагу бруска разом із одним тягарцем.
3. Виміряйте вагу бруска разом із двома тягарцями.

Таблиця 2

Тверде тіло	Вага P, Н	Сила тиску F, Н	Площа грані S, м^2	Тиск p, Па
Брусок				
Брусок із тягарцем				
Брусок із двома тягарцями				

Опрацювання результатів дослідження

Визначте тиск, який створює брусок на поверхню в кожному випадку. *Результати обчислень занесіть до табл. 2.*

Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізувавши експеримент та його результати, зробіть висновок, у якому зазначте: 1) які фізичні величини ви виміряли; 2) значення якої величини визначили; 3) які результати отримали; 4) які залежності виявили.

Творче завдання

Визначте тиск, який ви створюєте на підлогу під час ходіння; коли стоїте на місці.

Help

Площу S фігури, яка має неправильну геометричну форму, можна визначити за контуром фігури, намальованим на папері в клітинку: $S = \left(n + \frac{1}{2}k\right) S_0$, де n — кількість цілих квадратів, k — кількість нецілих квадратів, S_0 — площа одного квадрата.

ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



Степан Прокопович Тимошенко (1878–1972) — видатний український учений-механік, один із організаторів і перших академіків Української академії наук, засновник Інституту механіки АН України й школи прикладної механіки в США. Основні напрями наукової роботи С. П. Тимошенка — фундаментальні праці з опору матеріалів, теорії пружності, теорії коливань механічних систем, теорії споруд і будівельної механіки.

Видавництво «Ранок»



rnk.com.ua/106670

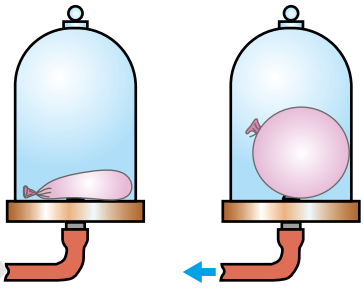
§ 29. ТИСК ГАЗІВ І РІДИН. ЗАКОН ПАСКАЛЯ

Чи можна збільшити об'єм гумової повітряної кульки, не надуваючи її? Чому рідина створює тиск не тільки на дно посудини, а й на бічні стінки? Ці загадки тиску газів і рідин ми й спробуємо розгадати.

1. Чому гази створюють тиск?

Покладемо злегка надуту зав'язану повітряну кульку під ковпак повітряного насоса (рис. 29.1, *а*). Якщо з-під ковпака відкачувати повітря, то об'єм кульки почне збільшуватися (рис. 29.1, *б*). Чому так відбувається?

Повітря всередині й зовні кульки створює тиск відповідно на внутрішню і зовнішню поверхні гумової плівки. Якщо ці тиски є однаковими, гумова плівка не розтягується. А от якщо тиск усередині кульки стає більшим за зовнішній тиск, то кулька збільшує свій об'єм.



а *б*

Рис. 29.1. Об'єм злегка надутої повітряної кульки (*а*) збільшується в разі зменшення зовнішнього тиску (*б*)

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Стратостати — повітряні кулі для дослідження надвисоких шарів атмосфери. Ліворуч на заставці до § 29 зображений стратостат на початку польоту. Оскільки на великій висоті тиск зовнішнього повітря суттєво знижується, то з «ганчірки» повітроплавний апарат перетворюється на ідеальну кулю (на заставці праворуч). Розміри цих куль вражають: вони можуть бути завбільшки з 50-поверховий будинок. Саме за допомогою стратостатів людина піднялася на шалену висоту без застосування двигунів. Світовий рекорд, установлений у 2014 р., — 41 км.

Видавництво "Ранок"

2. Від чого залежить тиск газів?

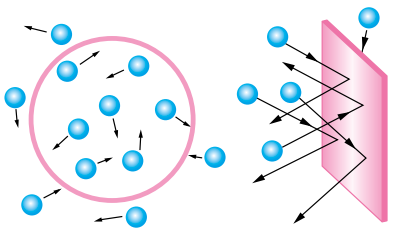


Рис. 29.2. Тиск газу на поверхню створюється численними ударами молекул газу

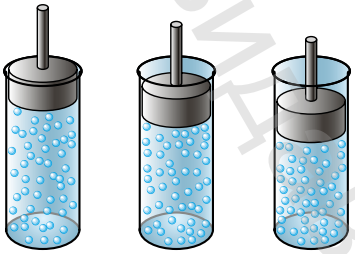


Рис. 29.3. Якщо за допомогою поршня зменшити об'єм газу, то збільшиться кількість ударів молекул газу на одиницю площі стінок посудини — тиск газу зросте

Тиск газу створюється ударами його частинок, тому збільшення як *кількості*, так і *сили ударів* на певну поверхню спричинить збільшення тиску газу (рис. 29.2). Отже, *тиск газів можна збільшити двома способами.*

Перший спосіб — *збільшити густину газу* $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$. Для цього можна додати газу всередину посудини (збільшити масу m газу) або зменшити об'єм V самої посудини (рис. 29.3).

Другий спосіб — *збільшити температуру газу*. Чим вища температура газу, тим більшою буде швидкість руху його частинок. Удари частинок об стінки посудини стануть частішими, сила їх ударів зросте — внаслідок цього тиск газу в посудині збільшиться.

Відповідно *зменшення тиску газу буде відбуватися в разі зменшення густини або температури газу.*

Сподіваємося, тепер ви зможете пояснити, чому повітряна кулька роздувається і тоді, коли ми її надуваємо, і тоді, коли відкачуємо повітря ззовні.



ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: пластикова пляшка з кришкою; каструля з гарячою водою (до 60 °С); морозильна камера; допомога дорослих.

Дослід 1. Стисніть пляшку, щільно закрутіть кришку та занурте деформовану пляшку в гарячу воду. Почекайте приблизно 1–2 хвилини.

Дослід 2. Залиште недеформовану пляшку зі щільно закрученою кришкою на 1 годину в морозильній камері.

Поясніть, чому пляшка в гарячій воді «саморемонтується», а в морозильній камері — навпаки.

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК"

3. Як тиснуть рідини?

На відміну від твердих тіл рідини легко змінюють свою форму — вони набувають форми тієї посудини, у якій містяться, тобто *рідини є плинними*. Тому рідини створюють тиск як на дно, так і на бічні стінки посудини, в якій містяться (тоді як тверді тіла тиснуть тільки на поверхню, на якій розміщені). Якщо в стінці посудини, заповненої рідиною, зробити отвори, то рідина поллється через них (рис. 29.4).

Наслідком плинності рідин є також те, що *на будь-яке занурене в рідину тіло рідина тисне з усіх боків.*



Рис. 29.4. Рідина створює тиск не тільки на дно, але й на бічні поверхні посудин

4. Відкриваємо закон Паскаля

Через свою плинність рідина здатна передавати тиск по всьому об'єму посудини, в якій міститься. Зробимо голкою невеликі отвори в поліетиленовому пакеті, наберемо в пакет воду й зав'яжемо. Натиснемо на пакет — вода буде виливатися з усіх отворів (рис. 29.5).



Рис. 29.5. Вода передає додатковий тиск у всі боки, і саме тому вода виходить із отворів у пакеті в усіх напрямках

Ґрунтуючись на подібних дослідах, французький учений *Блез Паскаль* відкрив закон, який зараз має назву **закон Паскаля:**

> Тиск, створюваний на нерухому рідину, передається рідиною однаково в усіх напрямках.

Те саме можна сказати й про гази (рис. 29.6).

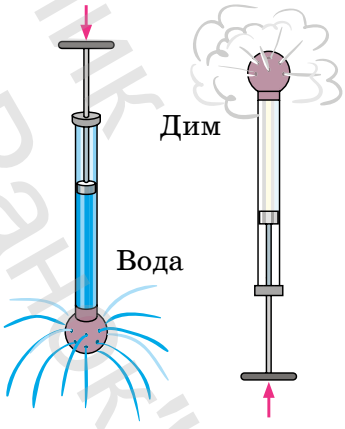


Рис. 29.6. Газ, як і рідина, передає додатковий тиск у всі боки

5. Де застосовують закон Паскаля?

Властивість рідин і газів передавати тиск у всіх напрямках ми спостерігаємо в повсякденному житті, її широко використовують у техніці.

Завдяки цій властивості ми можемо чути, адже повітря передає звуковий тиск;

Електронний варіант видавництва "Ранок"

працює наша серцево-судинна система, адже незважаючи на те, що кровоносні судини мають велику кількість вигинів, тиск, створюваний серцем, передається в усі частини тіла. На законі Паскаля ґрунтуються дія системи гальмування багатьох транспортних засобів, дія домкратів, насосів та інших *гідравлічних машин*.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Один блогер написав, що виробник сосисок використовує спеціальну пластикову обгортку, склад якої є таємницею. За 2 хв перебування в киплячій воді обгортка лопається, щоб забезпечити насичення сосиски водою. Ця інновація робить будь-яку сосиску соковитою та покращує її смак. Як ви вважаєте, для того щоб обгортка сосиски луснула, потрібен спеціальний пластик чи причина руйнування інша?

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Причина тиску газів
Гази створюють тиск на поверхню внаслідок численних ударів об цю поверхню частинок газу.



Закон Паскаля
Тиск, створюваний на нерухому рідину, передається однаково в усіх напрямках.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як довести, що гази створюють тиск на стінки посудини? 2. У чому причина тиску газів? 3. Чому тиск газів зростає зі зростанням їхньої густини? у разі збільшення температури? 4. Чому рідина створює тиск не тільки на дно посудини, а й на її бічні стінки? 5. Сформулюйте закон Паскаля. 6. Доведіть, що властивість рідин і газів передавати тиск у всіх напрямках має неабияке значення в нашому житті.

ВПРАВА № 29

1. Як буде змінюватися тиск у повітряній кульці, якщо її спочатку надути, а потім міцно притиснути до твердого предмета? Чи можна передбачити, у якому місці лусне кулька?
2. Чому не можна допускати зайвого нагрівання газових балонів (навіть із газом, який не горить)?

Видавництво «Ранок»

3. Чи змінився, а якщо змінився, то як, тиск у шинах велосипеда, коли хлопчик вирішив покатати свою приятельку (рис. 1)?



Рис. 1

4. У нафтовій промисловості для підіймання нафти на поверхню землі застосовують стиснуте повітря, яке компресори нагнітають у простір над поверхнею нафтоносного шару. На якому законі ґрунтується цей спосіб? Поясніть свою думку.

5. Чому вибух снаряда під водою є згубним для істот, які живуть у воді?

6. Якщо вистрілити з дрібнокаліберної рушниці у варене яйце, то в яйці утвориться отвір, а якщо в сире — яйце розлетиться. Поясніть це явище.

7. У циліндрі під поршнем площею 80 см^2 міститься вода. Вантаж якої маси потрібно покласти на поршень, щоб тиск води на дно циліндра зріс на 2 кПа?

8. Які зміни відбуватимуться з поверхнею рідини в запаяній зверху трубці (рис. 2), якщо трубку охолоджувати? нагрівати?

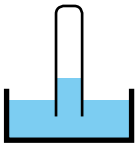


Рис. 2

Ключові терміни

Тиск газів • Тиск рідини • Плинність • Закон Паскаля

ФІЗИКА І ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України (Київ), заснований у 1918 р., — відомий у світі та найпотужніший в Україні дослідницький центр. Основні напрями наукової діяльності інституту — механіка неоднорідних середовищ, динаміка та стійкість механічних систем, механіка руйнування та втома матеріалів.

Теоретичні й експериментальні результати науковців інституту застосовують у ракетно-космічній, авіаційній, суднобудівній та інших галузях промисловості.

Електронний підручник видавництва «Ранок»



rnk.com.ua/
106672

§ 30. ГІДРОСТАТИЧНИЙ ТИСК

Безпечна глибина занурення звичайного аквалангіста становить приблизно 20 м. Для досвідчених плавців цей ліміт трохи більший. А чому досягти місця, де лежить затонулий лайнер «Титанік» (на глибині майже 4 км), людина може тільки всередині глибоководних апаратів? Спробуймо це з'ясувати.

Електронний підручник
Відновлено



Рис. 30.1. Сила тиску води в шкіряній подушці є достатньою, щоб утримувати дорослу людину

1. Як розрахувати гідростатичний тиск?

Дослід, який ви бачите на рис. 30.1, проводили ще в XVII ст., за часів *Блеза Паскаля*: вода зі шкіряної подушки не витікає під вагою дорослої людини, хоча подушка сполучена з відкритою зверху трубкою. Як таке може бути?

Ви вже знаєте, що внаслідок притягання до Землі та завдяки власній плинності рідина створює тиск як на дно, так і на стінки посудини, у якій вона міститься. Рідина створює тиск і на будь-яке занурене в неї тіло.

Тиск нерухомої рідини називають **гідростатичним тиском.**

Визначимо гідростатичний тиск на дно посудини. Щоб спростити одержання формули, візьмемо циліндричну посудину з площею дна S. Нехай у посудину налита рідина густиною ρ, а висота стовпа рідини в посудині дорівнює h (рис. 30.2).

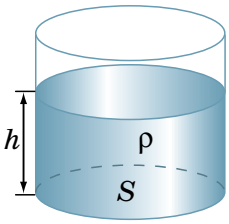


Рис. 30.2. Через притягання Землі рідина створює тиск на дно посудини

Щоб визначити тиск, який створює рідина на дно посудини, слід силу F, що діє на дно посудини, поділити на площу S дна:

$$p = \frac{F}{S}.$$

У цьому випадку сила F, яка створює тиск на дно посудини, — це вага P рідини. Оскільки рідина в посудині нерухома, то вага рідини дорівнює добутку маси m рідини на прискорення вільного падіння g:

$$F = P = mg\,.$$

Масу рідини визначимо через об'єм і густину рідини: $m = \rho V$; об'єм налитої в посудину рідини — через висоту h стовпа рідини та площу S дна посудини: $V = Sh$. Таким чином, масу рідини можна визначити за формулою:

$$m = \rho Sh\,.$$

Підставивши по черзі вирази для F і m у формулу тиску, отримаємо:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh\,.$$

Отже, маємо **формулу для визначення гідростатичного тиску** — *тиску, який чинить нерухома рідина:*

$$\boxed{p = \rho gh}$$

Як бачимо, *гідростатичний тиск залежить тільки від густини рідини та висоти стовпа рідини в посудині.*

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: медична гумова грілка з пробкою для приєднання трубки; прозора пластикова трубка.

Спробуйте провести дослід, схожий на той, що проводили в XVII ст. (див. рис. 30.1).

Заповніть грілку водою, під'єднайте трубку та покладіть грілку на дно ванни. Тримаючи трубку в руці, обережно натисніть на грілку однією ногою. Поступово збільшуйте тиск на грілку й уважно спостерігайте за рівнем води в трубці. Опишіть одержаний результат. Висуньте гіпотезу, чому отриманий вами результат, найімовірніше, не збігатиметься з результатом досліду, який проводили в XVII ст. Що слід змінити, щоб результати збіглися?





Підручник видавництва Ранок



Рис. 30.3. У 1648 р. Блез Паскаль розірвав бочку склянкою води

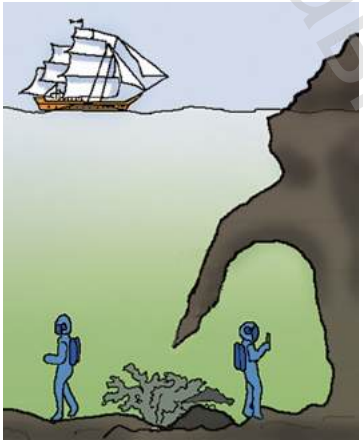


Рис. 30.4. Тиск води на водолазів є однаковим, — вони на одному рівні

2. Проводимо досліди, робимо висновки

Залежність гідростатичного тиску від висоти стовпа рідини вперше продемонстрував *Блез Паскаль*. Узявши бочку, до країв заповнену водою, дослідник герметично закрив її кришкою зі вставленою довгою тонкою трубкою. Піднявшись на балкон другого поверху будинку, Паскаль вилив у трубку лише одну склянку води. Вода заповнила всю трубку і створила на стінки та дно бочки настільки величезний тиск, що в бічних стінках бочки з'явилися щілини (рис. 30.3).

Зверніть увагу! За законом Паскаля, *тиск рідини передається в усіх напрямках*, тож за формулою $p = \rho g h$ можна також визначити *тиск*, який створює шар рідини висотою h *на будь-яке тіло, занурене в цю рідину*, а також *тиск на стінки посудини*.

Із закону Паскаля та формули гідростатичного тиску також випливає, що *тиск усередині нерухомої однорідної рідини на одному рівні є однаковим* (рівнем називають будь-яку горизонтальну поверхню).

Розгляньте рис. 30.4. Здавалося б, тиск води на дні підводної печери менший, аніж на дні відкритого моря. Проте якби це дійсно було так, унаслідок більшого тиску вода з моря ринула б до печери. Але цього не відбувається.

А ЯК НАСПРАВДІ?



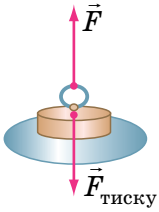
Дві блогерки посперечалися. Позиція однієї така. Рекордна глибина занурення аквалангіста — 300 м. Для її досягнення людина має дихати спеціальною сумішшю, адже звичайне повітря є отрутою за високого тиску. Тож морські тварини, які мають легені, не можуть занурюватися на таку глибину, бо їх ніхто не забезпечить сумішами. Інша блогерка заперечує це твердження, зазначивши, що кити здатні занурюватися на глибину до 2 км. Хто з них має рацію?

Видавництво «Ранок»

3. Учимося розв'язувати задачі

Задача. На дні басейну розташований круглий отвір, закритий пробкою радіусом 5 см. Яку силу потрібно прикласти до пробки, щоб витягти її з отвору, якщо висота води в басейні дорівнює 2 м? Масою пробки та силою тертя між пробкою й отвором знехтуйте.

Аналіз фізичної проблеми. Витягти пробку заважає сила тиску води в басейні. Сила $\vec{F}$, потрібна для витягання пробки з отвору, за значенням має бути не менша, ніж сила гідростатичного тиску води на пробку: $F = F_{\text{тиску}}$ (див. рисунок).



Дано:
$r = 5\ \text{см} = 0{,}05\ \text{м}$
$h = 2\ \text{м}$
$\rho = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
$g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

Знайти:
F — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання. За означенням тиску:

$$p = \frac{F_{\text{тиску}}}{S} \Rightarrow F_{\text{тиску}} = pS.$$

Тут $p = \rho g h$ — гідростатичний тиск; $S = \pi r^2$ — площа круга. Підставивши вирази для p і S у формулу для $F_{\text{тиску}}$, одержимо:

$$F_{\text{тиску}} = \rho g h \cdot \pi r^2.$$

$F = F_{\text{тиску}}$, тому $F = \rho g h \cdot \pi r^2$.

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$[F] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2 = \text{Н}; \quad F = 1000 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot (0{,}05)^2 = 157 \ (\text{Н}).$$

Відповідь: потрібно прикласти силу, не меншу ніж 157 Н.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На заставці до § 30 подано панораму міста Дубай (ОАЕ). Праворуч — один із найвищих готелів у світі «Бурдж-аль-Араб», висота якого 321 м. Ліворуч від нього бачимо «голку» — це Бурдж-Халіфа, найвища будівля у світі: її висота становить 828 м. Як забезпечити водою мешканців цих величезних споруд?

У звичайних багатоповерхівках вода подається в спеціальний резервуар на верхньому (технічному) поверсі, а звідти розподіляється по квартирах. Проте як вирішити цю проблему для будинку заввишки майже кілометр? Інженери-конструктори вбудували кілька технічних поверхів (сім — для Бурдж-Халіфи), кожен із яких постачає воду на нижчі рівні, а також є джерелом для подачі води на вищі технічні рівні.

Видавництво "Ранок"

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому причина тиску рідини? 2. За якою формулою обчислюють гідростатичний тиск? 3. Як змінюється тиск у рідині залежно від висоти стовпа рідини? від густини рідини? 4. Опишіть дослід Блеза Паскаля. 5. Чому тиск усередині нерухомої однорідної рідини на одному рівні є однаковим?

ВПРАВА № 30

1. Тиск води на дно посудини в точці A дорівнює 200 Па (рис. 1). Який тиск на дно створює вода в точці B? точці C?

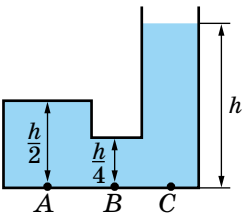


Рис. 1

2. Любитель фрідайвінгу занурився на глибину 100 м. Який гідростатичний тиск діяв на нього під час занурення?

3. Занурте палець у склянку з водою, не торкаючись дна. Чи змінилася сила тиску води на дно? Якщо змінилася, то як?

4. На якій глибині тиск у мастилі — 8 кПа?

5. У дві посудини до одного рівня налили однакову рідину (рис. 2). Порівняйте тиски та сили тисків на дно посудин.

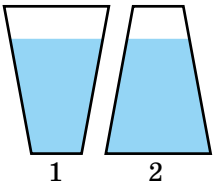


Рис. 2

6. Складіть і розв'яжіть задачу, обернену до задачі, розглянутої в § 30.

7. Наталка мешкає на третьому поверсі. Чи вдасться їй прийняти душ, якщо насос, який стоїть на першому поверсі, подає воду під тиском 80 кПа, висота одного поверху будинку — 2,8 м, а лійка душу розташована на висоті 2 м від підлоги?

8. Якою є маса дослідника (див. рис. 30.1), якщо площа дотику подушки й дошки — 800 см^2, а вода в трубці встановилася на висоті 1 м? Як, не нахиляючи трубку, вигнати воду назовні?

9. Визначте силу тиску на дно бочки (див. рис. 30.3), якщо висота води в трубці становить 4 м, а діаметр і висота бочки — 0,8 м. Визначте масу тіла, яке тиснутиме на дно бочки з такою силою.

10. Підготуйте повідомлення про гідростатичний тиск на глибинах, на які занурюються аквалангісти та водолази, опускаються батисфери, підводні човни та батискафи.

Ключові терміни

Гідростатичний тиск • Дослід Паскаля

ВИДАВНИЦТВО "ГЕНЕЗА"



rnk.com.ua/
106673

§ 31. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК І ЙОГО ВИМІРЮВАННЯ. БАРОМЕТРИ

Більшість із вас чули скарги дорослих на погане самопочуття: «Щось болить голова, напевно, знову погода змінюється!» Насправді зміна погоди зазвичай пов'язана зі зміною атмосферного тиску. А що таке атмосферний тиск? Як його вимірюють? Яке значення атмосферного тиску є нормальним? Відповіді ви знайдете в цьому параграфі.

1. Що ми знаємо про атмосферу?

Ви знаєте, що наша планета оточена повітряною оболонкою — *атмосферою* (з грец. — «пара» і «сфера») (рис. 31.1). Чому ж існує повітряна оболонка Землі?

Повітря, як і все інше, складається з молекул і атомів. *Молекули й атоми* мають масу, тому вони *притягуються до Землі* завдяки дії сили тяжіння.

Водночас молекули й атоми газів, що утворюють атмосферу, перебувають у неперервному хаотичному русі. Вони увесь час зіштовхуються, відскакують одне від одного, змінюють значення та напрямок швидкості свого руху... Тому частинки не падають на Землю, а перебувають у просторі біля неї.



Рис. 31.1. Атмосфера починається біля поверхні Землі й простягається в космічний простір приблизно на 100 км

2. Чи існують докази існування атмосферного тиску?

За підрахунками, атмосфера Землі має масу близько $5 \cdot 10^{18}$ кг. Під дією сили тяжіння верхні шари атмосфери тиснуть на її нижні шари, тому повітряний шар навколо поверхні Землі стиснутий найбільше і, згідно із законом Паскаля, створює тиск на поверхню Землі й на всі тіла поблизу неї. Це і є **атмосферний тиск** $(p_{\text{атм}})$.

Електронний варіант

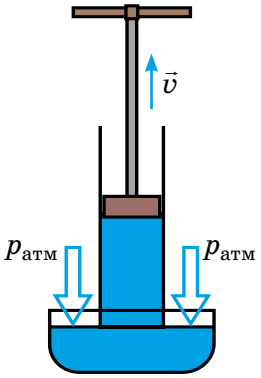


Рис. 31.2. Рідина підіймається за поршнем, тому що на вільну поверхню рідини в посудині тисне атмосфера

Завдяки атмосферному тиску існує всмоктування — підняття рідини за поршнем (у насосах, шприцах тощо) (рис. 31.2). Якщо підіймати поршень, то атмосферний тиск, діючи на вільну поверхню рідини в посудині, нагнітатиме рідину вгору, у порожнечу під поршнем. Ззовні все має такий вигляд, наче рідина підіймається за поршнем сама по собі.

Протягом тривалого часу підняття рідини за поршнем залишалось одним із доказів відомого принципу «природа боїться порожнечі», автором якого був *Аристотель*. Проте в середині XVII ст. під час спорудження фонтанів у Флоренції зіткнулися з незрозумілим — виявилося, що вода, яку всмоктують насоси, не підіймається вище за 10,3 м (рис. 31.3). *Ґалілео Ґалілей* запропонував розібратися в цьому своїм учням — *Еванджелісті Торрічеллі* (1608–1647) і *Вінченцо Вівіані* (1622–1703). Розв'язуючи цю проблему, Е. Торрічеллі вперше довів існування атмосферного тиску.

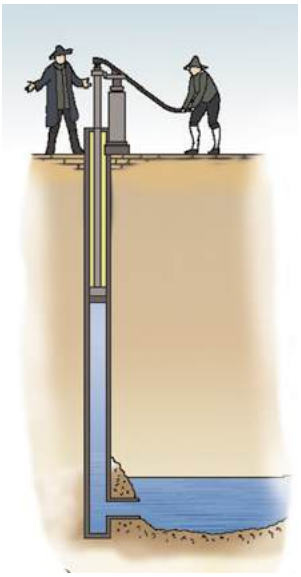


Рис. 31.3. У 1638 р. не вдалося прикрасити сади Флоренції фонтанами, оскільки вода не підіймалася вище за 10,3 м

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: чашка; пластикова пляшка; скляна банка; аркуші цупкого паперу.

Дослід краще проводити над раковиною. Заповніть водою чашку до країв і покладіть зверху аркуш. Увесь час притискаючи аркуш долонею, обережно переверніть чашку так, щоб папір опинився знизу. Приберіть руку. Вода залишиться в чашці!

Поясніть одержаний результат. Повторіть дослід з іншим посудом. З'ясуйте, чи залежить результат від розміру посуду. Які фактори впливають на успішність демонстрації?



Видавництво «Ранок»
Електронний варіант

3. Вимірюємо атмосферний тиск

Для зручності проведення дослідів Е. Торрічеллі замінив воду рідиною зі значно більшою густиною. Скляну трубку завдовжки близько метра, запаяну з одного кінця, він наповнив доверху ртуттю. Щільно закривши отвір, учений перевернув трубку, опустив її в чашу з ртуттю та відкрив отвір — частина рідини з трубки вилилася в чашу. У трубці залишився стовп ртуті приблизно 760 мм заввишки, а над ртуттю утворилася порожнеча (рис. 31.4).

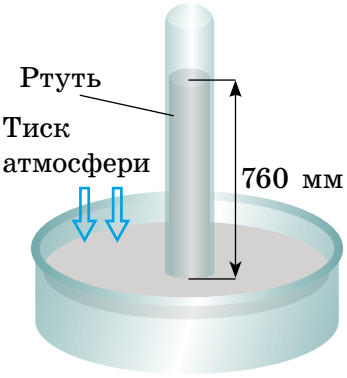


Рис. 31.4. Модель *трубки Торрічеллі*: висота h стовпа ртуті в трубці завжди становить близько 760 мм

Провівши численні досліди, Торрічеллі встановив: висота стовпа ртуті, що залишається в трубці, не залежить ані від довжини трубки, ані від її діаметра. Висота трохи змінюється тільки від погоди.

Учений пояснив, чим визначається саме така висота стовпа ртуті. Ртуть у трубці та чаші не рухається, і це означає, що *тиск на поверхню ртуті з боку атмосфери й гідростатичний тиск стовпа ртуті є однаковими*. Тобто тиск стовпа ртуті висотою 760 мм дорівнює атмосферному.

Тиск, який створює стовп ртуті висотою 760 мм, називають **нормальним атмосферним тиском**:

$$p_{\text{атм. н}} = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

У цьому випадку *за одиницю атмосферного тиску* прийнято **один міліметр ртутного стовпа** (1 мм рт. ст.).

Подамо *нормальний атмосферний тиск у* **паскалях**.

Гідростатичний тиск обчислюють за формулою $p = \rho g h$.

$\rho_{\text{рт}} = 13\,600$ кг/м^3, $g = 9{,}8$ Н/кг, $h = 0{,}76$ м, тому:

$$p_{\text{атм. н}} = \rho_{\text{рт}} g h = 13\,600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9{,}8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0{,}76 \text{ м} \approx 101{,}3 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \approx 100 \text{ кПа}.$$

Зверніть увагу: для переведення міліметрів ртутного стовпа (мм рт. ст.) в паскалі (Па) та навпаки слід брати $g = 9{,}8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

У фізиці й техніці також використовують *позасистемну одиницю атмосферного тиску* — **фізичну атмосферу** (1 атм):

$$1 \text{ атм} \approx 100 \text{ кПа}.$$

ВИДАВНИЦТВО «ГЕНЕЗА» ПІДРУЧНИК ОНЛАЙН

Застереження

Учені XVII ст. не знали, що парú ртуті є отрутою, тому часто контактували з ртуттю без захисту. Зараз виконувати роботи з ртуттю без індивідуального захисту заборонено. Популярні ртутні термометри поступово замінюють на *галінстанові*, в яких замість отруйної ртуті використовують безпечний сплав галію, індію та олова.

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...

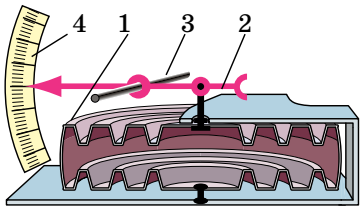


У XVII ст. максимальна висота фонтанів сягала 10 м. Знання законів фізики та розвиток техніки дозволили інженерам значно перевищити середньовічне досягнення.

На заставці до § 31 зображений найвідоміший у світі фонтан Же-До в Женеві (Швейцарія). Висота стовпа води в ньому сягає 147 м. Одночасно в повітрі перебуває приблизно 8 т води, насиченої повітрям. Саме це надає струменю початково білого кольору. А от різні кольори фонтану дає підсвічування. У XIX ст. фонтан регулював рівень води для гідротехнічних споруд. Згодом його перенесли ближче до центра міста та зробили однією з візитівок Женеви.



а



б

Рис. 31.5. Барометр-анероїд:
а — зовнішній вигляд;
б — будова

4. Навіщо було створено барометр-анероїд?

Якщо вдосконалити трубку Торрічеллі (див. рис. 31.4), приєднавши до неї вертикальну шкалу (лінійку), то отримаємо найпростіший барометр.

Барометр — *прилад для вимірювання атмосферного тиску.*

Дія барометра Торрічеллі заснована на тому, що стовп рідини припиняє підійматися (опускатися) в момент, коли гідростатичний тиск стовпа цієї рідини починає дорівнювати атмосферному тиску.

Барометр Торрічеллі є точним приладом, але великий розмір, отруйні пари ртуті та скляна трубка роблять його незручним для повсякденного використання. Тому сьогодні частіше застосовують **барометри-анероїди** — *прилади для вимірювання атмосферного тиску, які працюють без рідини* (рис. 31.5).

РУКОПИС ПІДРУЧНИКА ПЕРЕВІРЕНО

Головна частина барометра-анероїда — легка й пружна порожня металева коробочка *1* з гофрованою (ребристою) поверхнею. Повітря в коробочці перебуває за зниженого тиску. До стінки коробочки прикріплена стрілка *2*, насаджена на вісь *3*. Кінець стрілки пересувається по шкалі *4*, розміченій у міліметрах ртутного стовпчика або в паскалях. Усі деталі барометра розміщені в корпусі, закритому спереду склом.

Зміна атмосферного тиску зумовлює зміну сили, яка стискає стінки коробочки. Відповідно змінюється й вигин цих стінок, що спричиняє рух стрілки.

Барометри-анероїди зручніші у використанні, ніж ртутні прилади: вони легкі, компактні та безпечні.

А ЯК НАСПРАВДІ?



Андрій, Юля та Вітя обговорюють майбутні професії. «Я хотів би стати пілотом, — почав Віктор, — тому потрібно мати міцні знання та добру спортивну підготовку, яку здійснюють, зокрема, у барокамері». «Стривай, — заперечила Юля, — барокамера — це лікувальне обладнання в лікарнях, я планую стати лікаркою і точно це знаю». «Стоп, — долучається Андрій, — мабуть, ви щось наплутали: барокамера — це помічник водолазів для занурення на великі глибини». А як насправді?

5. Як залежить атмосферний тиск від погоди та висоти?

Спостерігаючи за показами барометра, можна дізнатися про зміну погоди. Зазвичай атмосферний тиск перед негодою падає, а перед сонячною погодою зростає.

Покази барометра залежать також від висоти місця спостереження над рівнем моря: *чим більша висота, тим меншим є атмосферний тиск*. Поблизу поверхні Землі через кожні 11 м висоти тиск меншає приблизно на 1 мм рт. ст.

Завдяки тому що атмосферний тиск залежить від висоти, барометр можна проградувати так, щоб за тиском повітря визначати висоту. Так було винайдено **альтиметр** — *прилад для вимірювання висоти* (рис. 31.6).



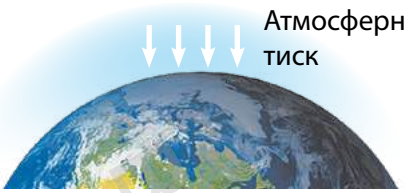
Рис. 31.6. Альтиметр на руці парашутиста

ВІДЕОМАТЕРІАЛИ ДЛЯ УРОКУ

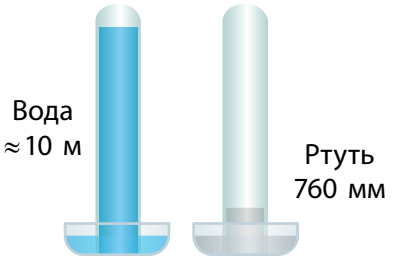
ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Через притягання Землі верхні шари її повітряної оболонки — *атмосфери* — тиснуть на нижні.

Атмосферний тиск — тиск повітря на поверхню Землі та на всі тіла поблизу неї.



Нормальний атмосферний тиск: $p_{атм}$ = 1 атм ≈ ≈ 100 000 Па



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке атмосфера й чому вона існує? 2. Чому існує атмосферний тиск? Які факти свідчать про його існування? 3. Опишіть будову та принцип дії ртутного барометра. 4. У яких одиницях вимірюють атмосферний тиск? 5. Опишіть конструкцію та принцип дії барометра-анероїда. Які переваги він має? 6. Чому за допомогою барометрів можна прогнозувати погоду та вимірювати висоту?

ВПРАВА № 31

1. Чи діє на рибок в акваріумі атмосферний тиск? Чому?
2. Чому воду можна втягувати через соломинку?
3. Чи можна розрахувати атмосферний тиск за формулою $p = \rho g h$, де ρ — густина повітря, а h — висота атмосфери?
4. Подайте тиск 1 мм рт. ст. у паскалях, а тиск 93 324 Па — у міліметрах ртутного стовпа.
5. Чому зі збільшенням висоти атмосферний тиск зменшується?
6. На якій висоті розташований оглядовий майданчик телевізійної вежі, якщо атмосферний тиск біля підніжжя вежі становить 760 мм рт. ст., а на висоті майданчика — 740 мм рт. ст.?
7. Підготуйте стисле повідомлення про роль атмосферного тиску в житті людей і тварин.

Ключові терміни

Атмосферний тиск • Атмосфера (одиниця тиску) • Барометр

Видавництво "Ранок"

rnk.com.ua/106676

§ 32. СПОЛУЧЕНІ ПОСУДИНИ. МАНОМЕТРИ

Щоранку, прокидаючись, ми поспішаємо вмитися. А чи знаєте ви, чому з крана біжить вода, коли ми його відкриваємо? А чому виливається вода з носика чайника, якщо його нахилити? І що спільного між водопроводом і чайником? Відповіді на ці та багато інших запитань ви матиме після вивчення цього параграфа.

1. Які властивості мають сполучені посудини?

Сполучені посудини — це посудини, з'єднані між собою так, що між ними може перетікати рідина.

Найпростіші сполучені посудини — це дві з'єднані трубки. Якщо в одну з трубок наливати воду, то вода перетікатиме в іншу. Коли рух води припиниться, вода в обох трубках (обох *колінах* сполучених посудин) установиться на одному рівні (рис. 32.1, *а*). Якщо нахиляти або підіймати одне з колін, то вода перетікатиме доти, доки рівні води в обох колінах не зрівняються (рис. 32.1, *б*).

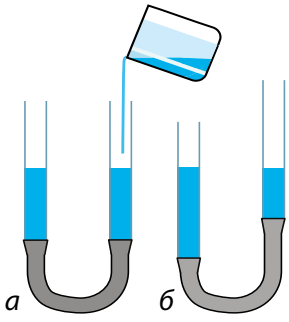


Рис. 32.1. У відкритих сполучених посудинах однорідна рідина встановлюється на одному рівні

Отже, ми виявили **основну властивість сполучених посудин:**

У відкритих сполучених посудинах вільні поверхні однорідної нерухомої рідини встановлюються на одному рівні.

Зверніть увагу! Вільні поверхні рідини встановлюються на одному рівні не лише у двох, але й у будь-якій кількості сполучених посудин — незалежно від того, яку форму вони мають і як розташовані в просторі (рис. 32.2).

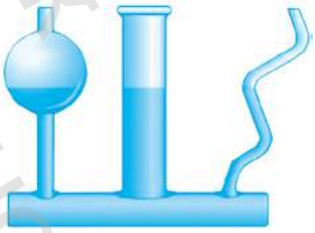


Рис. 32.2. Незалежно від форми відкритих сполучених посудин рівень рідини в них є однаковим

Видавничий центр «Ранок»

А от якщо в праве й ліве коліна сполучених посудин налити рідини, які не змішуються та мають різні густини, наприклад гас і воду, результат буде іншим.

Розглянемо рис. 32.3. На рівні CD тиск стовпчиків рідин у посудинах є однаковим:

$$p_C = p_D,$$

тобто $\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$, або:

$$\boxed{\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}}$$

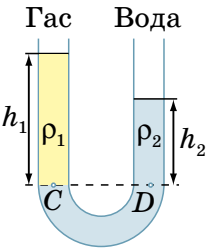


Рис. 32.3. У відкритих сполучених посудинах рівень рідини меншої густини встановлюється на більшій висоті ($\rho_1 < \rho_2$, $h_1 > h_2$)

Це друга **властивість сполучених посудин:**

У відкритих сполучених посудинах стовпчик нерухомої рідини меншої густини вищий, ніж стовпчик нерухомої рідини більшої густини.

Сполучені посудини широко застосовують у побуті, медицині, техніці тощо. Шлюзи, водогони, артезіанські колодязі, лійки, крапельниці — усе це приклади сполучених посудин.

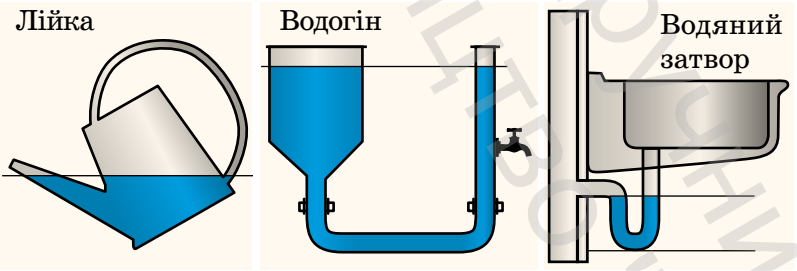


Рис. 32.4. Застосування сполучених посудин у побуті

Розгляньте рис. 32.4 і поясніть принцип дії пристроїв.



ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На заставці до § 32 подано найбільшу гідроелектростанцію у світі, яка розташована в Китаї та має назву «Три ущелини». Для забезпечення судноплавства було створено каскад *шлюзів* (на заставці праворуч). Прохід кораблів через каскад шлюзів — це досить тривалий процес. Щоб його прискорити, інженери впровадили унікальний ліфт, що може переміщати корабель разом із водою, в якій він плаває, усього за 40 хв. Корабель заходить у ліфт і виходить із нього завдяки основній властивості сполучених посудин.

Підручник відповідає чинній програмі

2. Як виготовити відкритий рідинний манометр?

На праве коліно U-подібної трубки, у яку налито рідину, надінемо гумову грушу й злегка її стиснемо. Стовпчик рідини в правому коліні трубки опуститься, а в лівому підніметься (рис. 32.5).

Визначимо тиск повітря $p_п$ у груші. На рівні AB тиск однаковий ($p_A = p_B$). У точці B — це тиск повітря $p_п$ в груші, у точці A — атмосферний тиск $p_{атм}$ плюс гідростатичний тиск стовпчика рідини висотою h. Отже, одержуємо:

$$p_п = p_{атм} + \rho gh.$$

Тож за допомогою U-*подібної трубки*, заповненої рідиною відомої густини ρ, і *лінійки* можна визначити, *на скільки тиск газу в груші відрізняється від атмосферного*. Подібний прилад має назву *відкритий рідинний манометр* (рис. 32.6).

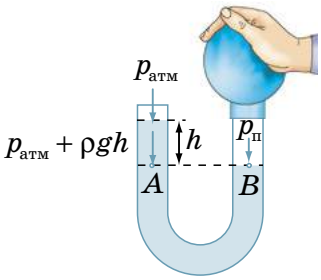


Рис. 32.5. Різниця тиску повітря $p_п$ й атмосферного тиску $p_{атм}$ компенсується тиском стовпчика рідини висотою h

Манометр — це прилад для вимірювання тиску рідин і газів.

Наприклад, припустимо, що на рис. 32.6, *б* манометр заповнений водою. Різниця рівнів води в колінах становить 10 см ($h = 0{,}1$ м). Отже, тиск газу в колбі менший від атмосферного тиску на 980 Па:

$$\rho_{води} gh = 1000 \frac{кг}{м^3} \cdot 9{,}8 \frac{Н}{кг} \cdot 0{,}1\ м = 980\ Па.$$

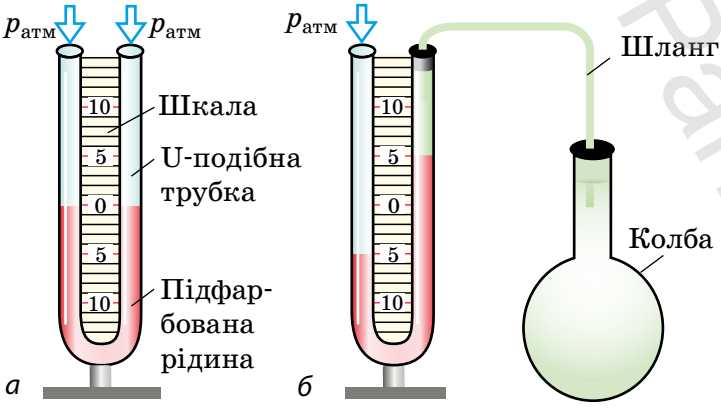


Рис. 32.6. U-подібна трубка, яка наповнена рідиною і має шкалу, — *відкритий рідинний манометр*: *а* — будова; *б* — вимірювання тиску газу в колбі

Видавництво "Ранок"

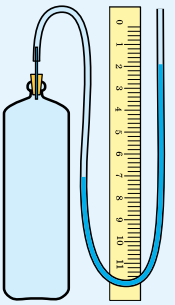
ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: порожня пластикова пляшка; прозора трубка; вода; лінійка; пластилін.

Розгляньте рисунок і сконструюйте манометр, який вимірюватиме різницю тисків в атмосфері та в пляшці.

1. З'ясуйте зміну тиску повітря в пляшці внаслідок зміни її об'єму; температури.

2. Запишіть зміни рівня води протягом тижня. Простежте взаємозв'язок зміни рівня води з погодою.



3. Як манометри використовують у техніці?

Рідинний манометр не завжди зручний у використанні: необхідно готувати його до вимірювань (наливати рідину до потрібного рівня), здійснювати обчислення. Тому в техніці використовують *металеві деформаційні манометри* (рис. 32.7).

Основний елемент металевого деформаційного манометра — гнучка дугоподібна трубка *1*, один кінець якої (*A*) є запаяним. Інший кінець трубки (*B*) сполучають із резервуаром, де потрібно виміряти тиск.

Якщо тиск газу всередині трубки більший за атмосферний, то гнучка трубка розпрямляється, а її рух передається через механізм *2* до стрілки *3*, що рухається вздовж шкали *4* приладу. Після зменшення тиску газу до атмосферного трубка повертається в початкове (недеформоване) положення, а стрілка зупиняється на позначці 0. Шкала металевого деформаційного манометра проградуйована в атмосферах або в паскалях.

Зверніть увагу! Металевий деформаційний манометр, як і рідинний, показує, *на скільки* вимірюваний тиск більший або менший, ніж атмосферний.

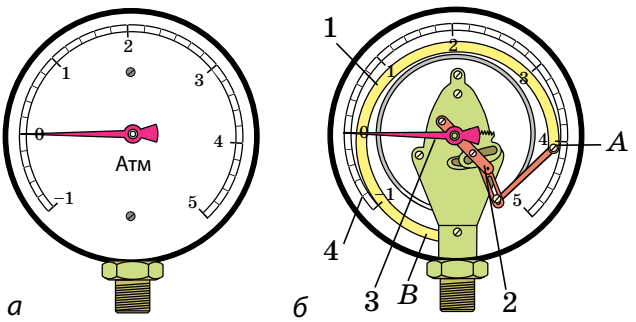
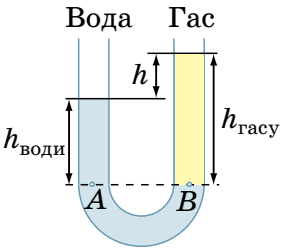


Рис. 32.7. Металевий деформаційний манометр: *а* — загальний вигляд; *б* — будова: трубку *1* за допомогою передавального механізму *2* з'єднано зі стрілкою *3*. Тиск визначають за шкалою *4*

Електронний підручник. Видавництво «Ранок»

4. Учимося розв'язувати задачі



■ **Задача.** У праве коліно відкритої U-подібної трубки, яка містила воду, налили шар гасу висотою 12,5 см (див. рисунок). Визначте різницю h рівнів води й гасу в правому та лівому колінах U-подібної трубки. Гас і вода не змішуються ■.

Аналіз фізичної проблеми. Для одержання відповіді слід знайти висоту стовпчика води ($h_{\text{води}}$). Скористаємося тим, що на рівні AB тиски є однаковими. Тиск на цьому рівні складається з атмосферного тиску та гідростатичного тиску відповідної рідини.

Для визначення гідростатичних тисків рідин необхідно знати густини рідин, які дістанемо з *таблиці густин*. Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Дано:

$h_{\text{гасу}} = 12{,}5 \text{ см} = 0{,}125 \text{ м}$

$\rho_{\text{води}} = 1000 \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$\rho_{\text{гасу}} = 800 \dfrac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Знайти:

h — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання. Знайдемо тиск у точках A і B:

$p_A = p_{\text{атм}} + \rho_{\text{води}} g h_{\text{води}}$; $p_B = p_{\text{атм}} + \rho_{\text{гасу}} g h_{\text{гасу}}$.

$p_A = p_B$, тому: $\rho_{\text{води}} g h_{\text{води}} = \rho_{\text{гасу}} g h_{\text{гасу}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow h_{\text{води}} = \frac{\rho_{\text{гасу}} g h_{\text{гасу}}}{\rho_{\text{води}} g} = \frac{\rho_{\text{гасу}} h_{\text{гасу}}}{\rho_{\text{води}}}.$$

$$\left[h_{\text{води}}\right] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \text{м}; \quad h_{\text{води}} = \frac{800 \cdot 0{,}125}{1000} = 0{,}1 \text{ (м)}.$$

Отже, різниця рівнів води й гасу в правому і лівому колінах трубки: $h = 12{,}5 \text{ см} - 10 \text{ см} = 2{,}5 \text{ см}$.

Відповідь: $h = 2{,}5$ см.

А ЯК НАСПРАВДІ?



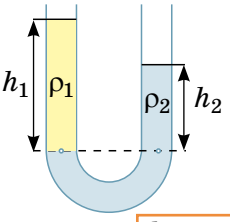
Усі океани й майже всі моря Землі з'єднані між собою. Тож природно розглядати океани як гігантські сполучені посудини та дійти висновку, що рівень води всюди однаковий. Але що робити з явищем припливів і відливів? Так, в Одесі рівень моря завжди однаковий. А ось у бельгійському містечку Остенде на березі Північного моря вода в певні години відступає на сотні метрів. Можливо, в Україні та Бельгії діють різні закони фізики? А як насправді?

Видавництво "Ранок" Електронний підручник

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

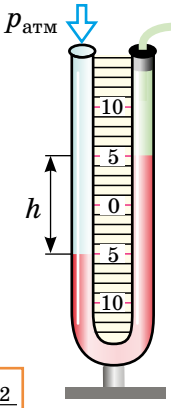
Сполучені посудини — це посудини, з'єднані між собою так, що між ними може перетікати рідина.

У відкритих сполучених посудинах вільні поверхні однорідної нерухомої рідини встановлюються на одному рівні



Якщо $\rho_1 < \rho_2$, то $h_1 > h_2$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$



За **манометром** (рідинним, металевим) можна визначити, на скільки тиск у газі більший або менший, ніж атмосферний тиск

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть приклади сполучених посудин. 2. Сформулюйте властивості сполучених посудин. 3. Що таке манометр? 4. Як працює відкритий рідинний манометр? 5. Опишіть будову та принцип дії металевого деформаційного манометра.

ВПРАВА № 32

1. Ліве коліно манометра відкрите в атмосферу (рис. 1). Який тиск більший — атмосферний чи в балоні? На скільки?

2. У деяких храмах Стародавньої Греції була так звана «невичерпна чаша» (рис. 2). Поясніть за рисунком, як працювало це «диво».

3. Яким є тиск газу в колбі B (рис. 3), якщо тиск газу в колбі A дорівнює 100 гПа?

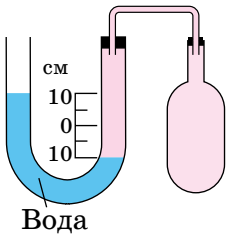


Рис. 1

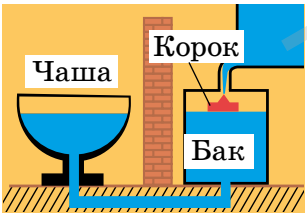


Рис. 2

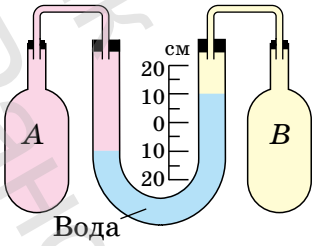


Рис. 3

Ключові терміни

Сполучені посудини • Манометр

Видавництво "Ранок"



§ 33. ГІДРАВЛІЧНІ ТА ПНЕВМАТИЧНІ ПРИСТРОЇ

Напевно, ви бачили невеличку річку, на якій побудована гребля та створено водосховище. Рівень води до та після греблі може відрізнятися на кілька метрів, а от на великій річці ця різниця може сягати й сотень метрів. Як тоді забезпечити судноплавство? Запропонувати кораблям «стрибати» з греблі?

ПИТАННЯ ДЛЯ ОБГОВОРЕННЯ. На рис. 33.1 схематично зображено гідротехнічну споруду. Висловіть припущення щодо її призначення та принципу роботи.

1. Як кораблі долають греблі?

Для вирішення проблеми винайшли *шлюз*.

Судноплавний шлюз — гідротехнічна споруда для забезпечення переходу судна на плаву з однієї водойми в іншу з різними рівнями води.

Найпростіший судноплавний шлюз — це «коридор без стелі», що з'єднує обидві сторони греблі та обладнаний воротами. Розміри «коридору» досить великі, що дозволяє суднам увійти всередину.

Як працює шлюз? За своєю суттю шлюз — це система сполучених посудин. Розглянемо *процес підняття корабля у водосховище* (рис. 33.1).

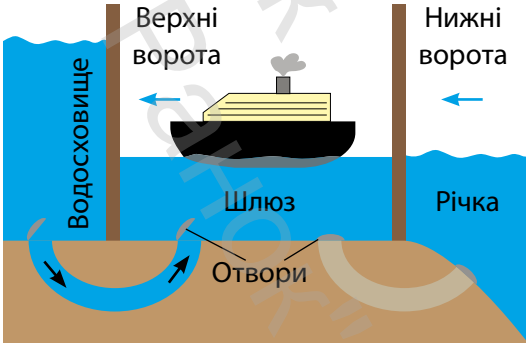


Рис. 33.1. Схематичне зображення шлюзу

Підручник видавництва "Ранок"

Спочатку судно повільно підходить до зачинених нижніх воріт шлюзу. Якщо рівень води в шлюзі однаковий із рівнем води біля корабля в річці (як показано на рис. 33.1), нижні ворота відчиняються, судно входить у шлюз і нижні ворота зачиняються. Після цього поряд із верхніми воротами відкривається отвір і вода поступово заповнює шлюз. Коли рівень води в шлюзі вирівнюється з рівнем води у водосховищі, верхні ворота відчиняються і корабель повільно виходить зі шлюзу. Дії для спуску корабля виконуються у зворотному порядку (у такому разі відчинятиметься отвір біля нижніх воріт).

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



На заставці до § 33 зображено корабель, що прямує *Панамським каналом*. Цей канал — одна з найбільших гідротехнічних споруд у світі. Довжину каналу скорочено завдяки водоймам, зокрема великому озеру Ґатун. Рівень води в озері майже на 26 м вищий за рівень води у Світовому океані, що вимагало створення шлюзів як з боку Тихого, так і з боку Атлантичного океанів. Розміри шлюзів величезні, проте судна завдовжки понад 300 м не можуть пройти через Панамський канал. Це спричинило встановлення стандарту світового судноплавства, відомого як «Панамакс».

2. Як підняти автомобіль однією рукою?

У виготовленні деталей для механізмів, у процесах виробництва олії, пресування фанери тощо застосовують гідравлічний прес.

Гідравлічний прес — це найпростіша гідравлічна машина, призначена для створення великих сил тиску.

Гідравлічний прес складається з двох сполучених між собою циліндрів різного діаметра, які заповнені робочою рідиною (частіше мастилом) і закриті рухомими поршнями (рис. 33.2, *а*).

Якщо до поршня меншого циліндра прикласти силу $\vec{F}_1$ (рис. 33.2, *б*), то ця сила створить на поверхню рідини певний додатковий тиск p:

$$p = \frac{F_1}{S_1}, \text{ де } S_1 \text{ — площа меншого поршня.}$$

Згідно із законом Паскаля цей додатковий тиск передаватиметься в усі точки рідини, яка заповнює сполучені циліндри. Отже, рідина

ВИДАВНИЦТВО «РАНОК»

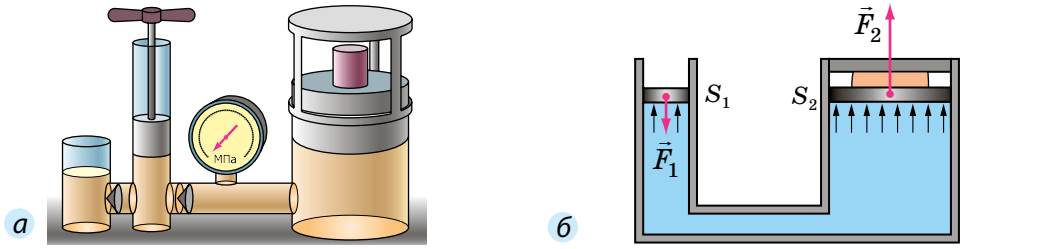


Рис. 33.2. Гідравлічний прес: *а* — загальний вигляд; *б* — принцип дії. Гідравлічний прес дає змогу одержати виграш у силі: *діючи* на малий поршень із площею S_1 *меншою силою* F_1, можна *стискати* (пресувати) тіло, розташоване над поршнем із площею S_2, *більшою силою* F_2

почне тиснути на поршень більшого циліндра з певною силою $\vec{F}_2$: $F_2 = pS_2$, де S_2 — площа більшого поршня; p — додатковий тиск.

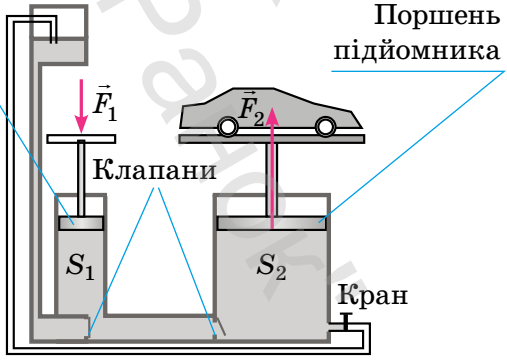
Оскільки $p = \frac{F_1}{S_1}$, то маємо: $F_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2 = F_1 \cdot \frac{S_2}{S_1}$, або $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$.

Сила F_2, яка діє з боку рідини на великий поршень, є більшою за силу F_1, яка діє на малий поршень, у стільки разів, у скільки площа S_2 великого поршня більша за площу S_1 малого: $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$.

Гідравлічний прес дозволяє одержати значний *виграш у силі: чим більше різнитимуться між собою площі поршнів, тим більший виграш у силі матимемо.* За таким принципом працюють й інші гідравлічні пристрої: гідравлічний підйомник, гідравлічне гальмо, яке дозволяє зупинити автомобіль, приклавши незначну силу тиску ноги, тощо.



Гідравлічний підйомник дозволяє, приклавши невелику силу, підняти важкий автомобіль. Спробуйте розібратися за рисунком, як працює гідравлічний підйомник. Поміркуйте, яка функція клапанів.



Підручник "Ранок" Видавництво

А ЯК НАСПРАВДІ?



Природні алмази утворюються на глибині сотень кілометрів під впливом тиску в мільйони кілопаскалів і за температури вище 1000 °С. Ученим вдалося відтворити природний процес утворення алмазів за допомогою використання суперпресів у поєднанні з нагріванням до високих температур. Виробництво штучних алмазів зараз реалізується на промисловому рівні. Крім того, нібито існує технологія, яка дозволяє отримувати якісні алмази за низького тиску. Як ви думаєте, чи є це правдою?

3. Які гідравлічні та пневматичні пристрої ви знаєте?



Рис. 33.3. Гідравлічні пристрої допомагають «розкрити» крила сучасного літака та сприяють швидшому гальмуванню під час посадки

Для керування першими літаками вистачало лише м'язової сили пілота. У сучасних літаках навіть казковому велетню не вистачило б довжини рук та сили м'язів, щоб зупинити літак після приземлення, випустити або сховати шасі. Сучасний пілот робить це дотиком пальця завдяки *гідравлічним пристроям* (рис. 33.3). Без допомоги таких пристроїв не може працювати й будь-яка дорожня техніка, зокрема екскаватори, самоскиди, бульдозери.

Аби полум'я не згасло, людина вдихає повітря та дмухає на вугілля. У такий спосіб легені виконують функцію, подібну до роботи *пневматичного* пристрою (від грец. *pneumaticos* — повітряний, дихальний).

Аерозольний балончик із фарбою або дозатор у флаконі з антисептиком слугують прикладами *пневматичних пристроїв*. У промисловості використовують фарбопульти, що під'єднані до лінії, яка подає повітря під високим тиском до пультів (рис. 33.4).



Рис. 33.4. Промислове фарбування сталевих конструкцій за допомогою фарбопульта

ДОСЛІДЖЕННЯ

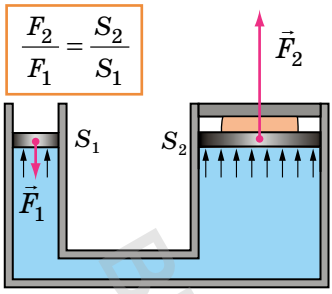
Знайдіть у домашньому господарстві вашої родини щонайменше 5 різних гідравлічних і пневматичних пристроїв. Поясніть, як вони працюють.

ВИКЛЮЧНО ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

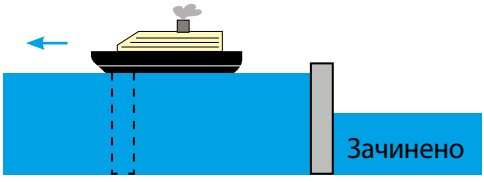
Дія гідравлічної машини базується на властивості рідин передавати тиск однаково в усіх напрямках.

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$



Гідравлічний прес — це гідравлічна машина, яку використовують для створення великих сил тиску.

Принцип дії шлюзів заснований на властивості рідини в сполучених посудинах установлюватися на одному рівні.

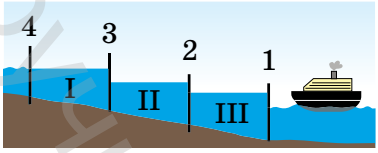


КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Доведіть, що властивість рідин і газів передавати тиск в усіх напрямках має неабияке значення в нашому житті. **2.** Що таке гідравлічний прес і де його застосовують? **3.** Для чого призначений і як працює шлюз?

ВПРАВА № 33

1. Уявіть, що ви оператор шлюзу. Складіть систему команд для переведення судна через камери шлюзу. Дозволяється використовувати команди: відчинити (зачинити) ворота (1, 2, 3, 4); спустити воду з камери (I, II, III); запустити воду в камеру (I, II, III); перейти в камеру (I, II, III).



2. Площа малого поршня гідравлічної машини становить 15 см^2, а великого — 3 дм^2. Визначте максимальну масу вантажу, який можна підняти, приклавши до малого поршня силу 200 Н.

3. Під дією сили 300 Н малий поршень гідравлічної машини опустився на 4 см, а великий поршень піднявся на 1 см. Визначте силу, яка діяла на великий поршень.

4. Дізнайтеся, як працюють деякі гідравлічні пристрої (гідравлічна система гальмування автомобіля, гідравлічні ножиці тощо).

Ключові терміни

Гідравлічні пристрої • Пневматичні пристрої • Шлюз

Видавництво «Підручники і посібники»

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 3

Частина 4 «Тиск твердих тіл, рідин і газів»

1. Ви дізналися про фізичну величину — *тиск*.

ФІЗИЧНА ВЕЛИЧИНА — ТИСК				
Що характеризує	Формула	Одиниця в СІ	Способи вимірювання	Особливості
Результат дії сили	$p = \frac{F}{S}$ F — сила, що діє перпендикулярно до поверхні; S — площа поверхні	Па (паскаль) $1\ \text{Па} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$	• За силою та площею. • Манометр (тиск газів і рідин). • Барометр (атмосферний тиск)	Гідростатичний тиск визначають за формулою: $p_{\text{атм}} = \rho g h$

2. Ви дізналися про *закон Паскаля*, довели наявність *атмосферного тиску*.



3. Ви встановили залежність тиску p (твердих тіл; рідин; газів) від інших фізичних величин: сили F, площі опори S, висоти h.

Тиск твердих тіл	Якщо $F \uparrow$, то $p \uparrow$
	Якщо $S \uparrow$, то $p \downarrow$
Атмосферний тиск	Якщо $h \uparrow$, то $p_{\text{атм}} \downarrow$
Гідростатичний тиск	Якщо $h \uparrow$, то $p_{\text{гідр}} \uparrow$

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК" Підручник

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Частина 4 «Тиск твердих тіл, рідин і газів»

rnk.com.ua/106678

У завданнях 1–5 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(1 бал)* Для вимірювання атмосферного тиску використовують:
а) ареометр; б) динамометр; в) барометр; г) манометр.

2. *(1 бал)* Тиск рідини в посудині:
а) однаковий у всіх точках;
б) зростає зі збільшенням глибини;
в) зменшується зі збільшенням глибини;
г) зростає зі зменшенням густини рідини.

3. *(2 бали)* За допомогою ручної помпи хлопчик накачав шини велосипеда. Тиск повітря в шинах збільшився внаслідок:
а) збільшення об'єму шин;
б) збільшення маси повітря в шинах;
в) зменшення густини повітря в шинах;
г) зменшення швидкості руху молекул повітря всередині шин.

4. *(2 бали)* Заміна коліс на гусениці дозволяє значно підвищити прохідність трактора. Це відбувається внаслідок:
а) збільшення потужності двигуна;
б) збільшення маси трактора;
в) зменшення тиску трактора на ґрунт;
г) збільшення швидкості руху трактора.

5. *(2 бали)* На горизонтальній поверхні стола розташовані три суцільні кубики однакового розміру: мідний, алюмінієвий і чавунний. Який кубик створює на стіл найбільший тиск?
а) мідний;
б) алюмінієвий;
в) чавунний;
г) тиск усіх кубиків є однаковим.

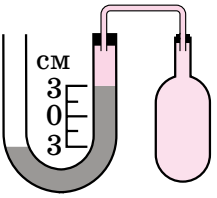
6. *(3 бали)* Який тиск створює вістря цвяха на дошку, якщо площа вістря цвяха — 0,6 мм^2, а сила, з якою він діє на дошку, дорівнює 30 Н?

7. *(3 бали)* Визначте, на якій глибині тиск у водоймі дорівнює 250 кПа. Вважайте, що атмосферний тиск становить 100 кПа.

8. *(4 бали)* Подайте в міліметрах ртутного стовпа тиск 136 кПа.

Підручник України
Видавництво Ранок

9. *(6 балів)* Припустимо, що в рідинний манометр налито рідину з густиною 1300 кг/м^3 (див. рисунок). Праве коліно манометра з'єднане з газовим балоном, а ліве відкрите в атмосферу. Яким є тиск у балоні, якщо атмосферний тиск дорівнює 750 мм рт. ст.? Відповідь дайте в кілопаскалях.



Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 2. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Життя і досягнення Блеза Паскаля.
2. Демонстрація сили тиску атмосферного повітря: дивовижний дослід бургомістра Маґдебурґа Отто фон Ґеріке.
3. Гідравлічні машини.
4. Гальма автомобіля як гідравлічна машина.
5. Склад атмосфери й атмосферний тиск на планетах Сонячної системи.

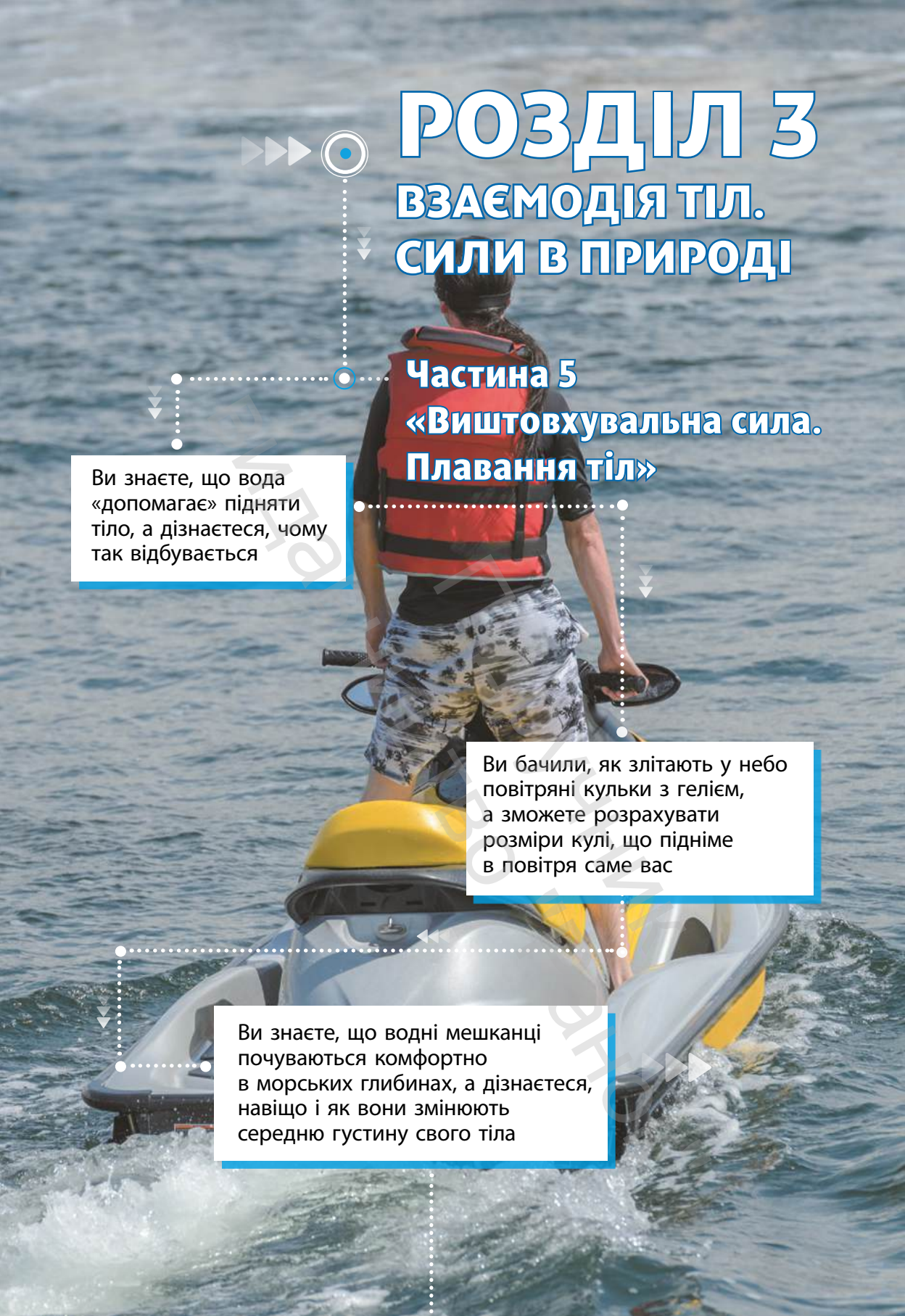
ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Створення моделі фонтана й демонстрація його дії.
2. Створення моделі «Барометр для рибалок».
3. Створення пристрою для демонстрації залежності гідростатичного тиску рідини від глибини занурення.
4. Проведення низки дослідів для демонстрації атмосферного тиску.

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Повітряна оболонка Землі. Атмосферний тиск і його застосування. Вплив атмосферного тиску на самопочуття людини.
2. Гідравлічні машини та механізми: гальма автомобіля, помпи, амортизатори тощо.
3. Фонтани: природні та штучні.

Видавництво «Ранок» Електронний підручник



РОЗДІЛ 3
ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛИ В ПРИРОДІ

Частина 5 «Виштовхувальна сила. Плавання тіл»

Ви знаєте, що вода «допомагає» підняти тіло, а дізнаєтеся, чому так відбувається

Ви бачили, як злітають у небо повітряні кульки з гелієм, а зможете розрахувати розміри кулі, що підніме в повітря саме вас

Ви знаєте, що водні мешканці почуваються комфортно в морських глибинах, а дізнаєтеся, навіщо і як вони змінюють середню густину свого тіла



rnk.com.ua/
106679

§ 34. ВИШТОВХУВАЛЬНА СИЛА В РІДИНАХ І ГАЗАХ. ЗАКОН АРХІМЕДА

Чому м'яч, який занурили у воду й відпустили, вискакує над поверхнею води? Чому важкий камінь, який на суходолі не можна посунути з місця, легко підняти під водою? Чому корабель, що сів на мілину, не може самотужки зрушити з місця? Спробуємо розібратися!

1. Чому тіла у воді здаються легкими?

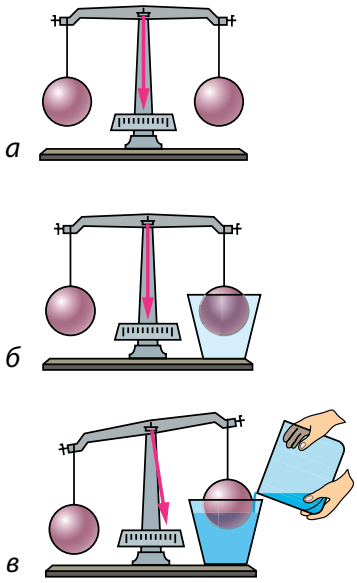


Рис. 34.1. У воді на кулю діє сила, напрямлена вгору

Підвісимо до коромисла терезів дві однакові кулі. Маси куль є рівними, отже, терези будуть зрівноважені (рис. 34.1, *а*). Підставимо під праву кулю порожню посудину (рис. 34.1, *б*). Наллємо в посудину воду й побачимо, що рівновага терезів порушилася (рис. 34.1, *в*), — якась сила намагається виштовхнути кулю з води. Звідки береться ця сила? Щоб розібратися, розглянемо занурений у рідину кубик. На нього з усіх боків діють сили гідростатичного тиску рідини (рис. 34.2).

Сили гідростатичного тиску $\vec{F}_3$ і $\vec{F}_4$, що діють на бічні грані кубика, є протилежними за напрямком і рівними за значенням, оскільки площі бічних граней однакові й ці грані розташовані на однаковій глибині. Такі сили зрівноважують одна одну.

ВІДЕОМАТЕРІАЛ

А от сили гідростатичного тиску $\vec{F}_1$ і $\vec{F}_2$, що відповідно діють на верхню та нижню грані кубика, одна одну не зрівноважують.

На верхню грань кубика діє сила тиску $\vec{F}_1$:

$$F_1 = p_1 S = \rho_{\text{рід}} g h_1 S,$$

де $p_1 = \rho_{\text{рід}} g h_1$ — гідростатичний тиск рідини; S — площа грані.

На нижню грань кубика діє сила тиску $\vec{F}_2$:

$$F_2 = p_2 S = \rho_{\text{рід}} g h_2 S.$$

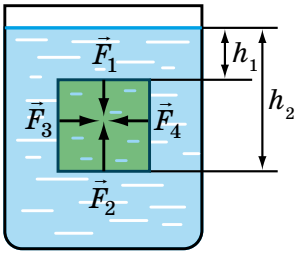


Рис. 34.2. Сила тиску $\vec{F}_2$, яка діє на нижню грань кубика, більша за силу тиску $\vec{F}_1$, що діє на верхню грань $(F_2 > F_1)$

Нижня грань перебуває на більшій глибині, ніж верхня $(h_2 > h_1)$, тому сила тиску F_2 більша за силу тиску F_1. Рівнодійна цих сил напрямлена в бік дії більшої сили, тобто вертикально вгору.

На кубик, занурений у рідину, вертикально вгору діє сила, зумовлена різницею тисків на його нижню та верхню грані, — **виштовхувальна сила:**

$$F_{\text{вишт}} = F_2 - F_1.$$

На тіло, розташоване в газі, також діє виштовхувальна сила, але вона значно менша від виштовхувальної сили, що діє на те саме тіло в рідині, адже густина газу набагато менша від густини рідини.

Виштовхувальну силу, що діє на тіло в рідині або в газі, називають також **архімедовою силою** (на честь давньогрецького вченого *Архімеда* (бл. 287–212 рр. до н. е.), який першим звернув увагу на її існування та визначив її значення).

ДОСЛІДЖЕННЯ

Що знадобиться: скляна посудина з прозорими стінками; газована вода; кілька родзинок.

Наповніть посудину газованою водою. Киньте родзинки у воду. Ви побачите, як родзинки спочатку тонуть, а за деякий час підіймаються на поверхню. Потім процес повторюється.

Поясніть, чому родзинки спливають. Які сили на них діють? Чи можете ви пояснити, чому родзинки рухаються вгору та вниз? Якщо ні, поверніться до цього питання після опрацювання § 35.



Підручник відповідає чинній програмі

2. Як розрахувати архімедову силу?

Отримаємо формулу для визначення архімедової (виштовхувальної) сили для кубика, повністю зануреного в рідину (рис. 34.3):

$$F_{\text{арх}} = F_2 - F_1,$$

де $F_1 = \rho_{\text{рід}} g h_1 S$ — сила тиску рідини на верхню грань кубика; $F_2 = \rho_{\text{рід}} g h_2 S$ — сила тиску рідини на нижню грань кубика. Отже:

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід}} g h_2 S - \rho_{\text{рід}} g h_1 S = \rho_{\text{рід}} g S (h_2 - h_1).$$

$h_2 - h_1$ — це висота h кубика, $S \cdot h$ — це об'єм V кубика. Тож маємо формулу для розрахунку архімедової сили:

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід}} g V$$

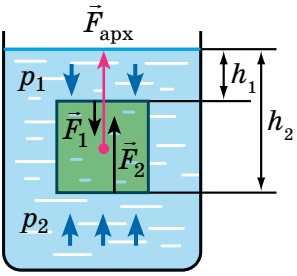


Рис. 34.3. Архімедова сила дорівнює різниці сил тисків рідини на нижню та верхню грані кубика: $\vec{F}_{\text{арх}} = \vec{F}_2 - \vec{F}_1$

Тут $\rho_{\text{рід}} V$ — це маса рідини в об'ємі кубика, тобто маса рідини, об'єм якої дорівнює об'єму кубика. Оскільки $\rho_{\text{рід}} V = m_{\text{рід}}$, то

$$F_{\text{арх}} = m_{\text{рід}} g = P_{\text{рід}}.$$

Архімедова сила дорівнює вазі рідини в об'ємі кубика: $F_{\text{арх}} = P_{\text{рід}}$.

Одержаний результат справджується для тіла будь-якої форми й у випадках, коли тіло занурене в рідину частково, — лише потрібно брати *об'єм зануреної в рідину частини тіла*. Крім того, результат справджується й для газів.

А тепер сформулюємо **закон Архімеда:**

> На тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини або газу в об'ємі зануреної частини тіла:

$$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{рід (газу)}} g V_{\text{зан}},$$

де $F_{\text{арх}}$ — архімедова сила; $\rho_{\text{рід (газу)}}$ — густина рідини або газу; $V_{\text{зан}}$ — об'єм зануреної частини тіла.

Архімедова сила прикладена до центра зануреної частини тіла та напрямлена вертикально вгору (рис. 34.4).

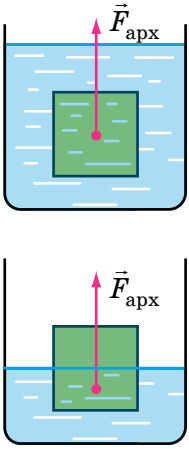


Рис. 34.4. Точка прикладання та напрямок дії архімедової сили

Електронний варіант підручника



Рис. 34.5. Найбільша тварина на нашій планеті — кит, маса якого може сягати 150 т, а довжина — 35 м

3. Чи завжди на тіло, занурене в рідину, діє архімедова сила?

У воді ви можете легко підняти, наприклад, друга чи подругу, хоча сильнішими не стаєте. Здається, що у воді тіло «втрачає» частину своєї ваги. Але *втрати ваги тіла в рідині не відбувається*, адже в будь-якому разі тіло тисне на опору — рідину.

Коли тіло плаває, його вага розподіляється на воду, що оточує всю поверхню тіла. Тому під час плавання вам здається, що ви втратили вагу. Такі комфортні умови підтримування важкого тіла зумовили те, що внаслідок еволюції наймасивніші істоти на Землі мешкають в океані (рис. 34.5).

Саме архімедова сила допомагає підіймати у воді важкі предмети, адже частина сили тяжіння, що діє на ці тіла, зрівноважується не силою наших рук, а виштовхувальною силою.

Однак є випадки, коли вода не допомагає підняти тіло, а, навпаки, заважає. Це буває, коли тіло лежить на дні й щільно до нього прилягає. Вода не може потрапити під нижню поверхню тіла й допомогти своїм тиском підняти його.

Щоб відірвати тіло від дна, треба подолати силу тяжіння, яка діє на тіло, а також силу тиску води на верхню поверхню тіла (рис. 34.6). Це явище може призвести й до трагедії: якщо підводний човен опуститься на глинисте дно й витіснить із-під себе воду, самотужки спливти він не зможе.

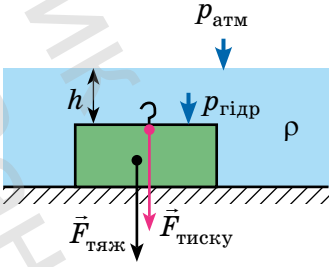


Рис. 34.6. На тіло, яке щільно прилягає до дна, архімедова сила не діє, натомість додатково діє сила тиску: $F_{тиску}=pS$, де $p=p_{атм}+\rho gh$

Видавництво «Ранок»

А ЯК НАСПРАВДІ?



Незвичайна подорож на стратостаті! Американська компанія пропонує комфортні польоти майже в космос. Дванадцять щасливчиків стануть пасажирами герметичної гондоли, у якій можна перебувати без скафандрів. Апарат підніметься на висоту приблизно 30 км, а тривалість подорожі становитиме 6 год. Квиток коштує 125 тис. доларів. Усі квитки на наступний рік уже розпродано. Як ви вважаєте, чи є це правдою?

4. Учимося розв'язувати задачі

■ **Задача.** Суцільний алюмінієвий брусок масою 540 г повністю занурений у воду й не торкається дна та стінок посудини. Визначте архімедову силу, що діє на брусок. ■

Аналіз фізичної проблеми. Для обчислення архімедової сили потрібно знати густину води та об'єм бруска. Об'єм бруска визначимо за його масою та густиною. Густини води та алюмінію дізнаємось із таблиць густин. Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Дано:

$m = 540$ г $= 0{,}54$ кг

$\rho_{ал} = 2700 \frac{кг}{м^3}$

$\rho_{води} = 1000 \frac{кг}{м^3}$

$g = 10 \frac{Н}{кг}$

Знайти:

$F_{арх}$ — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання.

За законом Архімеда: $F_{арх} = \rho_{води} g V_{бр}$.

З означення густини:

$$\rho_{ал} = \frac{m}{V_{бр}} \Rightarrow V_{бр} = \frac{m}{\rho_{ал}}.$$

Підставимо одержаний вираз у формулу для розрахунку архімедової сили:

$$F_{арх} = \frac{\rho_{води} g m}{\rho_{ал}}.$$

Перевіримо одиницю, знайдемо значення шуканої величини:

$$\left[F_{арх}\right] = \frac{\frac{кг}{м^3} \cdot \frac{Н}{кг} \cdot кг}{\frac{кг}{м^3}} = Н; \quad F_{арх} = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 0{,}54}{2700} = 2 \ (Н).$$

Відповідь: $F_{арх} = 2$ Н.

Видавництво "Ранок"

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Батискаф — глибоководний апарат для досліджень на великій морській глибині, оснащений механізмами для самостійного пересування під водою. У 1960 р. батискаф «Трієст» установив рекорд, занурившись на майже 11 км у найглибше місце Світового океану — Маріанську западину. Повторне занурення в Маріанську западину відбулося лише за 52 роки на батискафі «Deepsea Challenger» (див. заставку до § 34). Завдяки передовим технологіям його розміри значно зменшились, а можливість перебування на глибині зросла. Рекордні дослідження тривають!

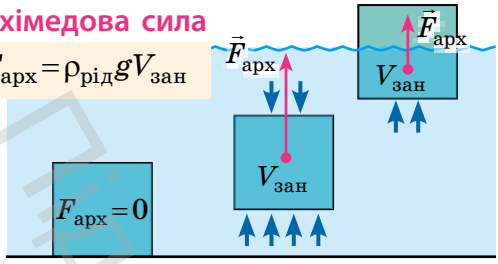
ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Закон Архімеда:

На тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини або газу в об'ємі зануреної частини тіла.

Архімедова сила

$$F_{арх} = \rho_{рід} g V_{зан}$$



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Куди напрямлена сила, яка діє з боку рідини або газу на тіло, що в них занурене? 2. Що є причиною виникнення виштовхувальної (архімедової) сили? 3. Сформулюйте закон Архімеда. 4. Чи втрачає вагу тіло, занурене в рідину або газ? Чому? 5. У яких випадках на тіло, занурене в рідину, не діє виштовхувальна сила? Чому?

ВПРАВА № 34

1. Щоб відірвати підводний човен від глинистого дна, водолази прокопують під ним тунелі. Для чого вони це роблять?

2. Сталева куля об'ємом 400 см^3 занурена в гас. Визначте архімедову силу, що діє на кулю.

3. На кулю, повністю занурену в ртуть, діє архімедова сила 136 Н. Визначте об'єм кулі.

Видавництво "Ранок" Підручник

4. Порівняйте виштовхувальні сили, що діють на суцільні кульки у випадках: а) однакові залізні кульки в посудині з водою (рис. 1); б) однакові залізні кульки в посудинах із різними рідинами (рис. 2); в) різні за розміром залізні кульки в посудині з водою (рис. 3); г) однакові за розміром кульки з різних матеріалів у посудині з водою (рис. 4).

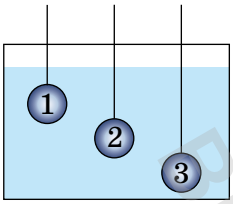


Рис. 1

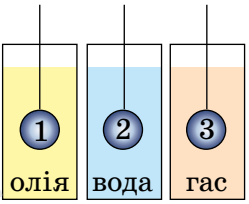


Рис. 2

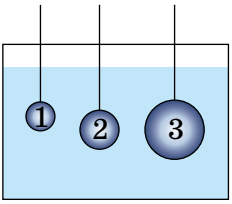


Рис. 3

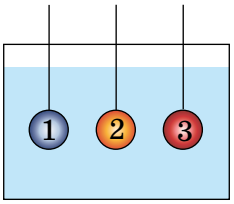


Рис. 4

5. Алюмінієвий брусок масою 2,7 кг частково занурений у воду. На брусок діє архімедова сила 2,5 Н. Яка частина бруска занурена у воду?

6. Яким буде показ динамометра, якщо підвішений до нього тягар масою 1,6 кг і об'ємом 1000 $см^3$ занурити у воду?

7. Якщо підвішений до динамометра брусок занурюють у воду, динамометр показує 34 Н, а якщо цей брусок занурюють у гас, динамометр показує 38 Н. Визначте масу та густину бруска.

8. Чи діють на штучному супутнику Землі закон Паскаля і закон Архімеда?

9. На сталевому тросі, жорсткість якого становить 3 МН/м, рівномірно підіймають із дна водойми статую об'ємом 0,5 $м^3$. Поки статуя була під водою, видовження троса дорівнювало 3 мм. Визначте масу статуї. Опором води знехтуйте.

10. Одна з легенд, які існували ще за життя Архімеда, розповідає про подію, що передувала відкриттю закону, який із часом було названо законом Архімеда. Скориставшись додатковими джерелами інформації, з'ясуйте, що це за легенда.

Як би, на вашу думку, відповів Архімед на таке запитання: чи можна вважати, що виріб виготовлено із чистого золота, якщо його вага в повітрі дорівнює 20 Н, а у воді — 18,7 Н?

Ключові терміни

Архімедова (виштовхувальна) сила • Закон Архімеда

Видавництво "Підручник"

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

rnk.com.ua/106680

Тема. Гідростатичне зважування тіла.

Мета: опанувати один із методів визначення маси тіла, а саме метод гідростатичного зважування.

Обладнання: лінійка; пружина або гумовий шнур; штатив із муфтою та лапкою; вимірювальний циліндр із водою; два тіла, кожне з яких тоне у воді (наприклад, шматок пластиліну та брелок).

Теоретичні відомості

Якщо досліджуване тіло тоне у воді, то для визначення його маси *методом гідростатичного зважування* виконують такі дії.

Крок 1. Вимірюють початкову довжину l_0 пружини. Потім тіло підвішують на пружині в повітрі та вимірюють видовження x_1 пружини: $x_1 = l_1 - l_0$ (див. рис. 1). На тіло діють дві сили — сила тяжіння й сила пружності, адже дією архімедової сили в повітрі можна знехтувати. Тіло перебуває в стані спокою, тому сили, що діють на нього, є зрівноваженими: $F_{\text{пруж}} = F_{\text{тяж}}$.

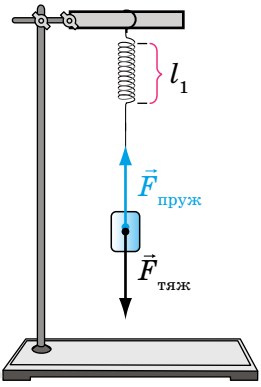


Рис. 1

Тут $F_{\text{пруж}} = kx_1$ (де k — жорсткість пружини), а $F_{\text{тяж}} = mg$. Отже, дістанемо:

$$kx_1 = mg. \qquad (1)$$

Крок 2. Вимірюють об'єм V_0 води у вимірювальному циліндрі. Потім, занурivши тіло у вимірювальний циліндр з водою, вимірюють: 1) об'єм $V_т$ тіла; 2) видовження x_2 пружини: $x_2 = l_2 - l_0$ (див. рис. 2). Тепер на тіло діють три сили: сила тяжіння, сила пружності й архімедова сила. Сили зрівноважені:

$$F_{\text{пруж}} + F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж}}.$$

$F_{\text{пруж}} = kx_2$, а $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{води}} g V_т$, тому:

$$kx_2 + \rho_{\text{води}} g V_т = mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow kx_2 = mg - \rho_{\text{води}} g V_т. \qquad (2)$$

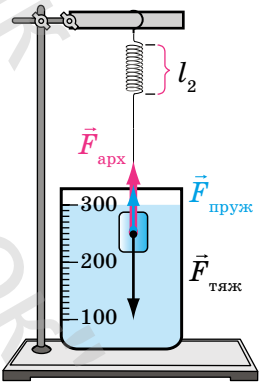


Рис. 2

Поділивши рівняння (2) на рівняння (1) і виконавши перетворення, одержимо формулу для визначення маси тіла:

$$m = \frac{\rho_{\text{води}} V_т x_1}{x_1 - x_2}. \qquad (3)$$

Електронний варіант підручника з ранок

Вказівки до роботи

Підготовка до експерименту

1. Уважно прочитайте теоретичні відомості.
2. Зберіть пристрій, як показано на рис. 1. Якщо ви застосовуєте гумовий шнур, то, перш ніж його закріпити, зав'яжіть на його кінцях петлі на відстані близько 8 см (див. с. 172).
3. Визначте ціну поділки шкал вимірювальних приладів.

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.
Результати вимірювань відразу заносьте до таблиці.

1. Визначте об'єм V_0 води у вимірювальному циліндрі.
2. Виміряйте початкову довжину l_0 пружини. Підвісьте до пружини одне з тіл. Виміряйте довжину l_1 пружини.
3. Повністю занурте досліджуване тіло у воду. Виміряйте довжину l_2 пружини й об'єм V води і тіла в циліндрі.
4. Повторіть дослід для іншого тіла.

Опрацювання результатів експерименту

1. Для кожного тіла визначте:
   1) об'єм $V_т$ тіла: $V_т = V - V_0$;
   2) видовження x_1 та x_2 пружини: $x_1 = l_1 - l_0$; $x_2 = l_2 - l_0$;
   3) масу m тіла за формулою (3).
2. Результати обчислень занесіть до таблиці.

Тіло	Об'єм, см^3			Довжина пружини, см			Видовження пружини, см		Маса тіла m, г
	V_0	V	$V_т$	l_0	l_1	l_2	x_1	x_2	

Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізувавши експеримент і його результати, зробіть висновок, у якому зазначте: 1) яку фізичну величину і яким способом ви вимірювали; 2) які ще методи вимірювання цієї фізичної величини ви знаєте; 3) у чому перевага опанованого методу.

Творче завдання

Обміркуйте й запишіть план проведення експерименту з визначення маси тіла, яке не тоне у воді. Проведіть експеримент.

Підручник видавництва "Ранок"



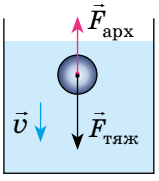
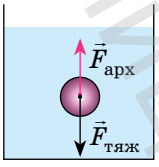
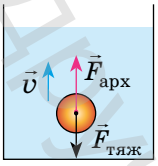
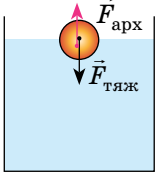
§ 35. УМОВИ ПЛАВАННЯ ТІЛ

rnk.com.ua/106682

Щоб оцінити, чи достатньо солі в розчині для засолювання м'яса або риби, господарка використовує сире яйце: якщо солі замало, то яйце тоне, а якщо забагато — спливає. Як це пов'язано з конструюванням кораблів, підводних човнів, аеростатів? Дізнаймося!

1. Чому м'яч плаває, а камінь тоне?

Проведемо дослід. Візьмемо кілька кульок із різних матеріалів і будемо по черзі занурювати їх у посудину з водою, а потім відпускати. Далі залежно від густини тіла* можливі різні варіанти.

Занурення	Плавання всередині рідини	Спливання	Плавання на поверхні рідини
			
$F_{тяж} > F_{арх}$	$F_{тяж} = F_{арх}$	$F_{тяж} < F_{арх}$	$F_{тяж} = F_{арх}$
$\rho_т > \rho_{рід}$	$\rho_т = \rho_{рід}$	$\rho_т < \rho_{рід}$	
 Камінь тоне у воді	 Риба плаває у воді на певній глибині	 Підводний човен підіймається з глибини	 Лебідь плаває на поверхні води

1. Занурення. Тіло починає тонути і врешті опускається на дно посудини. Чому це відбувається?

* Зауважимо, що під густиною тіла ми розуміємо його середню густину. Під час плавання середня густина деяких тіл може змінюватися. Як це роблять мешканці водойм — див. с. 247.

Підручник "Ранок"
Електронний

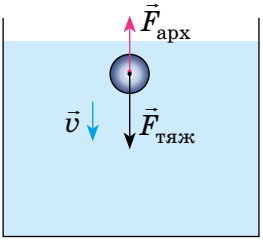


Рис. 35.1.
Тіло тоне в рідині, адже сила тяжіння більша за виштовхувальну

На тіло діють дві сили (рис. 35.1):

1) сила тяжіння $F_{тяж} = m_т g = \rho_т V_т g$ (оскільки $m_т = \rho_т V_т$), яка напрямлена вниз;

2) виштовхувальна сила $F_{арх} = \rho_{рід} g V_т$, яка напрямлена вгору.

Тіло занурюється, отже, $F_{тяж} > F_{арх}$. Звідси $\rho_т V_т g > \rho_{рід} g V_т$. Після скорочення маємо:

$$\rho_т > \rho_{рід}$$

Тіло тоне в рідині, якщо густина тіла є більшою за густину рідини.

Доведіть, що $\rho_т = \rho_{рід}$ у випадку, коли тіло плаває всередині рідини.



2. Плавання всередині рідини. Тіло не тоне й не спливає, якщо:

$$\rho_т = \rho_{рід}$$

Тіло плаває в товщі рідини, якщо густина тіла дорівнює густині рідини.

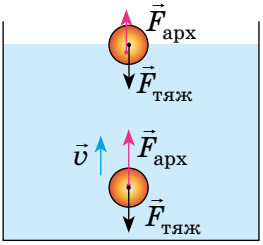


Рис. 35.2.
Тіло спливає, доки виштовхувальна сила більша за силу тяжіння

3. Спливання. Тіло спливає і врешті зупиняється на поверхні (рис. 35.2). Поки тіло спливає, $F_{тяж} < F_{арх} \Rightarrow \rho_т V_т g < \rho_{рід} g V_т$, або:

$$\rho_т < \rho_{рід}$$

У момент, коли тіло досягне поверхні рідини й почне підніматися над нею, об'єм зануреної частини почне зменшуватися, відповідно зменшуватиметься й архімедова сила. Цей процес відбуватиметься доти, доки архімедова сила не зрівняється із силою тяжіння.

Тіло спливає в рідині або плаває на поверхні рідини, якщо густина тіла є меншою, ніж густина рідини.

Зверніть увагу: отримані результати справджуються й для газів.

Підручник видавництва «Ранок»

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: пластикова пляшка з водою (1,5 л); дві невеликі кульки з пластиліну; пластикова соломинка; склянка з водою; ножиці.

Відріжте від соломинки невеликий шматок (5–6 см). Розплющте отриману соломинку, дайте їй розпрямитися, а потім заліпіть її кінці пластиліновими кульками різного розміру. Опустіть соломинку в склянку з водою і, змінюючи кількість пластиліну на її кінцях, доможіться того, щоб вона плавала всередині рідини. Помістіть соломинку в пляшку з водою, щільно закрутіть кришечку. Фізична іграшка «Картезіанський водолаз» готова. Стисканням пляшки доможіться занурення та спливання соломинки. Поясніть принцип дії іграшки.

2. Для чого і як мешканці водойм змінюють власну густину?

Тіла мешканців морів і річок містять у своєму складі багато води, тому їхня середня густина близька до густини води. Щоб вільно рухатися в рідині, вони мають «керувати» середньою густиною свого тіла. Для цього водні мешканці використовують різні «прийоми».

У риб із плавальним міхуром таке керування відбувається завдяки зміні об'єму міхура (рис. 35.3).

Молюск наутилус, який живе в тропічних морях, може швидко спливати й знову опускатися на дно завдяки тому, що здатний змінювати об'єм внутрішніх порожнин у своєму організмі (молюск живе в закрученій спіраллю мушлі).

Поширений у Європі водяний павук (рис. 35.4) несе із собою в глибину повітряну оболонку на черевці — саме вона й допомагає павуку повернутися на поверхню.

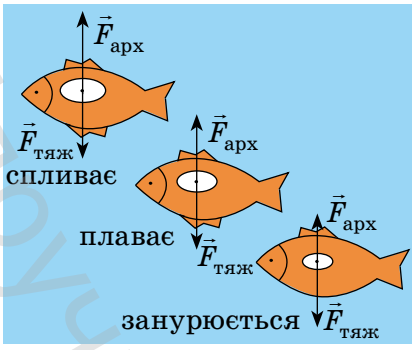


Рис. 35.3. Змінюючи об'єм плавального міхура, риба може спливати, плавати всередині рідини або занурюватися



Рис. 35.4. Повітряна оболонка дозволяє водяному павукові підійматися з глибини

Підручник видавництва «Ранок»

А ЯК НАСПРАВДІ?



Середня густина тіла людини трохи перевищує густину води. Тож для того, щоб залишатися на поверхні водойми, людині треба триматися за щось, що має невелику густину. Проте для плавання, наприклад, в Мертвому морі не потрібні допоміжні засоби, і на його поверхні людина почувається так, наче вона спокійнісінько лежить у ліжку. Як це пояснити?

3. Учимося розв'язувати задачі

■ **Задача.** Чи плаватиме у воді мідна куля масою 445 г, усередині якої є порожнина об'ємом 450 см^3? ■

Аналіз фізичної проблеми. Щоб визначити, чи плаватиме куля, потрібно середню густину кулі порівняти з густиною води.

Для обчислення середньої густини кулі знайдемо її масу та об'єм. Маса повітря в кулі є незначною, тому $m_{\text{кулі}} = m_{\text{міді}}$. Об'єм кулі — це об'єм мідної оболонки $V_{\text{міді}}$ та об'єм порожнини $V_{\text{порожн}}$. Об'єм оболонки визначимо за масою та густиною міді.

Густини міді та води дізнаємось із таблиць густин.

Задачу доцільно розв'язувати в *поданих одиницях*.

Дано:

$m_{\text{кулі}} = m_{\text{міді}} = 445$ г

$V_{\text{порожн}} = 450$ см^3

$\rho_{\text{міді}} = 8{,}9 \dfrac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\rho_{\text{води}} = 1 \dfrac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Знайти: $\rho_{\text{кулі}}$ — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання.

За означенням густини: $\rho_{\text{кулі}} = \dfrac{m_{\text{кулі}}}{V_{\text{кулі}}}$.

$$V_{\text{кулі}} = V_{\text{міді}} + V_{\text{порожн}},$$

де $V_{\text{міді}} = \dfrac{m_{\text{міді}}}{\rho_{\text{міді}}}$ — об'єм мідної оболонки.

Отже, $V_{\text{кулі}} = \dfrac{m_{\text{міді}}}{\rho_{\text{міді}}} + V_{\text{порожн}}$.

Розв'яжемо задачу по діях.

1. Визначимо об'єм кулі:

$$V_{\text{кулі}} = \frac{445\ \text{г}}{8{,}9\ \text{г/см}^3} + 450\ \text{см}^3 = 50\ \text{см}^3 + 450\ \text{см}^3 = 500\ \text{см}^3.$$

2. Знаючи об'єм і масу кулі, визначимо її середню густину:

$$\rho_{\text{кулі}} = \frac{445\ \text{г}}{500\ \text{см}^3} = 0{,}89 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Відповідь: середня густина кулі менша від густини води, тож куля плаватиме на поверхні води.

ВИДАВНИЦТВО "ГЕНЕЗА"

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Серед сучасних кораблів найбільшими у світі вважаються круїзні лайнери (див. заставку до § 35). А найбільшим серед лайнерів є «Icon of the Seas» («Ікона морів»), що має рекордну довжину — 365 м. Цей лайнер здатен перевозити 7600 пасажирів, а його екіпаж становить 2350 осіб.

Порівняймо: в Україні статус міста має населений пункт, у якому живуть не менш ніж 10 тисяч мешканців. Тож якби «Icon of the Seas» був здатний узяти на борт на 50 пасажирів більше, то він міг би претендувати на статус українського міста.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ



Умови плавання тіл

Тіло тоне в рідині, якщо густина тіла є більшою за густину рідини. $\rho_т > \rho_{рід}$

$\rho_т < \rho_{рід}$ Тіло спливає в рідині або плаває на її поверхні, якщо густина тіла є меншою від густини рідини.

$\rho_т = \rho_{рід}$ Тіло плаває в товщі рідини, якщо густина тіла дорівнює густині рідини.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. За якої умови тіло тонутиме в рідині? Наведіть приклади. **2.** Яка умова має виконуватися, щоб тіло плавало в товщі рідини? Наведіть приклади. **3.** Сформулюйте умову спливання тіла в рідині. Наведіть приклади. **4.** Для чого і як мешканці морів і річок змінюють власну густину?

ВПРАВА № 35

1. Чи плаватиме суцільний свинцевий брусок у воді? в олії?

2. Розташуйте кульки, зображені на рис. 1, за збільшенням густини.

3. Чи плаватиме у воді брусок, який має масу 120 г і об'єм 150 см^3?

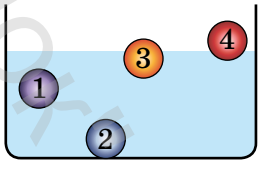


Рис. 1

Підручник видавництва «Ранок»

4. За рис. 2 поясніть, як підводний човен здійснює занурення та підняття на поверхню.

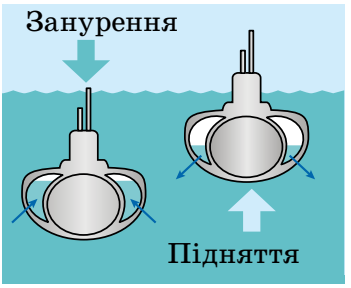


Рис. 2

5. Тіло плаває в гасі, повністю занурившись. Якою є маса тіла, якщо його об'єм становить 250 см^3?

6. У посудину налили три рідини, які не змішуються, — ртуть, воду й гас (рис. 3). Потім опустили три кульки: сталеву, пінопластову та дубову. Як розташувалися шари рідин у посудині? Де яка кулька?

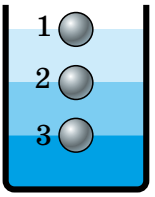


Рис. 3

7. Визначте об'єм зануреної у воду частини машини-амфібії, якщо на неї діє архімедова сила 140 кН. Якою є маса машини-амфібії?

8. Установіть відповідність між густиною тіла, яке плаває у воді, і частиною цього тіла, що перебуває над поверхнею води.

А $\rho_т = 400$ кг/м^3	1 0
Б $\rho_т = 600$ кг/м^3	2 0,1
В $\rho_т = 900$ кг/м^3	3 0,4
Г $\rho_т = 1000$ кг/м^3	4 0,6
	5 0,9

9. Заповніть таблицю. Вважайте, що в кожному випадку тіло повністю занурене в рідину.

Маса тіла, кг	Об'єм тіла, м^3	Густина тіла, г/см^3	Густина рідини, кг/м^3	Архімедова сила, Н	Формули для розрахунку
20	0,008		1000		
		4	900	180	
0,1		0,4		2	

10. Прилад для вимірювання густини рідин називають *ареометром*. Дізнайтеся про будову та принцип дії ареометра. Напишіть інструкцію, як ним користуватися.

Ключові терміни

Умови плавання тіл • Густина рідини • Середня густина тіла

Підручник "Видавництво "Ранок"

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

rnk.com.ua/106681

Тема. Перевірка умов плавання тіла.

Мета: дослідним шляхом перевірити, за якої умови: тіло плаває на поверхні рідини; тіло плаває всередині рідини; тіло тоне в рідині.

Обладнання: пробірка (або невелика склянка з-під ліків) з корком; нитка (або дротинка) завдовжки 20–25 см; посудина із сухим піском; вимірювальний циліндр, до половини наповнений водою; терези; паперові серветки.

Підручник-видавництво «Ранок»

Вказівки до роботи

Підготовка до експерименту

1. Перш ніж виконувати роботу, переконайтеся, що ви знаєте відповіді на такі запитання.
   1) Які сили діють на тіло, занурене в рідину?
   2) За якою формулою визначають: силу тяжіння; архімедову силу; середню густину тіла?
   3) Якими є умови плавання тіл?
2. Визначте ціну поділки шкали вимірювального циліндра.
3. Закріпіть пробірку на нитці так, щоб, тримаючи за нитку, можна було занурити пробірку у воду, а потім витягти її.
4. Підготуйте терези до роботи.

Експеримент

Дотримуйтесь інструкції з безпеки.

Результати вимірювань відразу заносьте до таблиці.

Дослід 1. Перевірка умови, за якої тіло тоне в рідині

1. Виміряйте об'єм води V_0 у вимірювальному циліндрі.
2. Наповніть пробірку піском до країв. Закрийте корок.
3. Опустіть пробірку у вимірювальний циліндр. У результаті ваших дій пробірка має опинитися на дні (рис. 1).
4. Виміряйте об'єм V води і пробірки; визначте об'єм $V_п$ пробірки: $V_п = V - V_0$.
5. Витягніть пробірку, протріть її серветкою.
6. Покладіть пробірку на терези та виміряйте її масу з точністю до 0,5 г.

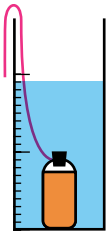


Рис. 1

Дослід 2. Перевірка умови, за якої тіло плаває всередині рідини

1. Відсипаючи пісок із пробірки, доможіться того, щоб пробірка вільно плавала всередині рідини (рис. 2).
2. Повторіть дії, описані в п. 5–6 досліду 1.

Дослід 3. Перевірка умови, за якої тіло плаває на поверхні рідини

1. Відсипте з пробірки ще деяку кількість піску. Переконайтеся, що після повного занурення пробірки з піском у рідину пробірка спливає на поверхню рідини (рис. 3).
2. Повторіть дії, описані в п. 5–6 досліду 1.

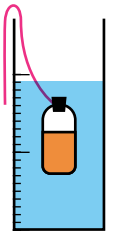


Рис. 2

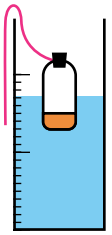


Рис. 3

Номер досліду	Об'єм: рідини V_0, см³	Об'єм: рідини й пробірки V, см³	Об'єм: пробірки $V_п = V - V_0$, см³	Маса пробірки з піском m, г	Густина: середня пробірки з піском $\rho_п$, г/см³	Густина: рідини $\rho_р$, г/см³	Густина: порівняння $\rho_п$ і $\rho_р$ ($=$, $<$, $>$)	Яке явище спостерігається (тіло тоне; спливає; плаває всередині рідини)
1							$\rho_п$ $\rho_р$	
2							$\rho_п$ $\rho_р$	
3							$\rho_п$ $\rho_р$	

Опрацювання результатів експерименту

1. Для кожного досліду:
   1) виконайте схематичне креслення, на якому зазначте сили, що діють на пробірку;
   2) визначте середню густину $\rho_п$ пробірки з піском.
2. Занесіть до таблиці результати обчислень, закінчіть її заповнення.

Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізувавши експеримент, зробіть висновок, у якому зазначте результати перевірки умов плавання тіл.

Творче завдання

Запропонуйте два способи визначення середньої густини яйця. Запишіть план проведення кожного досліду.

ВИДАВНИЦТВО "РАНОК" ПІДРУЧНИК



§ 36. СУДНОПЛАВСТВО ТА ПОВІТРОПЛАВАННЯ

Сталевий брусок у воді тоне, проте судна, що зроблені зі сталі, плавають. Шматок нейлонової тканини, якщо його відпустити, почне падати, а повітряні кулі, виготовлені із цієї тканини, не лише здіймаються вгору, а й піднімають вантаж. Чому так? З'ясуймо.

1. Чому судна плавають?

На перший погляд, сталь не є придатною для виготовлення плавучого засобу: густина сталі набагато більша за густину води, тому сталева пластинка у воді тоне. Але якщо з пластинки зробити човник і покласти його на поверхню води, він плаватиме (рис. 36.1). Чому?

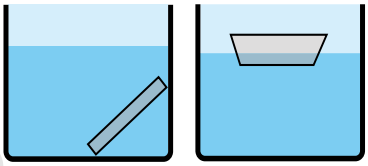


Рис. 36.1. Сталева пластинка тоне, а виготовлений із неї човник плаває

Річ у тім, що всередині човника є повітря. Якщо розрахувати середню густину човника, то отримаємо значення, яке набагато менше від густини води:

$$\text{Середня густина тіла} = \frac{\text{Маса оболонки} + \text{Маса речовини всередині}}{\text{Загальний об'єм}}$$

Конструкція будь-якого судна передбачає наявність усередині нього повітря, тому *судна плавають на поверхні води, занурюючись на відносно невелику частину свого об'єму.*

2. У чому різниця між водотоннажністю та вантажністю судна?

Коли нове судно спускають на воду, воно починає занурюватися. Нижня частина судна починає витісняти воду, унаслідок чого виникає архімедова сила. Коли архімедова сила зрівноважує силу тяжіння, судно перестає занурюватися:

$$F_{\text{арх}} = F_{\text{тяж}} = \left(m_{\text{судна}} + m_{\text{вант}}\right) g .$$

Електронний примірник

Глибину, на яку занурюється судно, називають *осадкою. Осадка судна змінюється залежно від навантаження судна та від того, у річковій чи морській воді воно перебуває*. Зрозуміло, що *судно не можна перевантажувати.*

Лінію на корпусі судна, що позначає його максимально допустиму осадку, за якої судно може безпечно плавати, називають *ватерлінією* (рис. 36.2). Коли судно повністю навантажене, то воно занурене у воду нарівні з ватерлінією.

Поміркуйте, чому небезпечним є плавання судна, зануреного як нижче від ватерлінії, так і вище за ватерлінію.



Вагу води, яку витісняє судно, занурене до ватерлінії, тобто значення архімедової сили, що діє на повністю навантажене судно, називають **повною водотоннажністю судна**.

Найбільші судна (танкери для нафти) мають повну водотоннажність до 5 млн кН, тобто їхня маса з вантажем сягає 500 000 т.

Якщо з повної водотоннажності виключити вагу самого судна, то отримаємо *максимальну вагу вантажу, який може взяти на борт це судно*, тобто визначимо *вантажність судна*.

Вантажність судна — максимальна вага вантажу, який судно може взяти на борт, — це різниця між повною водотоннажністю судна та його вагою.

Україна — морська держава. Судна багатьох країн світу користуються українськими морськими та річковими портами.



Рис. 36.2. Корпус суден фарбують у два кольори зазвичай так, що вище від ватерлінії він чорний або білий, а нижче — відповідно червоний або чорний

Підручник у вільному доступі

ДОСЛІДЖЕННЯ



Що знадобиться: тазик із водою; пластилін; пісок (сіль) або набір дрібних предметів однакового розміру, густина яких більша за густину води (однакові монети тощо).

Виготовте з пластиліну човник і запустіть його в плавання. Послідовно навантажуючи човник, визначте його вантажність. Запишіть результат у відповідних одиницях (наприклад: вантажність човника дорівнює вазі 3 ложок піску або вазі 5 монет по 1 грн).

3. Як здійснилася мрія людини літати?

Люди вже давно використовують *повітряні кулі (аеростати)*, що здіймаються завдяки заповненню їхньої оболонки гарячим повітрям або легким газом. *Середня густина повітряної кулі менша від густини повітря, що оточує кулю, тому виштовхувальна сила більша за силу тяжіння — куля підіймається.*

Піднімальна сила повітряної кулі — це різниця між архімедовою силою та силою тяжіння, які діють на кулю: $F_{під} = F_{арх} - F_{тяж}$.

Зараз повітряні кулі використовують для метеорологічних та інших досліджень, змагань, пізнавальних подорожей тощо.

Повітряні кулі, наповнені легким газом (переважно гелієм), називають *шарльєрами*, а кулі, наповнені гарячим повітрям, — *монгольф'єрами* (рис. 36.3). Високу температуру повітря всередині кулі підтримують газові пальники, установлені в горловині кулі.

Оскільки густина повітря з висотою зменшується, повітряні кулі не можуть піднятися на довільну висоту.

Повітряні кулі підіймаються лише до тієї висоти, де густина повітря, що оточує кулю, дорівнює середній густині кулі з вантажем.



Рис. 36.3. Повітряні кулі, які здіймаються завдяки заповненню оболонки гарячим повітрям, названі на честь братів Монгольф'є з Франції, які у XVIII ст. зробили цей винахід

Електронний підручник. Видавництво «Ранок»

ЧИ ЗНАЄТЕ ВИ, ЩО...



Усього 100 років тому серйозним конкурентом літаків, які зараз домінують у повітрі, був *дирижабль* — літальний апарат, що має гвинтовий двигун і корпус, наповнений легким газом (вигляд сучасного дирижабля див. на заставці до § 36). Проте низка катастроф у 30-х роках минулого століття привела до програшу дирижабля в конкурентній боротьбі з літаком.

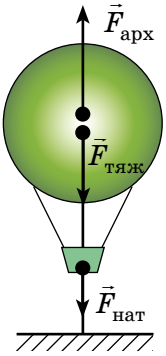
Близько 10 років тому здавалося, що настає відродження дирижабля: Google розпочав проєкт зі створення мережі дирижаблів, які забезпечать інтернетом усе населення Землі. Але знову поразка — цього разу перемогу здобули супутники Starlink.

Тож зараз дирижаблі, незважаючи на безліч переваг, не мають широкого застосування. Їх використовують для перевезень на невеликі відстані вантажів, габарити яких перевищують розміри літака, а також для наукових досліджень, у комерційних та військових цілях.

4. Учимося розв'язувати задачі

■ **Задача.** Об'єм повітряної кулі дорівнює 400 м^3. Куля натягує трос, яким прикріплена до причалу, із силою 800 Н. Після відкріплення троса куля змогла піднятися на певну висоту. Якою є густина повітря на цій висоті, якщо густина повітря навколо причалу становить 1,3 кг/м^3? ■

Аналіз фізичної проблеми. Куля припинила підніматися тому, що на цій висоті *її середня густина дорівнює густині повітря*. Щоб визначити середню густину кулі, треба знайти її масу. Масу кулі знайдемо за силою тяжіння, що діє на неї.



Виконаємо пояснювальний рисунок, на якому зобразимо сили, що діяли на кулю на причалі: $\vec{F}_{\text{тяж}}$ — сила тяжіння; $\vec{F}_{\text{арх}}$ — архімедова сила, $\vec{F}_{\text{нат}}$ — сила натягу троса. Прикріплена куля не рухалася, тому ці сили були скомпенсовані.

Задачу розв'язуватимемо в одиницях СІ.

Ми розв'яжемо задачу по діях. Ознайомтеся з розв'язанням, а потім спробуйте розв'язати цю задачу в загальному вигляді (отримайте загальну формулу, перевірте одиницю, знайдіть числове значення шуканої величини).



Підручник відповідає оновленій програмі

Дано:
$V_{\text{кулі}} = 400\ \text{м}^3$
$F_{\text{нат}} = 800\ \text{Н}$
$\rho_{0\ \text{пов}} = 1{,}3\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
$g = 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

Знайти:
$\rho_{\text{пов}}$ — ?

Пошук математичної моделі, розв'язання.

Сили, які діяли на прикріплену до причалу кулю, скомпенсовані, отже:

$$F_{\text{тяж}} + F_{\text{нат}} = F_{\text{арх}} \Rightarrow F_{\text{тяж}} = F_{\text{арх}} - F_{\text{нат}}.$$

1. Визначимо архімедову силу, що діяла на прикріплену до причалу кулю:

$$F_{\text{арх}} = \rho_{0\ \text{пов}} g V_{\text{кулі}};$$

$$F_{\text{арх}} = 1{,}3\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 400\ \text{м}^3 = 5200\ \text{Н}.$$

2. Визначимо силу тяжіння, що діє на кулю:

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{арх}} - F_{\text{нат}};\ F_{\text{тяж}} = 5200\ \text{Н} - 800\ \text{Н} = 4400\ \text{Н}.$$

3. Визначимо масу та середню густину кулі:

$$F_{\text{тяж}} = mg \Rightarrow m = \frac{F_{\text{тяж}}}{g};\quad m = \frac{4400\ \text{Н}}{10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 440\ \text{кг}.$$

$$\rho_{\text{кулі}} = \frac{m}{V_{\text{кулі}}};\quad \rho_{\text{кулі}} = \frac{440\ \text{кг}}{400\ \text{м}^3} = 1{,}1\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

4. Густина повітря на висоті найбільшого підняття кулі дорівнює середній густині кулі, тому на цій висоті $\rho_{\text{пов}} = 1{,}1\ \text{кг/м}^3$.

Відповідь: $\rho_{\text{пов}} = 1{,}1\ \text{кг/м}^3$.

ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Повна водотоннажність — вага води, яку витісняє судно, занурене до ватерлінії.



$\rho_{\text{тіла}} < \rho_{\text{води}}$



Піднімальна сила $F_{\text{під}} = F_{\text{арх}} - F_{\text{тяж}}$

$\rho_{\text{кулі}} < \rho_{\text{повітря}}$

Повітряні кулі піднімаються на висоту, де густина повітря дорівнює середній густині кулі.

Вантажність — максимальна вага вантажу, який судно може взяти на борт.

Середня густина тіла $= \dfrac{\text{Маса оболонки} + \text{Маса речовини всередині}}{\text{Загальний об'єм}}$

Видавництво «Ранок»
Підручник



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Чому металеве судно плаває на поверхні води? 2. Що таке осадка судна? 3. Як позначають на корпусі судна максимально допустиму осадку? 4. Дайте означення вантажності судна. 5. Як знайти піднімальну силу повітряної кулі? 6. Чому повітряні кулі не можуть підійматися як завгодно високо?



ВПРАВА № 36

1. У прісній воді судно витісняє воду об'ємом 15 000 м^3. Визначте: а) повну водотоннажність судна; б) вагу вантажу, якщо власна вага судна 50 МН.

2. Вантаж якої найбільшої маси можна перевезти на плоті, якщо маса плота дорівнює 100 кг, а його об'єм — 1 м^3?

3. Гелієва кулька масою 100 г натягує нитку із силою 2 Н. Визначте: а) силу тяжіння, що діє на кульку; б) архімедову силу, що діє на кульку; в) піднімальну силу кульки; г) масу вантажу, який кулька може підняти.

4. Чи зміниться виштовхувальна сила, яка діє на судно, коли судно перейде з річки в море? Чи зміниться осадка судна? Обґрунтуйте свою відповідь.

5. У річці судно витісняє воду об'ємом 20 000 м^3. На скільки зміниться об'єм води, яку витісняє судно, якщо воно перейде з річки до моря?

6. Густина повітря дорівнює 1,29 кг/м^3. Якою має бути густина теплого повітря всередині повітряної кулі, щоб куля почала підійматися? Об'єм кулі 500 м^3, маса оболонки й вантажу — 150 кг.

7. У якій водоймі вантажність того самого човна буде найбільшою: а) в озері Світязь; б) у Середземному морі; в) у Чорному морі; г) в озері Кунігунда?

8. Підготуйте доповідь або презентацію на одну з тем: «Історія повітроплавання», «Історія судноплавства».

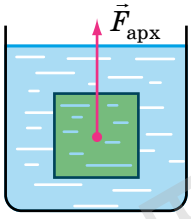
Ключові терміни

Водотоннажність • Вантажність • Ватерлінія • Осадка • Піднімальна сила • Аеростат • Середня густина тіла

Електронний варіант підручника "Фізика. 7 клас" Ранок

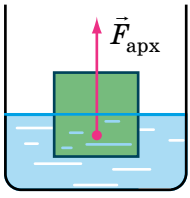
ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ РОЗДІЛУ 3
Частина 5 «Виштовхувальна сила. Плавання тіл»

1. Ви дізналися, що на тіло, яке перебуває в рідині або газі, діє *виштовхувальна (архімедова) сила.*

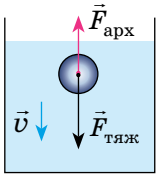
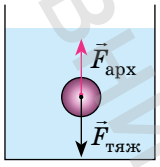
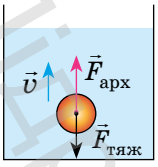
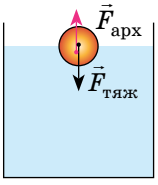


Архімедова сила
$F_{арх} = \rho_{рід} g V_{зан}$

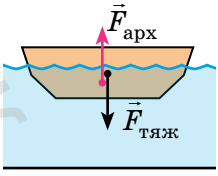
Архімедова сила напрямлена *вертикально вгору* та прикладена *до центра зануреної* частини тіла.



2. Ви дослідили *умови плавання тіл.*

Занурення	Плавання всередині рідини	Спливання	Плавання на поверхні рідини
			
$F_{тяж} > F_{арх}$	$F_{тяж} = F_{арх}$	$F_{тяж} < F_{арх}$	$F_{тяж} = F_{арх}$
$\rho_т > \rho_{рід}$	$\rho_т = \rho_{рід}$	$\rho_т < \rho_{рід}$	

3. Ви з'ясували, *чому плавають судна*, дізналися про їхні *характеристики* (водотоннажність, вантажність) і деякі *терміни* (осадка, ватерлінія).



Плавання суден: $\rho_{тіла} < \rho_{води}$, $F_{тяж} = F_{арх}$

4. Ви дізналися, що розуміють під *піднімальною силою повітряної кулі* й до якої висоти може піднятися повітряна куля.

Повітроплавання

$\rho_{кулі} < \rho_{повітря}$, $F_{тяж} < F_{арх}$ — куля підіймається

$\rho_{кулі} = \rho_{повітря}$, $F_{тяж} = F_{арх}$ — куля залишається на певній висоті

ВИПРАВНИЦТВО Підручник Ранок

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Частина 5 «Виштовхувальна сила. Плавання тіл»

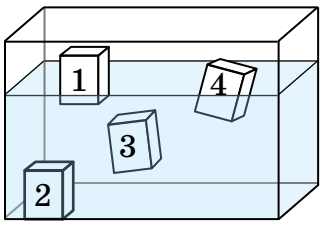
rnk.com.ua/106684

У завданнях 1–6 виберіть одну правильну відповідь.

1. *(1 бал)* Середня густина тіла становить 900 кг/м^3. На поверхні якої рідини плаватиме це тіло?
   а) вода; б) нафта; в) олія; г) спирт.

2. *(1 бал)* Для виготовлення клею тіло з оргскла занурили в ацетон. Як поводитиметься тіло?
   а) тонутиме;
   б) плаватиме всередині ацетону;
   в) спливатиме;
   г) відповідь залежить від об'єму тіла.

3. *(2 бали)* Чотири однакові за розміром бруски, виготовлені з різних речовин, помістили в рідину (див. рисунок). Брусок 2 міцно прилягає до дна. На який брусок діє найбільша архімедова сила?
   а) брусок 1; в) брусок 3;
   б) брусок 2; г) брусок 4.



4. *(2 бали)* У якій водоймі на те саме тіло, що плаває на поверхні, діятиме найбільша архімедова сила?
   а) озеро Світязь; г) озеро Кунігунда;
   б) Чорне море; д) в усіх випадках архімедова сила
   в) Середземне море; є однаковою.

5. *(3 бали)* Архімедова сила, яка діє на повністю занурене в рідину тіло об'ємом 0,21 м^3, дорівнює 2,1 кН. У яку рідину занурили тіло?
   а) спирт; б) нафта; в) олія; г) вода.

6. *(3 бали)* Повітряна куля об'ємом 800 м^3 і масою 960 кг зупинилася на певній висоті. Якою є густина повітря на цій висоті?
   а) 0,83 кг/м^3; в) 1,29 кг/м^3;
   б) 1,2 кг/м^3; г) 12,9 кг/м^3.

7. *(3 бали)* За стандартами під кожним кріслом пасажирського літака міститься рятувальний жилет. У яких випадках передбачено використання жилета?

Електронний ранок

8. *(4 бали)* Однорідний брусок густиною 0,7 г/см^3 плаває у воді так, що над водою перебуває тільки його частина об'ємом 60 см^3. Визначте об'єм бруска.

9. *(5 балів)* Якщо кульку, підвішену на нитці, повністю занурити у воду, то сила натягу нитки дорівнюватиме 3 Н. Якщо ж цю кульку повністю занурити в гас, то сила натягу нитки дорівнюватиме 3,2 Н. Визначте густину матеріалу, з якого виготовлено кульку.

Звірте ваші відповіді на завдання з наведеними наприкінці підручника. У завданнях, які ви виконали правильно, полічіть суму балів і поділіть її на 2. Одержане число відповідатиме рівню ваших навчальних досягнень.

ТЕМИ РЕФЕРАТІВ І ПОВІДОМЛЕНЬ

1. Глибини, підкорені аквалангістами. Заходи безпеки під час підкорення морських глибин.
2. Апарати для вивчення морських і океанських глибин.
3. Класифікація морських суден.
4. Історія польотів на повітряних кулях.
5. Від повітряної кулі до сучасних літаків.
6. Від стародавніх вітрильників до сучасних океанських лайнерів.
7. Видатний конструктор українського походження І. І. Сікорський.

ТЕМИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Плавання тіл: експериментальна перевірка рівності $V_{\text{зан}}/V_{\text{т}} = \rho_{\text{т}}/\rho_{\text{рід}}$ за допомогою підручних засобів.
2. Дослідження і пояснення поведінки пакета для сміття, який наповнили теплим повітрям.

ТЕМИ НАВЧАЛЬНИХ ПРОЄКТІВ

1. Досягнення українських конструкторів у повітроплаванні.
2. Моделювання плавання суден за допомогою підручних засобів.
3. Моделювання повітроплавання за допомогою повітряних кульок, наповнених гелієм.

Підручник видавництва Ранок

ЕТАПИ РОБОТИ НАД НАВЧАЛЬНИМ ПРОЄКТОМ

1. Організаційний етап. Вибір теми навчального проєкту, обговорення мети та завдань проєкту, складання плану реалізації проєкту.

План проєкту — *це документ, який містить заздалегідь намічений порядок дій, необхідних для досягнення мети проєкту.*

План допомагає оцінити власні можливості та висвітлити проблеми, які можуть виникнути під час роботи.

Доцільно визначити зміст етапів роботи над проєктом, види робіт на кожному етапі, терміни їх виконання, обов'язки та відповідальність учасників та учасниць проєкту.

2. Підготовчий етап. Пошук інформації, яка висвітлює тему навчального проєкту, а також допомагає у виконанні завдань проєкту.

Під час пошуку матеріалів до проєкту потрібно відразу їх сортувати. Для цього часто використовують портфоліо.

Портфоліо проєкту — *це впорядкована добірка матеріалів, зібраних із певною метою.*

Електронне портфоліо проєкту — *це збірка електронних матеріалів проєкту, які впорядковано за певною структурою.*

Електронне портфоліо дозволяє здійснювати швидкий пошук документів; його легко редагувати, доповнювати, переносити, зберігати тощо.

Використовуючи додаткову літературу, інтернет-ресурси, не забувайте зберігати посилання на кожне джерело інформації — записувати назву ресурсу, ім'я автора / авторки. Пам'ятайте про авторське право!

3. Проєктний етап. Опрацювання зібраної інформації, створення моделей, формулювання висновків і пропозицій.

Для уточнення отриманої інформації та одержання додаткової можна звертатися до довідників, словників, а також до вчителя / вчительки.

4. Оформлювальний етап. Оформлення результатів роботи над навчальним проєктом, створення презентації для захисту проєкту.

Щоб презентація проєкту відбулась успішно, необхідно виділити час для її ретельної підготовки. Переконайтеся, що ви виконали всі завдання проєкту. Підготуйте доповідь. Для доповіді вибирайте найголовніше, викладайте свої думки коротко, чітко й зрозуміло.

Підручник видавництва "Ранок"

Якщо ви плануєте презентувати проєкт із комп'ютерною підтримкою, то заздалегідь напишіть план, у якому позначте послідовність слайдів. Орієнтовно це можна зробити так.

Зміст слайда	Зміст доповіді
Тема проєкту, виконавці	Повідомлення теми проєкту, представлення виконавців
Ключове питання	Повідомлення ключового питання, яке відображає тему та мету проєкту
Матеріали проєкту	Розповідь про дослідження
Висновки	Оголошення висновків
Список джерел	Презентація джерел, що були використані під час роботи над проєктом
Подяка	Подяка всім, хто допомагав у роботі над проєктом. Подяка всім присутнім за увагу, побажання успіхів

5. Презентаційний етап. Демонстрація результатів навчального проєкту, захист ідеї проєкту та отриманих результатів.

6. Підсумковий етап. Аналіз виконання завдань навчального проєкту, визначення результатів проєкту: яку користь приніс або може принести проєкт.

Загальні правила презентації проєкту

1. Доповідайте з гарним настроєм. Не забувайте про свій зовнішній вигляд, слідкуйте за поставою.
2. На початку виступу чітко назвіть себе, повідомте про тему виступу та проблему, над якою ви працювали.
3. Під час доповіді дивіться на аудиторію.
4. Слова вимовляйте голосно та чітко.
5. Не читайте доповідь з аркуша, а лише звіряйтеся з нотатками, щоб нічого не пропустити.
6. Стежте за часом виступу. Він не повинен перевищувати регламент.

   Регламент — *це час, який відведено на виступ. Про свій регламент необхідно дізнатися заздалегідь, ще під час підготовки до виступу.*
7. Будьте готові відповідати на запитання. Відповіді на запитання бажано починати з подяки тим, хто їх ставить.
8. Після завершення доповіді та відповідей на запитання подякуйте всім присутнім за увагу.

Підручник видавництва «Ранок»

ТАБЛИЦІ ГУСТИН ДЕЯКИХ РЕЧОВИН

(за температури 0 °С і тиску 760 мм рт. ст.)

Таблиця густин деяких речовин у твердому стані

Речовина	ρ, кг/м³	ρ, г/см³	Речовина	ρ, кг/м³	ρ, г/см³
Алюміній	2700	2,70	Олово	7300	7,30
Бетон	2200	2,20	Оргскло	1200	1,20
Граніт	2700	2,70	Осмій	22 500	22,50
Дуб сухий	800	0,80	Парафін	900	0,90
Залізо	7800	7,80	Платина	21 500	21,50
Золото	19 300	19,30	Поліетилен	940	0,94
Іридій	22 400	22,40	Порцеляна	2300	2,30
Капрон	1140	1,14	Свинець	11 300	11,30
Корок	240	0,24	Скло	2500	2,50
Крейда	2400	2,40	Сосна суха	440	0,44
Латунь	8500	8,50	Срібло	10 500	10,50
Лід	900	0,90	Сталь	7800	7,80
Мармур	2500	2,50	Цинк	7100	7,10
Мідь	8900	8,90	Чавун	7000	7,00

Таблиця густин деяких речовин у рідкому стані

Речовина	ρ, кг/м³	ρ, г/см³	Речовина	ρ, кг/м³	ρ, г/см³
Ацетон	790	0,79	Мастило	900	0,90
Бензин	710	0,71	Мед	1420	1,42
Бензол	880	0,88	Олія	900	0,90
Вода морська	1030	1,03	Олово рідке (за $t = 409$ °С)	6830	6,83
Вода чиста	1000	1,00	Нафта	800	0,80
Гас	800	0,80	Ртуть	13 600	13,60
Гліцерин	1260	1,26	Спирт	800	0,80
Дизельне паливо	840	0,84	Сульфатна кислота	1800	1,80

Таблиця густин деяких речовин у газоподібному стані

Речовина	ρ, кг/м³	ρ, г/см³	Речовина	ρ, кг/м³	ρ, г/см³
Азот	1,250	0,001 25	Кисень	1,430	0,001 43
Водень	0,090	0,000 09	Повітря	1,290	0,001 29
Вуглекислий газ	1,980	0,001 98	Чадний газ	1,250	0,001 25
Гелій	0,180	0,000 18	Хлор	3,210	0,003 21

Електронний варіант підручника

ВІДПОВІДІ ДО ВПРАВ І ЗАВДАНЬ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

Розділ 1. МЕТОДИ ПІЗНАННЯ ПРИРОДИ. ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА

№ 2. 2. а) 2; б) 3; в) 1. **№ 3. 1.** 0,145 м; 1500 м; 2032 м. **2.** Верхня межа — 60 мл; $C = 2$ мл. **3.** Маса, m, кг; швидкість, v, м/с; довжина, l, м. **5.** 420 м^2; $4{,}2 \cdot 10^4$ дм^2; $4{,}2 \cdot 10^6$ см^2. **№ 4. 1.** Так. **2.** 5 млн молекул. **3.** Діаметр молекули не менший ніж 1 нм.

Завдання для самоперевірки до розділу 1

1. а. **2.** в. **3.** в. **4.** б. **5.** а. **6.** б. **7.** в. **8.** а. **9.** Мірний циліндр; об'єм; см^3; 2 см^3; 40 см^3; 70 см^3; 2 см^3. Термометр; температура; °С; 1 °С; 22 °С; 53 °С; –32 °С. **10.** 1–Б; 2–Г; 3–В; 4–Є; 5–А; 6–Д. **11.** 2 мм. **12.** 60.

Розділ 2. МЕХАНІЧНИЙ РУХ

Частина 1 «Прямолінійний рівномірний рух»

№ 6. 1. а) Води; б) автомобіля; в) Землі. **3.** Куля рухалася майже з такою самою швидкістю, що й літак. **4.** а) Так; б) ні. **5.** $l_{дк} = 3$ км; $l_{дс} = 4{,}5$ км; $l_{кс} = 1{,}5$ км. **№ 7. 1.** Шлях; $s_{min} = 0$. **3.** а) $l = 7{,}5$ м — відносно потяга; $l = 407{,}5$ м — відносно землі; б) $l = 7{,}5$ м — відносно потяга; $l = 392{,}5$ м — відносно землі. **4.** а) $l \approx 40{,}8$ м, $s = 26$ м; б) $l \approx 81{,}6$ м, $s = 0$. **№ 8. 1.** 3 км. **2.** $v_1 = 0{,}55$ м/с; $v_2 = 0{,}45$ м/с. **3.** 16 м/с. **4.** 5 м/с; 1800 м/с; 0,012 м/с. **5.** 7,2 км/год; 1800 км/год; 0,72 км/год. **6.** ≈ 9,5 трлн км. **№ 9. 1.** 54 км. **2.** Додому; приблизно в 1,3 разу. **3.** 1 м/с. **4.** Третій; другий; другий. **5.** 50 с. **6.** Ні. **№ 10. 2.** Пішохід — I, велосипедист — II, трактор — III. **3.** а) Рівномірно, двічі стрибком зменшуючи швидкість свого руху; б) $v_I = 15$ м/с; $v_{II} = 5$ м/с; $v_{III} = 0$; в) $l_I = 30$ м; $l_{II} = 20$ м; $l_{III} = 0$. **5.** а) 3,5 м/с; б) 2,5 год; в) 25 м. **№ 11. 2.** 20 км/год. **3.** 70 км/год. **4.** 40 хв. **5.** 700 км/год. **6.** 75 км/год. **7.** а) Перші 20 с набирав швидкість, 10 с рухався рівномірно, далі 30 с гальмував, останні 20 с перебував у стані спокою; б) 700 м; в) 10 с; г) ≈ 11,7 м/с; ≈ 8,75 м/с.

Завдання для самоперевірки до розділу 2. Частина 1

1. б. **2.** г. **3.** в. **4.** в. **5.** в. **6.** 1–В; 2–Б; 3–А. **7.** а. **8.** а. **9.** 0,9 м/с; 3,24 км/год. **10.** 3 км/год. **11.** За 4 с. **12.** 75 км/год; 2 км.

Підручник для вчителя

Частина 2 «Рівномірний рух по колу. Коливальний рух»

№ 12. **1.** 0,75 с. **2.** 15 об/с. **3.** 5 об/с; 3,3 об/с. **4.** ≈ 16,7 мс. **5.** Якщо рух рівномірний. **6.** 31,4 м/с. **7.** ≈ 0,67 с. № 13. **1.** 7. **2.** а) 48 год; б) ≈ 17 520 год. **3.** 86 400 с; 604 800 с; 31 536 000 с. **4.** ≈ 1. **5.** ≈ 1 км/с. **6.** ≈ 9,4 м/с, або ≈ 40 км/год. **7.** Земля, ≈ у 2,3 разу. № 14. **1.** 2 см. **2.** 2 с. **3.** 2 Гц. **4.** 480. **6.** 4 м.

Завдання для самоперевірки до розділу 2. Частина 2

1. б. **2.** а. **3.** а. **4.** б. **5.** г. **6.** в. **7.** 0,5 Гц.

Розділ 3. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛИ В ПРИРОДІ

Частина 1 «Явище інерції. Інертність і маса тіла. Густина речовини»

№ 15. **7.** 1) а) $5{,}3 \cdot 10^3$ кг; б) 250 кг; в) 4,7 кг; г) $1{,}5 \cdot 10^4$ кг; 2) а) 5230 г; б) 270,84 г; в) 56,091 г. № 16. **1.** Ліворуч. **2.** 189 г 740 мг. № 17. **1.** а) Не змінюється; б) зменшується; в) збільшується. **2.** 21 т 500 кг; 21,5 г. **3.** Густину. **4.** За умови однакових густин. **5.** Меду, приблизно в 1,6 разу. **6.** З оргскла, в 1,5 разу. № 18. **1.** Сосна суха. **2.** Так. **3.** Маса повітря. **4.** 2,7 г/см^3; може бути алюміній.

Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 1

1. г. **2.** а. **3.** а. **4.** а. **5.** 100 г. **6.** 2 дм^3. **7.** ≈ 2,9 кг. **8.** 8540 кг/м^3. **9.** 80 г.

Частина 2 «Імпульс тіла. Реактивний рух»

№ 19. **1.** а) 1,8 кг·м/с; б) 0. **2.** Імпульс струменю є дуже великим. **3.** Зменшиться на 27 500 кг·м/с. **4.** Передається молекулам газів, які утворюють атмосферу. **5.** 0,8 кг·м/с, у напрямку руху кульок; 0,4 кг·м/с, у напрямку руху другої кульки. № 20. **1.** 3 кг·м/с; 0. **2.** Ні. **3.** 1) 6; 2) а) 1,4 кг·м/с; б) 1 кг·м/с. **4.** 25 м/с. **5.** 4 м/с. **6.** $\upsilon_2 = 17{,}5$ м/с. **7.** а) 4 м/с; б) 1 м/с; 10 м/с. № 21. **4.** Так, можна. **5.** 2,4 м/с; не вся вода витікає під час старту.

Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 2

1. а. **2.** б. **3.** б. **4.** г. **5.** г. **6.** б. **7.** в. **8.** г. **9.** а. **10.** 0,9 м/с. **11.** 1,5 кг·м/с. **12.** 4,5 м/с. **13.** 4,5 м/с. **14.** 1,2 м/с.

Частина 3 «Сили в природі»

№ 22. **2.** $F_2 = 300$ Н; $R = 0$. **3.** 20 Н або 120 Н. **4.** а) 1 Н; б) 3 Н; в) 1 Н. **5.** 1 кН. **6.** Так; якщо автомобіль гальмує. **7.** 20 Н; 80 Н; 120 Н; 180 Н. № 23. **4.** 3,8 Н. № 24. **1.** 10 см. **2.** 2 Н. **3.** а) 50 Н/м; б) 20 кН/м; в) 600 Н/м. **4.** а) $k = 650$ Н/м; б) $F_{\text{пруж}} = 0{,}8$ Н; в) $x = 1{,}5$ м. **5.** 168 Н.

Електронний примірник

6. $k_1 = 2$ кН/м, $x_1 = 12{,}5$ мм; $k_2 = 500$ Н/м, $x_2 = 5$ см. **7.** 45 см; 22,2 Н/м. **№ 25.** **1.** Так; так. **2.** На стіл. **3.** 6 Н. **4.** 50 г. **5.** 14,2 Н. **6.** 70 Н. **№ 26.** **1.** Ні. **2.** Зменшиться сила тертя. **5.** а) 3 Н; б) у стані спокою, 2 Н. **№ 27.** **1.** 40 Н. **2.** 3,5 Н; 350 г. **3.** 1) Збільшувалася від 0 до 175 Н; 2) 0,25. **4.** 3125 кг/м^3; 40 Н/м. **5.** 5 см. **7.** 15 см.

Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 3

1. г. **2.** б. **3.** а. **4.** в. **5.** в. **6** г. **7.** в. **8** г. **9.** $\vec{F}_1$ — сила тертя, $\vec{F}_2$ — сила тяги, $F_1 = F_2$. **10.** 50 Н, $F_{\text{тяж}}$ напрямлена вниз; $P = 50$ Н, напрямлена вниз; $N = 50$ Н, напрямлена вгору. **11.** А—5, Б—3, В—1, Г—4. **12.** 40 Н. **13.** Вода. **14.** 250 кг. **15.** 750 Н/м. **16.** 0,25.

Частина 4 «Тиск твердих тіл, рідин і газів»

№ 28. **1.** Зменшиться. **3.** 2000 Па; 400 Па; 300 000 Па; 350 Па; 15 000 Па; 360 Па. **4.** 3 МПа. **5.** На 1 м^2 ґрунту трактор діє із силою 27 кН; 78,3 кН. **6.** 54 кг. **№ 29.** **1.** Збільшиться; не можна. **3.** Збільшився. **4.** На законі Паскаля. **7.** 1,6 кг. **№ 30.** **1.** 200 Па. **2.** 1 МПа. **3.** Збільшилася. **4.** ≈ 90 см. **5.** Тиск однаковий; $F_{\text{тиску}2} > F_{\text{тиску}1}$. **7.** Так. **8.** 80 кг. **9.** 24 кН; $\approx 2{,}4$ т. **№ 31.** **1.** Так. **2.** Тиск повітря над поверхнею води в соломинці менший від атмосферного. **3.** Ні. **4.** ≈ 133 Па; ≈ 700 мм рт. ст. **6.** 220 м. **№ 32.** **1.** У балоні; приблизно на 2 кПа. **3.** ≈ 80 гПа. **№ 33.** **2.** 400 кг. **3.** 1200 Н.

Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 4

1. в. **2.** б. **3.** б. **4.** в. **5.** а. **6.** 50 МПа. **7.** 15 м. **8.** ≈ 1020 мм рт. ст. **9.** ≈ 92 кПа.

Частина 5 «Виштовхувальна сила. Плавання тіл»

№ 34. **1.** Щоб на човен почала діяти виштовхувальна сила. **2.** 3,2 Н. **3.** 1 дм^3. **4.** а) $F_{\text{арх}1} = F_{\text{арх}2} = F_{\text{арх}3}$; б) $F_{\text{арх}3} < F_{\text{арх}1} < F_{\text{арх}2}$; в) $F_{\text{арх}1} < F_{\text{арх}2} < F_{\text{арх}3}$; г) $F_{\text{арх}1} = F_{\text{арх}2} = F_{\text{арх}3}$. **5.** 1/4 частина бруска. **6.** 6 Н. **7.** 5,4 кг; 2700 кг/м^3. **8.** Закон Паскаля — так; Архімеда — ні. **9.** 1,4 т. **10.** Ні. **№ 35.** **1.** Так; ні; ні. **2.** $\rho_4 < \rho_3 < \rho_1 < \rho_2$. **3.** Так. **5.** 200 г. **7.** 14 м^3, 14 т. **8.** А–4, Б–3, В–2, Г–1. **9.** 2,5 г/см^3, 80 Н, $\rho_т = m_т / V_т$, $F_{\text{арх}} = V_т \rho_р g$; 80 кг, 0,02 м^3, $m_т = \rho_т V_т$, $V_т = F_{\text{арх}} / \rho_р g$; $2{,}5 \cdot 10^{-4}$ м^3, 800 кг/м^3, $V_т = m_т / \rho_т$, $\rho_р = F_{\text{арх}} / g V_т$. **№ 36.** **1.** а) 150 МН; б) 100 МН. **2.** 900 кг. **3.** а) 1 Н; б) 3 Н; в) 2 Н; г) 200 г. **4.** $F_{\text{арх}}$ не зміниться; осадка зменшиться. **5.** Зменшиться на ≈ 583 м^3. **6.** Менш ніж 0,99 кг/м^3. **7.** г.

Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 5

1. а. **2.** а. **3.** в. **4.** д. **5.** г. **6.** б. **8.** 200 см^3. **9.** 4000 кг/м^3.

Електронний додаток

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

А Амплітуда коливань 95
Атмосфера 215
Атом 27
Б Барометр 218
В Вага тіла 176
Видовження 165
Г Графік: швидкості руху 65
— шляху 62
Густина 118
Д Деформація 159
Динамометр 167
Дифузія 31
Е Експеримент (дослід) 12
Ж Жорсткість 166
З Закон: Амонтона — Кулона 183
— Архімеда 238
— Гука 166
— збереження імпульсу 134
— інерції 106
— Паскаля 207
І Імпульс 130
Інертність 110
Інерція 107
К Коефіцієнт тертя ковзання 183
Коливання 93
М Манометр 223
Маса тіла 111
Матеріальна точка 44
Матерія 25
Маятник 93
Межі вимірювання приладу 22
Молекула 27
Молекулярно-кінетична теорія (МКТ) 30
Н Невагомість 177
Ньютон 153
П Паскаль 199
Переміщення 48
Період: коливань 95
— обертання 83
Поле 25
Посудини сполучені 221
Прес гідравлічний 228
Прискорення вільного падіння 175
Р Речовина 25
Рух: броунівський 32
— коливальний 93
— механічний 42
— нерівномірний 69
— реактивний 141
— рівномірний 52
— — по колу 82
— — прямолінійний 53
С Сила 153
— архімедова (виштовхувальна) 237
— нормальної реакції опори 162
— пружності 162
— рівнодійна 156
— тертя ковзання 182
— тертя кочення 185
— тертя спокою 180
— тяжіння 175
Система відліку 44
Спостереження 12
Т Тіло: відліку 43
— фізичне 8
Тиск 199
— атмосферний 215
— гідростатичний 210
Траєкторія руху 47
Ф Фізична величина 19
Фізичне дослідження 12
Фізичне явище 8
Ц Ціна поділки шкали приладу 22
Ч Частота: коливань 96
— обертова 84
Ш Швидкість
— рівномірного руху 53
— — по колу 85
— середня 71
Шлюз судноплавний 227
Шлях 48

Підручник у вигляді

ЗМІСТ

Вступ 3

РОЗДІЛ 1. Методи пізнання природи. Фізика як природнича наука

§ 1. Фізика — наука про природу. Фізичні тіла та фізичні явища 6
§ 2. Експериментальні та теоретичні методи досліджень законів природи 12
§ 3. Фізичні величини та їх вимірювання 18
§ 4. Поняття про різні види матерії. Будова речовини 25
§ 5. Рух і взаємодія частинок речовини 30
Експериментальна робота 36

Підбиваємо підсумки розділу 1 37
Завдання для самоперевірки до розділу 1 38
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 40

РОЗДІЛ 2. Механічний рух

Частина 1 «Прямолінійний рівномірний рух»

§ 6. Механічний рух. Відносність руху та спокою 42
§ 7. Траєкторія руху. Шлях. Переміщення 47
§ 8. Рівномірний рух. Швидкість руху 52
§ 9. Учимося розв'язувати задачі 58
§ 10. Графіки рівномірного руху 62
§ 11. Нерівномірний рух. Середня швидкість руху 69
Лабораторна робота № 1 75

Підбиваємо підсумки розділу 2. Частина 1 77
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 78
Завдання для самоперевірки до розділу 2. Частина 1 79

Частина 2 «Рівномірний рух по колу. Коливальний рух»

§ 12. Рівномірний рух матеріальної точки по колу. Період обертання 82
Лабораторна робота № 2 87
§ 13. Рух Землі і Місяця 88

ВИДАВНИЦТВО «РАНОК»

§ 14. Коливальний рух. Амплітуда, період і частота коливань 93
Лабораторна робота № 3 99

Підбиваємо підсумки розділу 2. Частина 2 101
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 101
Завдання для самоперевірки до розділу 2. Частина 2 102

РОЗДІЛ 3. Взаємодія тіл. Сили в природі

Частина 1 «Явище інерції. Інертність і маса тіла. Густина речовини»

§ 15. Явище інерції 104
§ 16. Інертність тіла. Маса 110
Лабораторна робота № 4 116
§ 17. Густина. Одиниці густини 117
Лабораторна робота № 5 122
§ 18. Учимося розв'язувати задачі 124

Підбиваємо підсумки розділу 3. Частина 1 126
Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 1 127
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 128

Частина 2 «Імпульс тіла. Реактивний рух»

§ 19. Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу 130
§ 20. Учимося розв'язувати задачі 136
§ 21. Реактивний рух 141

Підбиваємо підсумки розділу 3. Частина 2 148
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 148
Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 2 149

Частина 3 «Сили в природі»

§ 22. Сила — міра взаємодії. Графічне зображення сил. Додавання сил 152
§ 23. Деформація тіла. Сила пружності 159
§ 24. Закон Гука. Динамометр 165
Лабораторна робота № 6 172
§ 25. Сила тяжіння. Вага тіла 174
§ 26. Тертя. Сила тертя 180

Електронний примірник
Видавництво «Ранок»

§ 27. Учимося розв'язувати задачі 188
Лабораторна робота № 7 191

Підбиваємо підсумки розділу 3. Частина 3. 193
Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 3 194
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 196

Частина 4 «Тиск твердих тіл, рідин і газів»

§ 28. Тиск твердих тіл на поверхню. Сила тиску 198
Лабораторна робота № 8 203
§ 29. Тиск газів і рідин. Закон Паскаля 205
§ 30. Гідростатичний тиск 210
§ 31. Атмосферний тиск і його вимірювання. Барометри . . . 215
§ 32. Сполучені посудини. Манометри 221
§ 33. Гідравлічні та пневматичні пристрої 227

Підбиваємо підсумки розділу 3. Частина 4 232
Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 4 233
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 234

Частина 5 «Виштовхувальна сила. Плавання тіл»

§ 34. Виштовхувальна сила в рідинах і газах. Закон Архімеда 236
Лабораторна робота № 9 243
§ 35. Умови плавання тіл. 245
Лабораторна робота № 10 251
§ 36. Судноплавство та повітроплавання 253

Підбиваємо підсумки розділу 3. Частина 5 259
Завдання для самоперевірки до розділу 3. Частина 5 260
Теми рефератів і повідомлень. Теми експериментальних досліджень. Теми навчальних проєктів 261

Етапи роботи над навчальним проєктом 262
Таблиці густин деяких речовин 264
Відповіді до вправ і завдань для самоперевірки 265
Алфавітний покажчик 268

Рубрика «Фізика і техніка в Україні»: Б. Є. Патон (76), М. М. Боголюбов (109), Ю. В. Кондратюк (147), В. І. Вернадський (192), С. П. Тимошенко (204), Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка (209).

Видавництво "Ранок"

Відомості про користування підручником

№ з/п	Прізвище та ім'я учня / учениці	Навчальний рік	Стан підручника	
			на початку року	у кінці року
1				
2				
3				
4				
5				

Підручник видавництва "Ранок"

Навчальне видання

БАР'ЯХТАР Віктор Григорович
БОЖИНОВА Фаїна Яківна
ДОВГИЙ Станіслав Олексійович
КІРЮХІН Микола Михайлович
КІРЮХІНА Олена Олександрівна

«ФІЗИКА»
Підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти
За редакцією Довгого Станіслава Олексійовича

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено

Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам
«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»

Провідний редактор *І. Л. Морєва.* Технічний редактор *А. В. Пліско.*
Художнє оформлення *В. І. Труфена, Т. В. Задорожної.*
Комп'ютерна верстка *О. В. Сміян.*
Коректор *В. П. Нестерчук.*

Підписано до друку 17.04.2024. Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 22,10. Обл.-вид. арк. 20,30.
Наклад 405 922 пр. Зам. № 7804-2024.

ТОВ Видавництво «Ранок»,
вул. Космічна, 21а, Харків, 61145; вул. Деревлянська, 13, к. 331б, Київ, 04119.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7548 від 16.12.2021.
E-mail: office@ranok.com.ua

Надруковано у друкарні ТОВ «ТРІАДА-ПАК»,
пров. Сімферопольський, 6, Харків 61052.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5340 від 15.05.2017.
Тел. +38 (057) 712-20-00. E-mail: sale@triada.kharkov.ua

ЩО НЕОБХІДНО ЗНАТИ

Про фізичне явище

1) зовнішні ознаки перебігу явища, умови, за яких воно відбувається;
2) зв'язок з іншими явищами;
3) фізичні величини, які характеризують явище;
4) можливості практичного використання, способи запобігання шкідливим наслідкам явища

Про фізичний закон

1) формулювання, зв'язок між якими явищами, властивостями тощо встановлює закон;
2) математичний вираз;
3) дослідні факти, що привели до встановлення закону або підтверджують його справедливість;
4) межі застосування

Про прилад або пристрій

1) призначення;
2) будова;
3) принцип дії;
4) сфера застосування і правила користування;
5) переваги та недоліки

Про фізичну величину

1) символ для позначення;
2) властивість, яку характеризує фізична величина;
3) означення;
4) формула, покладена в основу означення, зв'язок з іншими фізичними величинами;
5) одиниці величини;
6) способи вимірювання

МЕХАНІЧНИЙ РУХ

Рівномірний прямолінійний рух

швидкість руху, м/с

переміщення, м

$$\upsilon = \frac{s}{t}$$

час руху, с

Рівномірний рух по колу

період обертання, с

$$T = \frac{t}{N}$$

час спостереження, с

кількість обертів

$$n = \frac{N}{t}$$

час спостереження, с

обертова частота, об/с

Коливальний рух

період коливань, с

$$T = \frac{t}{N}$$

час спостереження, с

кількість коливань

$$\nu = \frac{N}{t}$$

час спостереження, с

частота коливань, Гц

Видавництво Ранок
Підручник України

ГУСТИНА

Густина, кг/м³

маса, кг

$$\rho = \frac{m}{V}$$

об'єм, м³

ІМПУЛЬС

Імпульс, кг·м/с

маса, кг

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

швидкість руху, м/с

Закон збереження імпульсу

сума імпульсів до взаємодії

$$m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$

сума імпульсів після взаємодії

СИЛИ

Сила тяжіння, Н

маса, кг

$$F_{тяж} = mg$$

прискорення вільного падіння, Н/кг

Сила пружності, Н

видовження, м

$$F_{пруж} = k|x|$$

жорсткість, Н/м

Сила тертя ковзання, Н

сила реакції опори, Н

$$F_{тертя\ ковз} = \mu N$$

коефіцієнт тертя ковзання

Вага тіла, Н

маса, кг

$$P = mg$$

прискорення вільного падіння, Н/кг

Сила тиску, Н

тиск, Па

$$F = pS$$

площа поверхні, м²

Архімедова сила, Н

густина рідини, кг/м³

$$F_{арх} = \rho g V_{зан}$$

об'єм зануреної частини, м³

ТИСК

Тиск, Па

сила тиску, Н

$$p = \frac{F}{S}$$

площа поверхні, м²

Гідростатичний тиск, Па

густина рідини, кг/м³

$$p = \rho g h$$

висота стовпа рідини, м

ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ

Формула преса

площа великого поршня, м²

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

площа малого поршня, м²

Виграш у силі

сила, що діє на великий поршень, Н

$$\frac{F_2}{F_1}$$

сила, що діє на малий поршень, Н

Видавництво "Підручник України"

ФІЗИКА

підручник для 7 класу закладів загальної середньої освіти

7

Підручник вирізняє наявність таких матеріалів:

- тексти та ілюстрації для мотивації навчальної діяльності
- алгоритми розв'язання основних типів фізичних задач
- приклади практичного застосування фізики
- покрокові описи лабораторних робіт
- експериментальні завдання і дослідження
- завдання для розвитку критичного мислення
- вправи для самоперевірки
- тематичне узагальнення і систематизація матеріалу
- теми рефератів, експериментальних досліджень і проєктів
- відомості про досягнення фізики й техніки в Україні

Електронний інтерактивний додаток дозволить:

- здійснити онлайн-тестування за кожною темою
- унаочнити фізичний дослід або процес за допомогою навчальних відео
- ознайомитися з додатковими відомостями

ISBN 978-617-09-8758-7

Електронний інтерактивний додаток до підручника доступний за QR-кодом або посиланням **rnk.com.ua/106125**

Електронний підручник "Ранок"