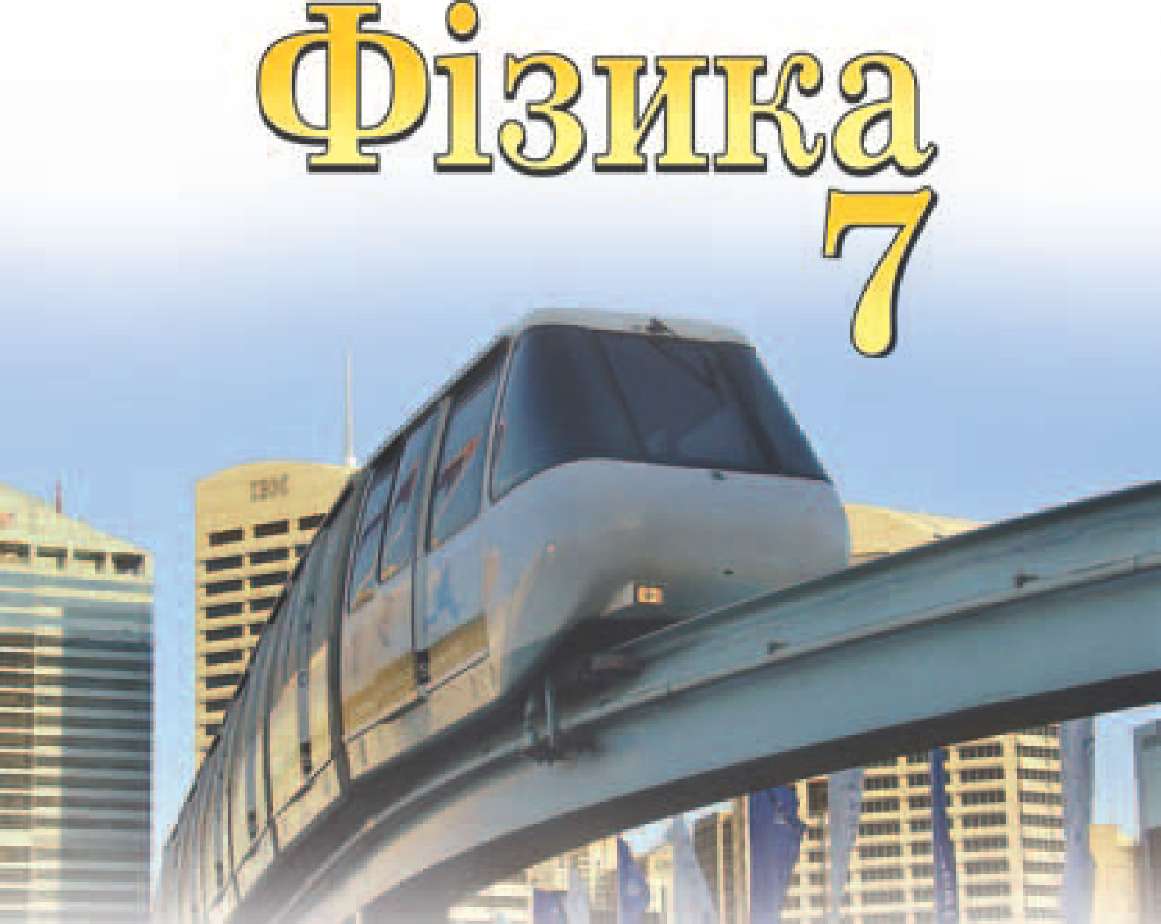
ФІЗИКА

Бойко М.П., Венгер Є.Ф., Мельничук О.В.

«ФІЗИКА»

підручник для 7 класу загальноосвітніх навчальних закладів

M.П. Бойко Є.Ф. Еенгер O.B. Мельничук



Підручник "Фізика, 7 клас" відповідає навчальній програмі "Фі­зика, 7—9 класи". Наведено лабораторні роботи, запитання, якісні та розрахункові задачі, завдання експериментального та конструкторсь­кого характеру.

© М.П. Бойко, Є.Ф. Венгер, О.В. Мель- ничук, 2014

ЗМІСТ

[ВСТУП 6](#bookmark2)

Розділ І. ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА.

МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ . . . 11

§ 1. Фізика як фундаментальна наука про природу. Зв'язок

фізики з іншими науками 12

[§ 2. Фізичні явища й фізичні тіла 14](#bookmark9)

[§ 3. Методи наукового пізнання 17](#bookmark13)

[§ 4. Речовина і поле 24](#bookmark16)

§ 5. Початкові відомості про будову речовини. Атоми

і молекули 27

§ 6. Основні положення атомно-молекулярного вчення про

будову речовини 32

[§ 7. Фізичні властивості тіл у різних агрегатних станах 38](#bookmark26)

§ 8. Фізичні величини та їх вимірювання. Одиниці фізичних

величин 40

[§ 9. Засоби вимірювання 47](#bookmark32)

Лабораторна робота № 1. Ознайомлення з вимірювальними

приладами. Визначення ціни поділки шкали приладу 55

[Лабораторна робота № 2. Вимірювання об'ємів тіл 56](#bookmark35)

Лабораторна робота № 3. Вимірювання розмірів малих тіл

різними способами 61

[§ 10. Історичний характер фізичного знання 63](#bookmark40)

[§11. Видатні вчені-фізики 67](#bookmark41)

§ 12. Внесок українських учених у розвиток і становлення

[фізики 71](#bookmark0)

ГОЛОВНЕ В РОЗДІЛІ "ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА" . 75

Розділ 2. МЕХАНІЧНИЙ РУХ 77

§ 13. Механічний рух. Тіло відліку. Відносність руху 78

§ 14. Матеріальна точка. Система відліку 81

§ 15. Траєкторія 86

§ 16. Шлях. Переміщення 92

§17. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість рівномірного

прямолінійного руху 96

[§ 18. Визначення шляху і часу рівномірного руху 101](#bookmark55)

§ 19. Рівняння руху. Графіки рівномірного прямолінійного

руху 103

§ 20. Нерівномірний прямолінійний рух. Середня швидкість

нерівномірного руху 113

[§ 21. Рівномірний рух матеріальної точки по колу 123](#bookmark62)

Лабораторна робота № 4. Визначення періоду обертання

та швидкості руху по колу 130

[§ 22. Коливальний рух 131](#bookmark64)

[§ 23. Маятники 137](#bookmark67)

Лабораторна робота № 5. Дослідження коливань нитяного

маятника 139

[ГОЛОВНЕ В РОЗДІЛІ "МЕХАНІЧНИЙ РУХ" 141](#bookmark68)

Розділ 3. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА 143

[§ 24. Явище інерції. Інертність тіла 144](#bookmark71)

[§25. Взаємодія тіл 150](#bookmark73)

[§ 26. Маса тіла 151](#bookmark74)

Лабораторна робота № 6. Вимірювання маси тіл методом

зважування 156

[§27. Густина речовини 158](#bookmark77)

Лабораторна робота № 7. Визначення густини речовини

(твердих тіл і рідин) 163

[§ 28. Сила 164](#bookmark80)

§ 29. Сила — вектор. Графічне зображення сили 169

§ 30. Сила тяжіння 171

§31. Вага тіла. Невагомість 175

§ 32. Сила пружності. Закон Гука 180

§ 33. Вимірювання сил. Пружинні динамометри 186

Лабораторна робота № 8. Дослідження пружних власти­востей тіл 188

§ 34. Додавання сил. Рівнодійна 189

§ 35. Тертя. Сила тертя. Коефіцієнт тертя ковзання 194

Лабораторна робота № 9. Визначення коефіцієнта тертя

ковзання 201

§ 36. Особливості взаємодії 203

§ 37. Тиск твердих тіл на поверхню. Сила тиску 206

§ 38. Тиск рідин 211

§ 39. Тиск газів 215

§ 40. Закон Паскаля 217

§ 41. Сполучені посудини 222

§ 42. Застосування сполучених посудин в техніці 224

§ 43. Атмосферний тиск 228

§ 44. Манометри 235

§ 45. Барометри 241

§ 46. Насоси 245

§ 47. Виштовхувальна сила в рідинах і газах.

Закон Архімеда 250

§ 48. Плавання тіл 255

Лабораторна робота № 10. З'ясування умов плавання тіла . . 259

§ 49. Судноплавство. Повітроплавання 262

[ГОЛОВНЕ В РОЗДІЛІ "ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ" 267](#bookmark100)

Розділ 4. МЕХАНІЧНА РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ . . . 269

§ 50. Механічна робота 270

§51. Потужність 274

§ 52. Механічна енергія. Потенціальна енергія 278

§ 53. Кінетична енергія 283

§ 54. Закон збереження й перетворення енергії в механічних

процесах та його практичне застосування 287

§ 55. Машини і механізми. Прості механізми 294

§ 56. Важіль. Умова рівноваги важеля 295

Лабораторна робота № 11. Вивчення умови рівноваги

важеля 305

§ 57. Блоки 306

§ 58. "Золоте правило" механіки 310

§ 59. Гідравлічні машини 312

§ 60. Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізмів 314

Лабораторна робота № 12. Визначення ККД похилої

площини 317

§ 61. Перпетуум-мобіле 319

[ГОЛОВНЕ В РОЗДІЛІ "РОБОТА І ЕНЕРГІЯ" 320](#bookmark121)

[Відповіді до задач і вправ 321](#bookmark122)

Фізика — це наука розуміти природу. Е. Роджерс

ВСТУП

Фізика як навчальний предмет у школі. Ви починаєте вив­чати фізику — науку про основу світу, в якому живете. Ми повсякчасно користуємося дивовижними речами, які зовсім недавно люди не могли собі уявити навіть у найсміливіших фантазіях: електричне освітлення, мобільний зв'язок, персо­нальні комп'ютери, телебачення, станки і механізми, які по­легшують працю людей на виробництвах, автомобілі, літаки, космічні станції та ін. Усе це з'явилося завдяки пізнанню лю­диною природних явищ і є наслідком творчої праці науковців, конструкторів, інженерів, робітників.

Знання фізики в наш час так само необхідне кожній люди­ні, як і вміння читати, писати, розмовляти. Вивчаючи фізику в школі, ви робите перші кроки до пізнання найважливіших законів природи. Нам би хотілося, щоб знайомство з засадами фізики спонукало вас до пізнання навколишнього світу. Щоб у вас виникали запитання: чому і як відбуваються ті чи інші явища, щоб, використовуючи здобуті знання, ви могли відпо­відати на них.

Вивчати фізику допоможе підручник. Виникає питання, як з ним працювати. Уважно прочитайте заголовок параграфа. Уявіть собі, про що йтиметься. Прочитайте текст параграфа та завдання до нього. Зверніть увагу на незнайомі слова й вира­зи. Обов'язково з'ясуйте їхнє значення. Для цього зверніться до посилань у тексті, до словників або довідників.

Читаючи текст, намагайтеся виділити головне. Наприклад, якщо йдеться про якесь фізичне явище, спробуйте відповісти: за яких умов воно відбувається, які його зовнішні ознаки, як враховують і використовують це явище на практиці та в тех­ніці.

Якщо мова йде про життєдіяльність ученого, зверніть ува­гу на те, які явища він досліджував, які зробив відкриття.

Щоб краще запам'ятати матеріал, складіть план прочита­ного. Це дасть змогу виділити головне в тексті, визначити по­слідовність викладу.

Найважливіші поняття й означення виділені в тексті жир­ним шрифтом.

Щоб знання з фізики приносили користь, слід навчитися їх застосовувати для вирішення проблем, які виникають у різних практичних ситуаціях. Деякі з таких ситуацій сформульовані у вигляді запитань і задач у кінці кожного параграфа.

Прочитавши параграф, спробуйте відповісти на запитання. Якщо це відразу не вдається, прочитайте параграф ще раз.

Розв'язуючи задачі, не слід поспішати записувати формули та виконувати обчислення. Спочатку з'ясуйте, про яке явище йдеться у задачі, у чому його особливість, які фізичні величи­ни його кількісно характеризують та як вони пов'язані між собою. Потім беріться до розв'язування задачі. Виконання де­яких завдань передбачає творчий підхід і застосування знань, одержаних під час вивчення інших розділів.

Однією з особливостей фізики є те, що жодне з тверджень не береться на віру, а обов'язково перевіряється експеримен­тально. Вивчаючи фізику, ви також будете досліджувати явища: проводити спостереження, виконувати лабораторні роботи, конструювати, ставити експерименти вдома.

Певні частини тексту в підручнику виділено. Дея­кий текст не є обов'язковим для опрацювання. Проте автори сподіваються, що ознайомлення з ним буде ко­рисним для тих, хто хоче:

— детальніше вивчати особливості досліджуваних явищ;







?

Ця позначка стосується різного типу завдань, наведе­них у кінці параграфів.



Так позначено лабораторні роботи, які потрібно вико­нувати, вивчаючи фізику.

— більше дізнаватися про цікаві факти з історії роз­витку фізики, її сучасні досягнення, а також про прак­тичне застосування законів і явищ.

Вважаємо, що ці позначення зрозумілі й не потребують особ­ливих пояснень.

Фізичний кабінет та його обладнання. Оволодіння новими знаннями, відкриття законів, на яких ґрунтуються явища природи, — складний і тривалий процес. Тому в школі заняття з фізики проводяться у спеціально обладнаному фізичному кабінеті.

Фізичний кабінет — це навчальна лабораторія, в якій пе­ред вами розкриватимуться світ фізичних явищ та закони їх перебігу. Як і кожна лабораторія, фізичний кабінет має спе­ціальне обладнання. Частина цього обладнання призначена, щоб створити сприятливі умови для роботи. Щоб вам було кра­ще спостерігати за тим, що показує вчитель, у кабінеті є де­монстраційний стіл, спеціальні підставки, штативи, екрани (мал. В.1).

У фізичному кабінеті у кожного своє постійне робоче місце і особиста відповідальність за чистоту і порядок на ньому. Ро­бочі місця мають сприяти вам у проведенні досліджень.

Для проведення експериментів, пов'язаних із вивченням різних явищ, необхідне відповідне обладнання. На робочих столах встановлено спеціальні розетки для вмикання елек­тричних приладів, тому кабінети фізики обладнують систе­мами затемнення. У шафах кабінету зберігаються прилади, моделі машин і механізмів, які ви будете вивчати. Є прилади, якими може користуватися лише вчитель. Проте більшість об­ладнання фізичного кабінету — прилади, призначені для про­ведення дослідів учнями. Це обладнання називають лаборатор­ним. Із ним ви ознайомитесь під час виконання лабораторних експериментів.

Перебуваючи в кабінеті фізики, необхідно дотримуватися певних правил техніки безпеки.

1. Працюючи в кабінеті, будьте уважними, дисциплінова­ними, обережними. Слухайте пояснення вчителя й точно ви­конуйте його вказівки.
2. Не залишайте робоче місце без дозволу вчителя.
3. Розташовуйте прилади, матеріали, обладнання на робо­чому місці у порядку, вказаному вчителем. Не тримайте на робочому місці предмети, які не потрібні для виконання зав­дань.
4. Перед початком роботи докладно з'ясуйте послідовність Ті виконання, вивчіть опис та ознайомтеся з приладами й ма­теріалами, необхідними для проведення дослідів.



Мал. В.1. Фізичний кабінет школи

1. Бережіть прилади. Від цього залежить не тільки термін їх використання, а й результативність ваших експеримен­тальних досліджень.
2. Тіло, що зважується, слід класти на ліву шальку терезів, а гирі — на праву. Тіло й гирі опускати на шальки терезів обережно, не кидаючи їх.
3. Під час роботи зі скляним посудом слід бути дуже обе­режним, щоб не розбити його й уникнути порізів. Не можна користуватися посудом із тріщинами або з відбитими края­ми. Про помічені дефекти повідомте вчителя.
4. Вантаж, підвішений на нитці, слід опускати в рідину, що знаходиться у скляній посудині, поволі. Не відпускати, доки він не досягне дна посудини.
5. Працюючи з лінзами, не можна доторкатися до повер­хонь лінз руками, щоб не забруднити їх.
6. Якщо посудина чи лінза розбилася в процесі роботи, ос­колки не можна збирати зі столу руками або ганчіркою, необхідно користуватися щіткою або мітелкою й совком.
7. Під час виконання практичних робіт, у яких викори­стовуються нитки, їх не можна обривати пальцями, треба користуватися ножицями.
8. Під час роботи з джерелами тепла (електроплитка­ми, газовими пальниками, спиртівками) слід дотримуватися максимальної обережності. Пам'ятайте, що довге волосся, яке звисає, може спричинити травми у разі неуважної робо­ти з нагрівальними приладами.
9. Слід бути обережними під час роботи з різальними ін­струментами. Неправильне їх використання може завдати травму вам чи вашому товаришу.
10. Не вмикайте джерела електроживлення в мережу без дозволу вчителя. Перед увімкненням перевірте, щоб ізоляція дротів була не пошкодженою, а штепсельні вилки були справ­ні. Виконуючи спостереження, будьте обережними, щоб випад­ково не доторкнутися до відкритих частин, які знаходяться під напругою, й не зазнати ураження електричним струмом. Закінчивши роботу, необхідно одразу вимкнути джерело жив­лення, а потім розібрати електричне коло.
11. Помітивши несправність у електричних приладах, увімкнутих у мережу, необхідно негайно вимкнути джерело живлення й повідомити вчителя.
12. Закінчивши роботу, приберіть робоче місце.

Природа—гі усьому. В Земному вдйДОпІ ДгріЧі мфпоіррілиї при ґіуиііііі гцзгадї. В шуганнях ракет і о нтиитнему агмекоіяі —

Г:.іаіш природі!



П \* 1 І.ДНЧ

Розділ X

ФІЗИКА

ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА

МЕТОДИ НАУКОВОГО



§ 1. ФІЗИКА ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАУКА ПРО ПРИРОДУ. ЗВ'ЯЗОК ФІЗИКИ З ІНШИМИ НАУКАМИ

Людина — одне з найдивовижніших створінь природи. Во­на може подумки перенести себе у будь-яке місце на Землі, описати словами, створити в своїй уяві образи речей, навіть таких, які не існують у природі, і зобразити їх на малюнку. На відміну від інших представників живої природи людина зав­жди прагне поліпшити умови свого існування. Вона відкрила спосіб добування вогню, щоб зігрітися в негоду та приготува­ти собі їжу. Винайдення колеса дало їй змогу перевозити вели­кі вантажі. Людина навчилася будувати автомобілі, кораблі, літаки. У XX ст. вона почала освоювати космічний простір. Людиною створено нову рукотворну природу. Homo sapiens, тобто людина розумна, так називає вона себе.

Знання загальних властивостей, на яких базується все в живій і неживій природі, розуміння причини змін, що відбу­ваються в природі, — ключ до розкриття її таємниць. Створен­ня нових машин, пристроїв, приладів неможливе без здобуття все нових і нових знань про навколишній світ.

Поступове накопичення і систематизація знань про приро­ду зумовили виникнення та розвиток природничих наук. Гео­логія вивчає будову Землі. Астрономія досліджує далекі світи: планети, зорі та зоряні системи. Будову й перетворення різних речовин вивчає хімія. Завдяки відкриттям хіміків створено матеріали, які в природному середовищі не існують. Біологія охоплює низку наук про живу природу. Серед них ботаніка і зоологія, які вивчають рослинний і тваринний світи.

Особливе місце серед природничих наук посідає фізика (від давньогрец. эшс — природа). "Фізика" ("Природа") — так наз­вав свій трактат давньогрецький учений Аристотель (384—322 рр. до н. е.). У цьому трактаті він виклав свої погляди на те, що являють со­бою рух тіл, тепло, світло, звук, ат­мосферні явища. Назва цього трак­тату пізніше стала назвою науки, що вивчає найпростіші і водночас найзагальніші властивості приро­ди, — фізика.

При спілкуванні з природою ви­никає низка питань. Чому небо бла­китне? Чому дерево плаває у воді, а камінь тоне? Чому висихають ка­люжі? Що таке блискавка і як виз­начити відстань до грозової хмари? Чому бувають сонячні й місячні за- Аристотель

темнення і чи не шкодить здоров'ю спостереження за ними? Чому ви­никає веселка і чому компакт-диск виблискує всіма її кольо­рами? Як утворюється зображення на екрані телевізора? На всі ці запитання дає відповідь фізика.



Фізика пояснює, як піднімаються поживні речовини до верхівок дерев, чому риба може плавати на різній глибині, як людина бачить навколишні предмети і як можна усунути вади зору. Тому знання фізичних законів потрібні і біологам, і лі­карям, і будівельникам, і корабелам, а також багатьом іншим спеціалістам різних професій. Так, астрономам фізичні знання дають змогу визначати склад і температуру зірок, розрахову­вати орбіти, по яких рухаються небесні тіла, а геологам — зна­ходити нові родовища корисних копалин.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Які науки вивчають природу?
2. Що вивчає фізика?
3. Звідки походить назва науки "фізика"?



1. Яка роль фізики в пізнанні природи? Чому фізика має важливе значення для розвитку інших наук про природу?

§ 2. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА Й ФІЗИЧНІ ТІЛА

У природі (живій і неживій) постійно відбуваються різні зміни. Сонце сходить і заходить — ніч змінює день. Під час грози раз за разом спалахують блискавки й гуркоче грім. Дере­ва навесні вкриваються зеленим листям. Високо в небі пролітає літак. Натиснувши кнопку на пульті, ми вмикаємо телевізор.

Усі зміни, які відбуваються в природі, називають явищами природи.

У кожній науці використовують слова або словосполучен­ня, які є назвами певних понять, — терміни. Ви вже вживали математичні терміни "графік", "фігура", "формула", знаєте, що в українській мові й літературі означають такі слова, як "підмет", "речення", "суфікс", "вірш" та ін. У фізиці також є свої терміни. Одне із найзагальніших понять, яким користу­ється фізика, — поняття матерія. Під матерією у фізиці ро­зуміють усе, що існує в природі, незалежно від того, відомо нам про його існування, чи ні.

Зміни, що відбуваються в природі, — це прояв руху матерії. У небі пролітає літак, падає крапля дощу, повз берег пропливає човен, до школи йде учень. В усіх цих випадках ми бачимо, що з часом змінюються положення літака відносно хмари і дощової краплі щодо шибки вікна, учень наближається до школи.

Явища, які ми сприймаємо як рух різних предметів і їх частин одна відносно одної, називають механічними явищами.

Рух матерії для нас може бути невидимим: висихають ка­люжі після дощу, закипає вода в чайнику, плавиться сталь у мартенівській печі, сонячне проміння нагріває землю. Такі явища називають тепловими. Теплові явища пов'язані зі змі­нами в мікросвіті — невидимим рухом атомів, молекул, їх ви­промінюванням.

З настанням темряви ми вмикаємо світло. Дія електричних приладів — наслідок руху і взаємодії електричних зарядів, но­сіями яких є елементарні частинки — ще менші утворення ніж молекули й атоми. У цьому разі ми маємо справу з елек­тричними явищами. Блискавка — один з проявів електричних явищ, які відбуваються у природі (мал. 1.1).



Мал. 1.1

Мал. 1.2

З електричними явищами тісно пов'язані магнітні явища. Магнітна стрілка компаса змінює орієнтацію, якщо поряд роз­містити дріт і пропустити крізь нього електричний струм. Маг­нітні явища набувають великого значення для роботи елек­тричних двигунів, широко використовуваних у побуті, про­мисловості та на транспорті. Одним з проявів електричних і магнітних явищ у природі є полярні сяйва (мал. 1.2).

Веселка після дощу (мал. 1.3), блакить неба, зображення на екрані в кінотеатрі, гра кольорів на крилах метелика і по­верхні компакт-диска є проявами світлових явищ (мал. 1.4).

Усі ці явища вивчає фізика, тому їх і називають фізични­ми явищами.



Мал. 1.3

Явища, що відбуваються в при­роді, взаємопов'язані, адже це про­яви руху матерії. Струм, що проті­кає по спіралі електричної лампоч­ки (електричне явище), спричинює її розжарення (теплове явище) й ви­промінювання світла (оптичне яви­ще). Унаслідок грозового розряду повітря нагрівається й швидко роз­ширюється, тому ми чуємо грім.

Мал. 1.4 Вивчаючи різні явища, фізики з'я­

совують причину їх походження і зв'язок між ними.

У фізиці широко використовують термін фізичне тіло або просто тіло. Наприклад, якщо досліджують загальні особ­ливості механічного руху, то не має значення, яке тіло буде рухатися. Камінь, м'яч, яблуко чи будь-який інший предмет, який кинули вгору або під кутом до горизонту, уповільнюва­тимуть свій рух, а досягнувши найвищого положення, почнуть падати зі зростаючою швидкістю. Вивчаючи такі рухи, фізики кажуть: тіло кинуто вертикально вгору або тіло кинуто під кутом до горизонту. Рухи космічних кораблів, що доставляють космонавтів на міжнародну космічну орбітальну станцію, і кораблів, які привозять їм нові вантажі, підпорядковуються одним і тим самим законам.



Однаковим за своєю природою є нагрівання алюмінієвої або сталевої сковорідки. Тому термін тіло у фізиці означає будь- який предмет, коли вивчають механічні теплові чи інші яви­ща, які відбуваються за їх участю. Прикладами фізичних тіл є камінь, жайворонок, корабель, вода в казанку, газ у балоні, автомобіль, повітряна кулька і повітря у ній, Земля.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що розуміють під фізичним явищем?
2. Що таке матерія?
3. Які види фізичних явищ ви знаєте?
4. Наведіть два-три приклади механічних, теплових, електричних, оптичних явищ, які ви спостерігали протягом дня.

№ \* \* .

у

" І

1. Вкажіть приклади фізичних тіл, якими ви користувалися на уроці фізики, вдома під час обіду, які бачили, йдучи до школи.

§ 3. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

Ми знаємо, що шматочок льоду у теплій кімнаті перетво­риться на воду. Вода в чайнику на увімкненій плиті нагріється й закипить. Магніт притягує залізні предмети і не притягує папір. Камінець, який кинули у воду, тоне, а дерев'яний бру­сочок плаває. Ці знання ми здобули завдяки тому, що багато разів спостерігали ці процеси.

Спостереження — один з найдавніших способів одержан­ня наукових знань. Обмірковуючи результати спостережень, стародавні вчені встановлювали загальні закономірності помі­чених явищ. Так було відкрито закони плавання тіл, закони руху планет, закони поширення світла та ін.

Спостереження є одним з методів пізнання і в сучасній нау­ці. Для проведення наукових спостережень організовують екс­педиції у місця, де найкращі умови вивчення того чи іншого явища, а також обладнують спеціальні лабораторії та обсерва­торії (мал. 1.5).

Наукові спостереження відрізняються від повсякденного споглядання навколишнього світу тим, що вчені:

* спеціально обирають об'єкт спостереження (явище, тіло);
* наукові спостереження мають певну мету і заздалегідь плануються;
* під час наукових спостережень, щоб фіксувати те, чого не можуть сприйняти органи відчуття людини, використовують спеціальні прилади;
* результати спостережень аналізують і узагальнюють у ви­гляді висновків.

На підставі спостережень не завжди можна зробити пра­вильні висновки. Так, спостерігаючи рухи зірок, Сонця, Мі­сяця і планет, стародавні вчені дійшли висновку, що центром Всесвіту є Земля, навколо якої обертаються всі інші небесні тіла. І лише через багато століть було з'ясовано, що будова Всесвіту інакша.

Фізичний експеримент. Спеціальне відтворення явищ з метою їх вивчення називають експериментом або дослідом.

Ви неодноразово спостерігали, як падають різні предмети. Осіннє листя, кружляючи, повільно опускається на землю. Ненароком зачеплена книжка, що лежала на столі, падає на підлогу. А що буде, якщо впустити з однакової висоти камінець



Мал. 1.5 Мал. 1.6

і пір'їнку? Дпвне запитання, скажете ви: камінець важчий і впаде швидше. Наші спостереження дають підставу для вис­новку: легкі тіла падають повільніше, а важкі — швидше. Так стверджував і Аристотель. Вважаючи, що розум людини глиб­ше проникає в сутність явищ, ніж будь-який дослід, він не пе­реймався перевіркою своїх висновків. Уперше твердження Аристотеля про те, що важкі тіла падають швидше, перевірив італійський учений Галілео Галілей (1564—1642 рр.). За легендою, з похилої Пізанської вежі (мал. 1.6) він кидав різні предмети. З експерименту Галілей встановив загальну законо­мірність: за відсутності впливу повітря будь-які тіла, випущені з однакової висоти, досягнуть поверхні Землі одночасно.

Особливості експерименту:

* визначення мети дослідження і планування експери­менту;
* активне втручання дослідника у хід явища та його спе­ціальне відтворення в лабораторних умовах;
* використання спеціального обладнання та проведення вимірювань;
* аналіз одержаних результатів досліджень та висновки.

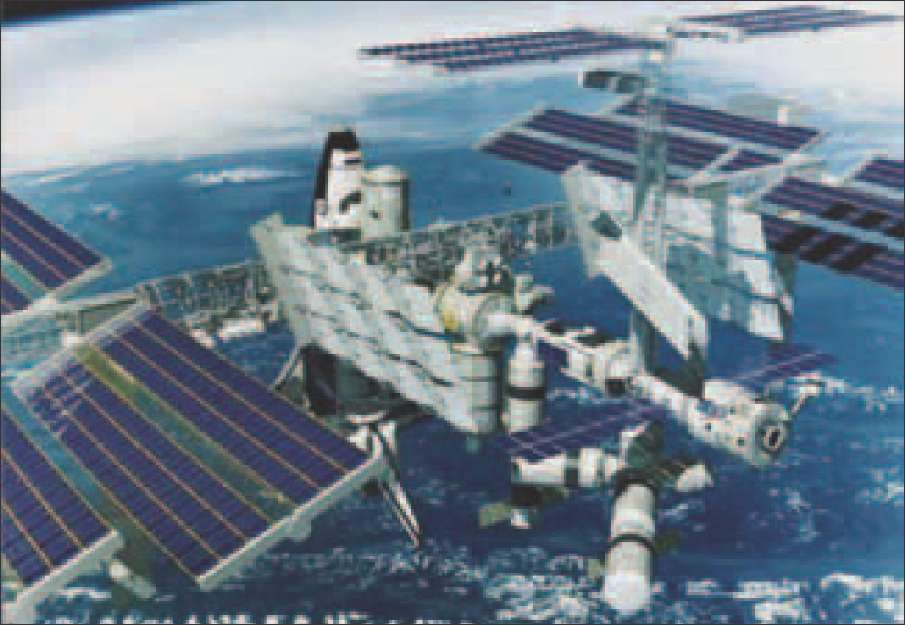
Гіпотеза і фізична теорія. Під час проведення спостережень

і експериментів учені помічають і відкривають нові явища та їх закономірності, які ще не мають пояснення. У такому разі висуваються науково обґрунтовані припущення щодо причин виникнення цих явищ — гіпотези. Для перевірки гіпотез про­водять спеціальні експерименти, відтворюючи явища за різних умов. Результати дослідів мають або підтвердити припущення, або спростувати його. Якщо припущення не підтвердилося, ви­сувають нові гіпотези, які мають пояснити відкриті явища й передбачити нові.

На підставі підтверджених дослідом гіпотез створюють си­стему загальних уявлень про явища та їх закономірності — теорію, яка пояснює, як і чому відбуваються явища і їх зв'я­зок між собою. Теорія ґрунтується на законах, які встановлю­ють взаємозв'язки, що існують у природі між явищами та їх властивостями. Завдяки пізнанню законів можна краще розу­міти особливості перебігу явищ. Так, на підставі законів руху тіл під дією земного тяжіння можна розраховувати орбіти штучних супутників Землі, здійснювати стикування косміч­них апаратів, доставляти космонавтів і вантажі на космічні станції (мал. 1.7).

Моделювання. Один із методів, який використовує фізи­ка, — це моделювання. Його застосовують для дослідження закономірностей різних явищ і процесів, спрощення розра­хунків.

Моделюванням літаків, кораблів, ракет і повітряних зміїв захоплюється багато юних техніків. їхні моделі зазвичай від-



Мал. 1.7



Мал. 1.8 Мал. 1.9

творюють форму та особливості руху справжніх машин і меха­нізмів. І хоча на них немає всіх тих пристроїв, які є на справ­жніх кораблях і літаках, вони рухаються за тими самими за­конами (мал. 1.8).

Моделі використовують також у техніці. Наприклад, перш ніж будувати корабель, виготовляють його зменшену копію — модель. Випробовуючи її у спеціальному басейні, з'ясовують, як буде поводити себе майбутнє судно під час хитавиці, чи змо­же воно розвинути потрібну швидкість та ін. Для дослідження особливостей обтікання повітрям літака чи ракети їх моделі продувають у спеціальній аеродинамічній трубі (мал. 1.9).

Учений може запропонувати модель у вигляді формул, які описують перебіг явища, малюнка або комп'ютерної програми, які відтворюють найважливіші особливості досліджувано­го процесу чи поведінку тіла за певних умов. З часом запро­поновані моделі уточнюють, замінюють новими, якщо вияв­ляється, що вони суперечать результатам нових експеримен­тів чи спостережень. Так, до XVI ст. загальноприйнятою була модель Всесвіту, яку запропонував давньогрецький учений Птолемей. Згідно з цією моделлю Сонце, зірки й планети обертаються навколо Землі. Польський учений Миколай Ко­перник за результатами багаторічних спостережень дійшов висновку, що наша Земля — лише одна з планет Сонячної си­стеми. Усі планети обертаються навколо Сонця за коловими орбітами. Модель, запропоновану М. Коперником, пізніше теж було уточнено.



Засоби наукових досліджень. Знання про навколишній світ під час спостережень та експериментів ми здобуваємо за до­помогою органів чуттів. Очі дають змогу побачити предмети, які нас оточують, оцінити їх розміри. Вуха сприймають різні звуки. Ми можемо на дотик оцінити якість оброблення по­верхні чи температуру тіл. Смак і запах також дають певні уявлення про навколишній світ. Проте не всі явища і проце­си, які відбуваються в природі, можуть сприйматися нашими органами чуттів.

Чи завжди можна довіряти своїм чуттям? Розглянемо мал. 1.10. Чи однакові за розмірами круги знаходяться посередині? Проведіть кінчиком олівця вздовж спіралі, зображеної на мал. 1.10, б. Що ви тепер скажете про надійність своїх відчуттів? Не завжди вони дають нам правильну картину довкілля. Пригадайте, якщо взимку ви заходите з подвір'я у приміщення, то здається, що в ньому тепло. При цьому температура в приміщенні може бути ли­ше дещо вищою, ніж надворі.

Л \* т

Мал. 1.10

Ви, мабуть, неодноразово бачили ввечері на Місяці плями, обриси яких нагадують двох людей. За повір'ями це двоє бра­тів: Каїн і Авель, яких Бог помістив на Місяць. Винайшовши телескоп і розглянувши у нього Місяць, Галілей зрозумів, що темні плями — то гори й западини на його поверхні.

Досліджуючи природу, вчені використовують спеціально виготовлені для цього прилади. Одні з них зовсім прості (маг­нітна стрілка, лінійка, фотоплівка), інші — складніші. Так, за допомогою мікроскопа (мал. 1.11) можна спостерігати поведін­ку невидимих неозброєним оком частинок, проводити точні



Мал. 1.11 Мал. 1.12



Мал. 1.13

вимірювання фізичних величин. Електронний осцилограф за­стосовують для дослідження швидкоплинних процесів у елек­троніці та вимірювання електричних величин (мал. 1.12).

Учені створили наукові комплекси. Радіотелескопи (мал. 1.13), які використовують для приймання невидимих електро­магнітних хвиль із космосу, — це великі споруди. Розміри ан-



Мал. 1.14

тени радіотелескопа УТР-2 Інституту радіофізики й електроні­ки HAH України (м. Харків) схід—захід та північ—південь дорівнюють відповідно 900 і 1800 м. Площа синхрофазотронів, призначених для дослідження елементарних частинок (мал. 1.14), становить кілька тисяч гектарів, вони складаються з ба­гатьох різних приладів і механізмів.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Як ми отримуємо знання про природні явища?
2. Назвіть методи, які використовують у науці для пізнання природи.
3. У чому полягає відмінність між спостереженням та експериментом?
4. Назвіть кілька природних явищ, які ви спостерігали. Які законо­мірності було помічено у цих явищах? Чи можете ви їх пояснити?
5. У разі наближення грози ви помічаєте, що коли грозова хмара ще далеко, гуркіт грому докочується до спостерігача лише за кільканадцять секунд після спалаху блискавки. Із наближенням хмари час від спалаху блискавки до гуркоту грому дедалі зменшується. Який висновок можна зробити, спостерігаючи це явище? Чи можна використати результати та­кого спостереження для визначення відстані до грозової хмари?

6. Перевірте твердження Аристотеля та Галілео Галілея щодо падіння різних тіл. Щоб досліди були переконливими, краще піднятися якомога вище. Візьміть два однакових клаптики паперу, наприклад аркуші зі ста­рого зошита. Один з них зіжмакайте. Випустіть їх одночасно з однакової висоти. Чи одночасно вони впали?

Візьміть металеву чи пластикову пластинку та шматочок паперу такого самого розміру або навіть менший. Випустіть їх з однакової висоти на підлогу. Покладіть папірець на металеву пластинку і знову випустіть її з рук так, щоб їх площини були горизонтальні. Опишіть результати досліду і поясніть їх.

Проведіть досліди з іншими тілами: монетами, металевими кулька­ми, камінцями. Поясніть, чому в одних випадках тіла досягають підлоги одночасно, а в інших ні. Запропонуйте інші досліди для перевірки ваших припущень.

§ 4. РЕЧОВИНА І ПОЛЕ

Ми беремо в руки підструганий олівець і проводимо на бі­лому папері лінію. Натиснули сильніше — графітовий кінчик зламався. Чому не можна писати на аркуші дерев'яною палич­кою? Перша крапля дощу впала на асфальт і розтеклася по ньому, залишивши темну пляму. Така сама крапля, потрапив­ши на розжарену плиту, починає на ній підстрибувати доти, доки не зникне. Куди вона поділася? Звідки береться роса? Чо­му шматочок льоду у кімнаті перетворюється на калюжу води? Все це, а також багато іншого можна пояснити, якщо знати будову фізичних тіл.

Речовина. Ми вже з'ясували, що у фізиці під фізичним ті­лом розуміють будь-який предмет стосовно фізичних явищ, в яких він бере участь. Фізичним тілом може бути крапля дощу і камінець, що падають, вода, яка закипає в чайнику, повітря­на кулька і літак. Різні тіла і навіть частини одного й того са­мого тіла можуть мати різні властивості й по-різному виявляти їх. Мідна дротина легко згинається, тоді як скляну паличку за звичайних умов зігнути не можна: вона зламається. Проте нагрітому до високої температури склу притаманна плинність, тому з нього виготовляють вироби різної форми. Властивості тіл залежать від матеріалів, з яких вони вироблені, та умов, у яких вони знаходяться. Сучасна наука, зокрема фізика, не ли­ше пояснює властивості тіл, а й показує можливості створен­ня матеріалів, яких немає у природі. Для цього потрібно піз­нати будову однієї з форм матерії — речовини.



Мал. 1.15

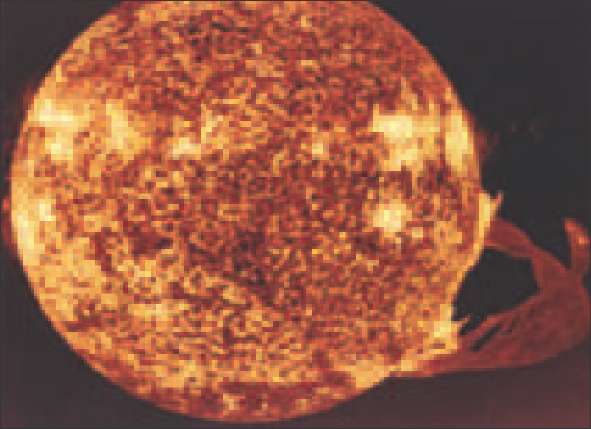
Речовина — сукупність тих частинок, з яких побудо­вані фізичні тіла.

Незважаючи на розмаїття речовин, які повсякчас трапля­ються нам, та тих, які створені вченими, вони можуть перебу­вати у твердому, рідкому і газоподібному станах або у вигляді плазми. Велетенський айсберг (мал. 1.15) і крижана бурулька, що звисає з даху будинку, будинок, камінь, автомобіль, олі­вець, пластилінова фігурка — це тверді тіла. Речовини, з яких вони складаються, перебувають у твердому стані.

Повітряна оболонка Землі — атмосфера, яка оточує нашу планету, складається із суміші газів — речовин, що перебува­ють у газоподібному стані. Ртуть у медичному термометрі, во­да у посудині, бензин у баку автомобіля — рідкий стан речо­вин — рідина. У лампах денного освітлення та полум'ї спир­тівки речовиною є плазма. Наше Сонце — велетенське тіло, що складається з плазми (мал. 1.16).

Поле. Випущена з рук книжка, камінець або м'яч падають на Землю. З досвіду ми знаємо, що Земля притягує до себе всі тіла. Унаслідок притягання до Сонця Земля утримується на своїй орбіті. Так само Сонце утримує усі планети Сонячної системи. Це означає, що Земля, Сонце, інші тіла змінюють простір навколо себе так, що їх дія на інші тіла передається на відстані.

Виконаємо дослід. На поверхні стола розмістимо дрібні за­лізні предмети (гвіздочки, скріпки) і піднесемо до них магніт. Вже на відстані вони починають реагувати на присутність маг­ніту — притягуватимуться до нього. Якщо магніт переміщува-



Мал. 1.16

ти поблизу магнітної стрілки, вона буде змінювати орієнтацію. Інший дослід: якщо потерти об папір пластмасову лінійку, вона починає притягувати шматочки паперу. Також за допомогою супутникових антен ми приймаємо сигнали програм телебачен­ня з різних місць на Землі.



Отже, тіла можуть змінювати простір навколо себе так, що він набуває властивості впливати на інші тіла, які знахо­дяться в ньому. Це означає, що простір стає проміжною ланкою, завдяки якій тіла можуть впливати одне на одне, на­віть на значній відстані. Ця проміжна ланка одержала назву поле. Є кілька типів полів. Завдяки гравітаційним полям від­бувається взаємне притягання у Всесвіті. Електромагнітні поля забезпечують взаємодію між електричними зарядами і струмами. Є поля, які виявляються лише на дуже малих від­станях. Поля — теж реальність природи. На сьогодні розріз­няють дві форми матерії: речовину і поле.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

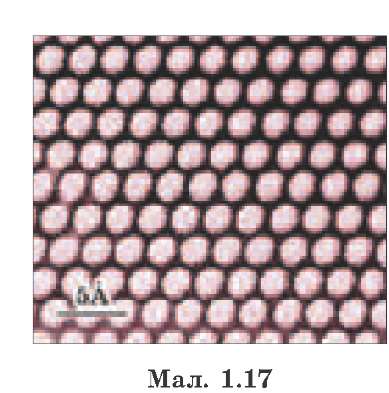
1. Які явища свідчать, що тіла мають складну будову?
2. Які є дві форми матерії?
3. Що таке речовина?
4. Що таке поле?

§ 5. ПОЧАТКОВІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ. АТОМИ І МОЛЕКУЛИ

Виникає питання: з чого ж складається речовина? Протя­гом тисяч років учені задумувалися над цим питанням. Понад 2500 років тому давньогрецький учений Демокріт зробив при­пущення, що всі речовини складаються з найдрібніших части­нок — атомів (від грец. атом — неподільний), які вже немож­ливо поділити на менші частинки.

Уперше побачити окремі атоми вченим вдалося лише у другій половині XX ст. за допомогою електронного мікроскопа. На мал. 1.17 наведено фотографію атомів золота. Як бачимо, тіла лише здаються суцільними. Насправді вони складають­ся з найдрібніших частинок — атомів і молекул. Ліс здалеку теж має вигляд суцільної зеленої смуги, лише підійшовши ближче, можна розрізнити окремі дерева. Якщо ще ближче наблизитися, видно, що кожне дерево має стовбур, гілки та багато листочків. З невеликої відстані можна бачити, що у листочків різна форма, за якою легко відрізнити липу від дуба або клена.

У різних речовин атоми також різні. Вже відкрито понад сто різних атомів, які називають хімічними елементами. Щоб розрізняти атоми, вчені дали їм назви латинською мовою. Для скороченого запису назв використовують лише перші одну або дві літери. Атоми водню, кисню, азоту та меркурію (ртуті) поз­начають так: Н (Гідроген), О (Оксиген), N (Нітроген), Hg (Гі- драргірум). Найлегшим є атом водню, він майже у 240 разів легший за атом урану. Проте розміри різних атомів майже од­накові — приблизно 0,00000001 см.



Молекули. Уявіть, що ви в шкільній залі, де відбувається бал. Заграла музика. І от спочатку одна, дві, а потім усе більше й більше пар кружляють у танку. Кожна пара — маленьке об'єднання, але кожна па­ра танцює сама по собі. Щось подіб­не відбувається і в світі атомів. Окремі атоми можуть об'єднувати­ся між собою. Об'єднання з двох, трьох або більшої кількості однако-

Молекули водню

НоІгку.іІ К)КІ№ Лг:; кипім АЦШН ікідіскі

Мал. 1.18

вих або різних атомів утворюють молекули (від лат. молеку­ла — маленька маса).

Важко уявити розміри і кількість молекул, з яких склада­ються ті або інші тіла. Чому? Самі поміркуйте. У краплині води міститься 1500 000 000 000 000 000 000 молекул води! Якщо вишикувати в ланцюжок усі ці молекули, то довжина ланцюжка дорівнюватиме відстані від Землі до Сонця. Якщо збільшити, наприклад, молекулу до розмірів яблука та у стіль­ки само разів яблуко, то воно стане завбільшки із Землю.

Відмінність атомів і їх здатність об'єднуватися в молеку­ли — одна з причин того, що різні речовини мають неоднакові властивості. Кисень підтримує процес горіння, а азот — ні. Вода за кімнатної температури — прозора рідина, а залізо — сріблясте тверде тіло.

Речовини, молекули яких складаються з атомів одного й того ж самого елемента, називаються простими речовинами. Молекули кисню складаються з двох атомів Оксигену. Ки­сень — проста речовина. Молекулу води позначають Н20. Не­важко здогадатися, що вона складається з двох атомів Гідро­гену та одного атома Оксигену. Вода — складна речовина. На мал. 1.18 зображено моделі цих молекул.

Є й такі елементи, атоми яких не об'єднуються ні між со­бою, ні з атомами інших елементів. Молекули таких речовин складаються лише з одного атома, тобто є одноатомними.

Мялккулн шли

Внутрішню будову атома уявити важко. Однак процеси, які відбуваються в атомах, відіграють надзвичайно важливу роль у Всесвіті. Саме завдяки їм зірки випромінюють світло й тепло. Пізнання будови атомів дало змогу створити нові дже­рела енергії, винайти нові засоби зв'язку, отримати матеріали, яких немає в природних умовах. Вогні неонових реклам, сві­тіння електричної лампочки у вашій квартирі — це також наслідки тих процесів, які відбуваються в атомах.

Початкові відомості про будову атома. У XIX ст. більшість учених визнавали існування атомів як найдрібніших частинок, з яких побудована речовина. Проте в кінці XIX ст. було відкри­то частинку, яка виявилася в 1840 разів легшою від найлегшого за відомих у природі атома — Гідрогену. Цю частинку назвали електрон. Його було так названо за притаманну йому власти­вість, якої набуває потертий об хутро бурштин. Грецька назва бурштину "електрон", що означає "сонячний камінь".

За легендою, першим дослідив властивість виробів з бурш­тину, потертих об вовну, притягувати до себе легкі предмети знаменитий стародавній філософ Фалес Мілетський. Пізніше виявили, що подібних властивостей набувають тіла, виготовле­ні й з інших речовин: скло, потерте об шовк, ебоніт, потертий об хутро, пластмасові предмети, потерті папером, й ін. Цю вла­стивість назвали електричний заряд.

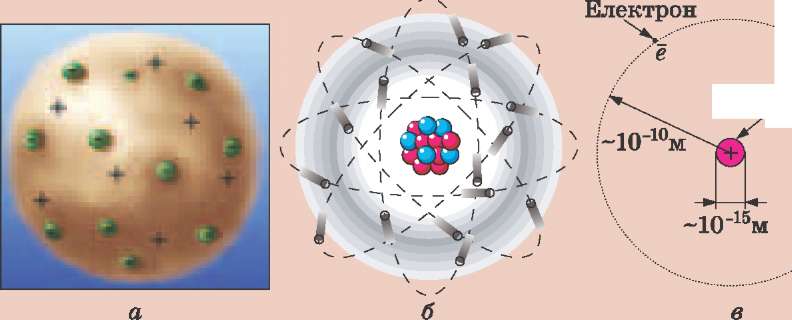
Вивчаючи електричні заряди, яких набували різні тіла, вчені виявили, що електричний заряд бурштину, натертого вовною, дещо інший, ніж заряд, якого набуває потерте об шовк скло. Так, дві бурштинові палички після натирання вов­ною відштовхуються одна від одної. Скляні палички, натерті шовком, теж відштовхуються. А натерті шовком скляна й вовною бурштинова палички притягуватимуться. На підставі цього дійшли висновку, що існує два типи електричних зарядів. Тіла, які мають заряди одного типу, відштовхуються, а тіла з різними зарядами — притягуються. Заряд, що виникає на бурштині, натертому вовною, й такий самий заряд на тілах з інших речовин, назвали негативними і позначили "—". Заряд скляної палички, потертої об шовк, назвали позитивним і позначили "+".

Результати дослідів, проведених англійським фізиком Джо­зефом Томсоном та американським ученим Робертом Міллі- кеном, свідчили, що електрон має найменший негативний електричний заряд, який далі не ділиться. Відкриття електро­на показало, що атом не є чимось на зразок суцільної кульки, а має складну будову.

Подальші дослідження будови атома довели, що він склада­ється з позитивно зарядженого масивного ядра та електронної оболонки. Його розміри визначаються діаметром електронної оболонки. Діаметри ядер у тисячу разів менші, ніж розміри атомів. Кількість електронів у атомі така, що їх загальний (не­гативний) заряд дорівнює позитивному заряду ядра, тому атом у звичайному стані нейтральний (не має електричного заряду).



Першу модель внутрішньої будови атома запропонував Дж. Томсон. За цією моделлю атом — це суцільна куля радіусом у стомільйонну частину сантиметра (108 см) з позитивним зарядом. У цю кулю вкраплені, ніби ро­дзинки у пудинг, електрони (мал. 1.19, а). Сумарний заряд електронів і позитивний заряд кулі однакові. Тому зага­лом атом нейтральний. Таке уявлення про будову атома діста­ло назву пудингової моделі атома, або моделі атома Томсона.



Ядро атома

Мал. 1.19

Дослідження, проведені на початку XX ст. видатним ан­глійським фізиком Ернестом Резерфордом та іншими вченими, дали змогу встановити, що пудингова модель не відповідає дій­сності. Результати виконаних ними експериментів показали, що атом має дуже мале за розмірами, але дуже масивне пози­тивно заряджене ядро. Було запропоновано іншу модель: атом нагадує Сонячну систему — навколо маленького масивного, по­зитивно зарядженого ядра обертаються електрони, ніби пла­нети навколо Сонця. Цю модель назвали планетарною, або мо­деллю атома Резерфорда.

Атоми часто зображають у вигляді, що нагадує планетну систему (мал. 1.19, б, в). Насправді це дуже наближена модель будови атома, за допомогою якої можна пояснити лише деякі його властивості.

У XX ст. було виявлено, що ядро атома також не суцільне. Воно складається з протонів — позитивно заряджених части­нок і нейтронів — частинок, які не мають електричного заря­ду. У протона заряд такий самий, як і в електрона, але він більш як у 1840 разів масивніший. Маса нейронів дещо більша,

ніж протонів. У нейтральному атомі кількість електронів дорів­нює кількості протонів. Найлегшим і найпростішим за своєю будовою виявився атом водню (Гідрогену). Його ядро складаєть­ся лише з одного протона, а оболонка — з одного електрона.

Електромагнітні поля, породжені зарядженими частинка­ми, що входять до складу атома, утримують його електронну оболонку. Завдяки електромагнітним полям атоми можуть взаємодіяти між собою й з'єднуватися в молекули. Протони і нейтрони утримуються в ядрі за рахунок особливого поля, яке забезпечує їх сильну взаємодію. За звичайних умов, оскільки кількість протонів і електронів у атомів однакова, сумарний позитивний і негативний заряди атомів і відповідно тіл дорів­нюють нулю.



Атоми можуть втрачати один або кілька своїх електронів і включати до своїх оболонок електрони інших атомів. Такі атоми називають іонами. Атом, що втратив електрон, стає позитивним іоном. Позитивний заряд його ядра буде більшим за загальний заряд електронної оболонки. Навпаки, якщо атом приєднує до себе електрон, він стає негативно зарядженим іоном. Електрони різних речовин по-різному пов'язані з ядрами атомів. Коли па­личку зі скла натирають шовком, частина електронів його ато­мів переходять до шовку. Ці атоми стають позитивними іонами. Тому скляна паличка набуває позитивного заряду.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Які є свідчення того, що речовина складається з атомів і молекул?
2. Чи насправді атом є неподільним?
3. Наведіть приклади атомів та приклади молекул різних речовин.
4. Чому різні речовини мають неоднакові властивості?
5. Маса молекули води становить 0,000 000 000 000 000 000 000 027 (2,7 • 10-23 г). Знаючи масу молекули, знайдіть їх кількість у 1 г води.
6. Фізики жартують! Отримати частинку розмірами з атом виявляється не так уже й складно. Спробуйте! Для цього візьміть велике яблуко, розріжте його навпіл. Одну з половинок знову розріжте навпіл. Повторіть цю процедуру ще 30 разів і ви досягнете мети. У ваших руках буде один з атомів яблука.

§ 6. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЧЕННЯ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

Припущення Левкіпа та Демокріта щодо атомів як наймен­ших неподільних частинок, з яких складається навколишній світ, були розвинуті Епікуром. Стародавні вчені вважали, що атоми незмінні, вічні, відрізняються один від іншого формою і розміром. Форма атома істотно визначає властивості речовин, що утворюються. Атоми знаходяться в безперервному русі. Вчення Демокріта та Епікура було викладено у поемі римсько­го поета Лукреція Кара "Про природу речей".

Припущення цих учених були лише здогадами, які не ма­ли експериментальних підтверджень. Тому багато століть панувало вчення Аристотеля, який не визнавав існування ато­мів. У часи середньовіччя атомістичне вчення взагалі було заборонене. У 1626 р. паризький парламент під загрозою смертної кари заборонив поширення вчення про атоми.

Проте унаслідок накопичення експериментальних фактів і неможливості їх пояснити з позицій Аристотеля дедалі більше вчених, починаючи з XVII ст., поверталися до думки про те, що речовина складається з окремих частинок. Розвиваючи ато­містичне вчення, французький учений Гассенді дійшов виснов­ку, що атоми можуть сполучатися й утворювати частинки, які він назвав молекулами. Подальший розвиток атомно-молеку­лярної теорії будови речовини пов'язаний з іменами Михайла Ломоносова, Джона Дальтона, Джеймса Максвела, Дмитра Менделєєва, Алена Перрена, Ернеста Резерфорда та багатьох ін­ших учених. Вчення про атомно-молекулярну будову речовини ґрунтується на трьох положеннях:

* 1. Усі тіла складаються з дуже малих частинок: атомів і молекул. Між ними є проміжки.
  2. Молекули безперервно рухаються.
  3. Між молекулами існує взаємне притягання і відштовху­вання.

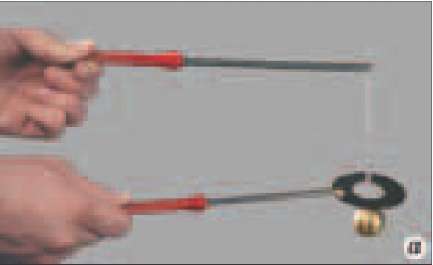
Що дає змогу прийняти ці положення? Як можна довести їх справедливість? Звичайно, це результати спостережень і досліди.

У скляну трубку з внутрішнім діаметром 5—7 мм і зав­довжки 25—30 см, запаяну з одного боку, наллємо трохи мен-

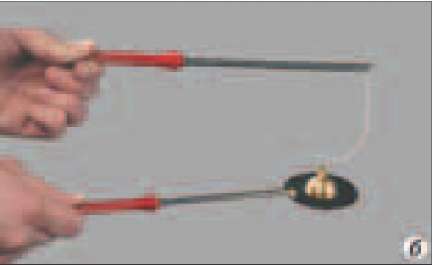
ше ніж до половини води, а потім (обережно) стільки само під­фарбованого зеленкою спирту. Спирт легший за воду, тому він знаходиться над водою. У трубці видно чітку межу поділу між рідинами. Позначимо верхній рівень спирту у трубці (верхню межу загального стовпчика рідин). Закриємо пальцем отвір трубки й енергійно перемішаємо рідини, струсивши кілька разів трубку. Виявилося, що їх загальний об'єм зменшився. Верхній рівень суміші спирту і води став нижчим. Це ніби 1 + + 1 < 2!

Результат досліду можна пояснити тим, що речовини скла­даються з окремих частинок (молекул), між якими є про­міжки. Молекули різних речовин різні. Під час змішування молекули однієї речовини розташовуються у проміжках між молекулами іншої. Цим і пояснюється зменшення загального об'єму суміші.

Змоделювати перемішування різних речовин можна так. Візьміть склянку неподрібненого гороху та склянку пшона. У прозору півлітрову пластикову пляшку висипте спочатку горох (щоб легше було насипати, шийку пляшки можна зрізати гост­рим ножем), а потім обережно пшоно. Розрівняйте його поверх­ню і позначте її рівень на стінці посудини маркером. Отвір пляшки закрийте кришкою або долонею і кілька разів струсіть її. Ви помітите, що рівень суміші в пляшці знизився: пшоно проникло між горошинами і заповнило проміжки між ними.



Візьмемо металеву кульку, підвішену на ланцюжку, і мета­леве кільце з ручкою. Кулька легко проходить крізь кільце (мал. 1.20, а). Нагріємо кульку за допомогою спиртівки і спро­буємо пропустити її через кільце. Вона не зможе пройти крізь кільце і залишиться на ньому (мал. 1.20, б). Через деякий час вона, охолонувши, випаде з отвору кільця і повисне на лан­цюжку. Це можна пояснити тим, що внаслідок нагрівання



Мал. 1.20



Мал. 1.21

б

а

проміжки між молекулами збільшуються, зумовлюючи збіль­шення розмірів тіл.

Сучасні електронні мікроскопи та іонні проектори дають змогу отримувати фотографії молекул і з'ясовувати, як вони розміщені в речовинах.

Рух молекул. У 1827 р. англійський ботанік Роберт Броун за допомогою мікроскопа досліджував краплину води, в якій знаходився пилок рослин. Він спостеріг, що частинки пилку рухаються, постійно змінюючи напрямок руху, коливаються й обертаються. Рух частинок ні на мить не припиняється. Мен­ші частинки переміщуються швидше, більші — "танцюють" на місці. Чи не живі це істоти? Перш ніж заявити про відк­риття нових живих організмів, слід добре все перевірити. Р. Броун розтирає на пил сірку, потім каміння, але ефект той самий. Отже, будь-які мікроскопічні частинки в рідині хао­тично рухаються. Пізніше це явище виявили й для частинок, які містяться у газі. Так само, наприклад, поводять себе час­тинки диму в повітрі. З підвищенням температури рух частинок стає швидшим. Ученим знадобилося 80 років, щоб пояснити це явище, яке було названо броунівський рух.

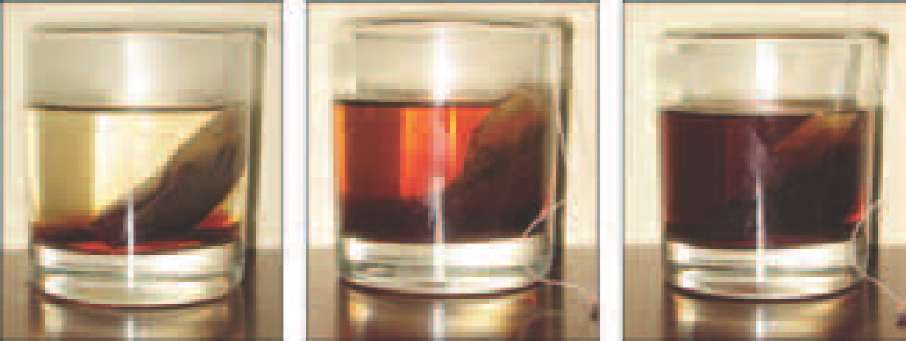
А чи замислювалися ви, чому запах квітів, пролитої паху­чої рідини або страви, яка вариться на плиті, ми відчуваємо навіть на відстані? Заливши окропом чай, ми вже за кілька хвилин маємо пахучий золотавий напій. Вода, в яку занурили пакетик з чаєм, навіть без помішування, спочатку знизу, а через певний час і в усьому об'ємі набуває кольору. Ви вже, очевидно, здогадалися, що броунівський рух, поширення запа-

хів, розчинення цукру і заварювання чаю пов'язані з рухом молекул, з яких складаються речовини.

У звичайний мікроскоп побачити молекули не можна. Про­те добре видно маленькі, але в десятки разів більші за моле­кулу, нерозчинні частинки пилку або фарби, що є в рідині (мал. 1.21, а). Рух цих частинок пояснюється ударами моле­кул рідини, яких вони зазнають із різних боків (мал. 1.21, б). Уявіть собі гравців у м'яч, який у 10, а то й у 100 разів біль­ший за них. Гравців багато. Вони по кілька чоловік б'ють по ньому з різних боків одночасно. З якого боку менше ударів, ту­ди й полетить м'яч. Броунівський рух частинок виникає внас­лідок їх співударів з молекулами рідин і газів, які хаотично (безладно) рухаються.

Поширення запахів, заварювання чаю, забарвлення рідини, розчинення цукру є проявом явища дифузїі. Дифузія — це проникнення молекул однієї речовини у проміжки між моле­кулами іншої. Ви знаєте, що запахи досить швидко поширю­ються на значні відстані. Щоб забарвлення води стало рівно­мірним, без її перемішування, потрібно значно більше часу. Чому дифузія в газах відбувається значно швидше, ніж у рі­динах? А тому, що в газах проміжки між молекулами великі й молекули газу швидко рухаються.

У рідинах молекули розміщені щільно, мов люди в автобу­сі у "години пік". Тому молекулам слід добре "поштовхатися", щоб переміститися на інше місце. Швидкість безладного руху молекул у рідинах значно менша, ніж у газах, унаслідок чого дифузія в них відбувається значно повільніше. Це добре ілю­струє мал. 1.22, на якому зображено три склянки з окропом,



Мал. 1.22

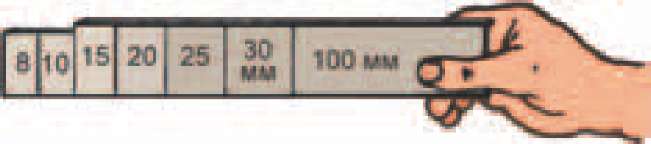
в які вміщено пакетики з чаєм; зображення одержані з інтер­валом у кілька хвилин.

Дифузія може відбуватися навіть у твердих тілах, де мо­лекули "упаковані" ще щільніше, ніж у рідині, і у певному порядку. Це підтверджено дослідами. Добре відшліфовані золоту і свинцеву пластинки поклали одну на одну, стиснули й зали­шили на кілька років. Через п'ять років з'ясувалося, що вони зрослися. Результати подальших досліджень з використанням хімічного аналізу показали, що на один міліметр золото про­никло в свинцеву пластинку, а свинець — у золоту.

Дифузія відіграє важливу роль у житті людей, тварин і ро­слин. Унаслідок дифузії під час дихання кисень з повітря проникає в організми людей і тварин, а звідти виділяється вуглекислий газ. Завдяки дифузії поживні речовини надходять до клітин живих організмів, підтримуючи їх життєдіяльність.

Взаємодія молекул. Якщо тіла складаються з окремих ча­стинок, які рухаються, то чому вони можуть зберігати свою форму та об'єм? Чому, щоб розірвати нитку або зламати па­личку, слід докласти зусиль? Зусилля потрібні й тоді, коли ми хочемо розтягнути шматочок гуми.





Мал. 1.24

Занурте у воду скляну пластинку. Вийнявши її, побачите, що вона вкрита краплями води. Це свідчення того, що між мо­лекулами існують сили притягання, які діють на дуже малих відстанях, зокрема таких, як розміри самих молекул. Тому зламані речі не можна відновити, стуливши їхні частини. Нерівності не дають змоги наблизи­тися значній кількості молекул на потрібну від­стань. Проте якщо два шматочки пластиліну притиснути один до одного, вони з'єднаються. Як­що притиснути один до одного свіжими зрізами два свинцеві циліндрики, то вони також злип­нуться; до них навіть можна буде причепити вантаж масою у кілька кілограмів (мал. 1.23).

5 кг

Мал. 1.23

Для точних вимірювань у техніці використовують плитки Йогансона. їхні поверхні відполіровані так, що при з'єднанні вони "прилипають" одна до одної (мал. 1.24).

Спробуйте стиснути гумку, якою ви користуєтеся для сти­рання написів олівцем. Відчуваєте опір? Закрийте отвір у на­сосі від велосипеда та натисніть на ручку. При цьому потрібно докласти зусиль, щоб стиснути повітря, яке міститься в ньо­му. Якщо відпустити стиснений м'яч, шматочок гуми або зіг­нуту лінійку, вони відновлять свою попередню форму.



Молекули, з яких складаються тіла, не лише притя­гуються між собою, а й відштовхуються.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Які явища свідчать про те, що молекули хаотично рухаються?
2. Що таке броунівський рух?
3. Що таке дифузія?
4. Чому дифузія та броунівський рух прискорюються з підвищенням температури?
5. Наведіть приклади, які свідчать, що між молекулами діють сили притягання і відштовхування.
6. На яких відстанях між молекулами виявляються ці сили?
7. Візьміть два невеликих цвяхи, п'ятикопійкову монету і дощечку. Забийте цвяхи в дощечку так, щоб монета впритул, але вільно прохо­дила між ними. Потріть монету об дошку, щоб вона добре нагрілася,

і спробуйте протиснути її між цвяхами. Залиште монету на 2—3 хв і знову спробуйте протиснути її між цвяхами. Поясніть результат досліду.

1. Візьміть годинник, станьте в одному кінці кімнати і попросіть будь-кого з вашої сім'ї капнути на блюдечко в іншому кінці кімнати кілька крапель одеколону або інших парфумів. Через який проміжок часу ви відчуєте їхній запах?

§ 7. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІЛ У РІЗНИХ АГРЕГАТНИХ СТАНАХ

Ви вже знаєте, що одна й та сама речовина може перебува­ти у трьох агрегатних станах — твердому, рідкому і газоподіб­ному. Пояснити це можна на підставі уявлень про молекулярну будову речовини. Молекули перебувають у постійному русі, причому швидкість їх руху залежить від температури. Зі зро­станням температури тіл збільшуються й проміжки між моле­кулами. Сили взаємодії між молекулами виявляються лише на малих відстанях. У твердих тілах молекули розміщені досить щільно. Якщо відстань між двома сусідніми молекулами від­повідає розмірам молекул, то сили притягання й відштовху­вання зрівноважують одна одну.

Якщо з будь-яких причин ця відстань зменшується, то сили відштовхування і притягання зростають. Проте сили відштов­хування збільшуються швидше, ніж сили притягання, тому сили відштовхування переважатимуть і молекули намага­тимуться повернутися до попереднього положення. Навпаки, у разі збільшення відстані зменшуються і сили притягання, і сили відштовхування. Але перші зменшуватимуться повільніше, ніж другі. Отже, переважатимуть сили притягання. На підставі цього можна пояснити, чому під час стискання й розтягування тверді тіла намагаються відновити свою форму.

Щільне розміщення молекул і атомів у твердих тілах зумо­влює впорядкованість їх взаємного розміщення. Затиснені з усіх боків своїми сусідами, молекули твердої речовини можуть лише коливатися, залишаючись на місцях. Тому тверді тіла добре збе­рігають свою форму та об'єм. їх майже не можна стиснути.

У разі нагрівання твердих тіл швидкості коливань молекул і відстані між ними зростають. Настає момент, коли вони вже не можуть утриматися разом і, переміщуючись на інше місце, спричинюють подібну взаємодію вже з іншими довколишніми молекулами. За певної температури тверде тіло, в якому всі молекули були ніби вишикувані у певному порядку, перетво­рюється на рідину.

У рідинах відстані між молекулами ненабагато більші за їх­ні розміри. Сили взаємодії між ними ще досить значні. Проте кожна з молекул рухається хаотично. Трохи поколивавшись, молекули перескакують на інше місце. Вони часто змінюють своє положення. Внаслідок частих переміщень молекули в рі-

дині не мають певного порядку розміщення. На молекули, як і на будь-які тіла, діє земне тяжіння, тому вони намагаються пе­реміститися донизу. Цим пояснюється плинність рідин. Рідини розтікаються по поверхні або набувають форми тієї посудини, в яку їх наливають. Оскільки сили взаємодії між молекулами ще досить значні, рідини зберігають свій об'єм. Молекули ріди­ни розміщені досить щільно і їх важко стиснути.

Унаслідок нагрівання рідини зростають відстані між моле­кулами та їх швидкості. Завдяки цьому сили притягання між молекулами можуть зменшитися настільки, що будуть не в змозі утримувати їх разом. Дедалі більше молекул біля по­верхні долають сили притягання з боку сусідів і вилітають з рідини. Поступово вся рідина випаровується. Відстані між молекулами, що вилетіли з рідини, у десятки разів більші, ніж їхні розміри. За цих умов сили притягання і відштовху­вання виявляються лише під час зіткнень молекул.



Зіштовхуючись між собою на великих швидкостях, моле­кули знову розлітаються в різні боки. Рух молекул стає без­ладним. Такий стан речовини називають газоподібним, або просто газом. Назва "газ" з'явилася не випадково. Вона похо­дить від грецького слова "хаос" — безладдя. Гази не мають ні власної форми, ні об'єму і займають увесь простір (наприклад, балон, кімната, м'яч), рівномірно розподіляючись по ньому. Внаслідок великих відстаней між молекулами і малих сил взаємного відштовхування гази можна легко стиснути, тобто у багато разів зменшити їхній об'єм.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. За вченням про молекулярну будову речовини всі тіла складають­ся з молекул. Як можна пояснити те, що тверді тіла самочинно не роз­падаються на окремі молекули?
  2. Як змінюються сили притягання і відштовхування між молекулами залежно від відстані між ними?
  3. Чому дві грудочки крейди або частини зламаної лінійки не з'єдну­ються навіть тоді, коли їх притиснути одна до одної? Чому можна легко з'єднати два шматочки пластиліну?
  4. Чому рідини зберігають лише свій об'єм і не мають власної форми?
  5. Чому гази не мають ні власної форми, ні об'єму?
  6. Як можна пояснити плинність рідини?

§ 8. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ ТА ЇХ ВИМІРЮВАННЯ. ОДИНИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Фізичні величини. Тіла та явища розрізняються своїми властивостями. Одні тіла великі, інші маленькі. Вони різні за кольором, мають різний смак, запах, форму. Явища можуть тривати певний час, супроводжуватися змінами температури, розташуванням тіл. У повсякденному житі, в техніці, під час наукових досліджень виникає потреба порівнювати властиво­сті різних тіл і явищ, з'ясовувати, як ці властивості змінюють­ся з часом. Розміри меблів мають відповідати розмірам примі­щення та розмірам дверей, крізь які їх заноситимуть. Щоб з деталей можна було скласти пристрій чи машину, вони повин­ні мати певні розміри й форму.

Порівнюючи ті чи інші властивості тіл і явищ, ми завжди порівнюємо лише однакові (однорідні) їх властивості. Порів­нявши тривалість зимового і літнього дня, можна сказати, що вони розрізняються на кілька годин. Можна порівняти денну і нічну температури повітря у Києві та Сімферополі. Проте нісенітницею було б повідомлення: "Тривалість дня зменшила­ся на 5 °С". Час і температура — різні властивості, їх не мож­на порівнювати. А от довжину шкільного коридору можна порівняти з довжиною кроку будь-якого учня й сказати, що вона дорівнює двадцяти п'яти крокам Петра або тридцяти кро­кам Олесі. Довжина, час, температура, об'єм характеризують властивості, притаманні багатьом тілам і явищам, їх числові значення можуть бути різними.

Кількісну характеристику властивості, притаманної

багатьом тілам або явищам, називають фізичною величиною.

Наприклад, ширина стола, відстань між зіницями наших очей, висота телевізійної вежі — окремі випадки фізичної ве­личини довжини. Площа сторінки зошита і площа квартири, маса вашого зошита та маса найбільшої планети Сонячної системи — Юпітера, характеризують притаманні різним тілам властивості, які розрізняються кількісно.

Не всі властивості можна виразити і порівняти за допомо­гою чисел. Чи можна визначити, у скільки разів конвалія духмяніша за фіалку або на скільки мед солодший за цукор?

Властивості, які неможливо охарактеризувати кількісно, не є фізичними величинами.

Вимірювання фізичних величин. Вивчення фізичних тіл і явищ пов'язане з вимірюванням фізичних величин. Розгля­немо простий побутовий випадок. У кімнату потрібно занести стіл. Для цього необхідно знати, чи відповідає ширина сто­ла прорізу дверей. Якщо є лінійка, то спочатку визначимо скільком сантиметрам дорівнює ширина стола, а потім дверей. Далі порівняємо отримані результати. Проте уявіть собі, що лінійки немає. Ця проблема теж просто вирішується. Мож­на скористатися сірником і визначити, скільки разів його довжина вкладеться вздовж меншого боку стільниці. Потім це саме з'ясувати стосовно дверей. Якщо дверний проріз хоча б на одну довжину сірника більший, стіл можна заносити до кімнати.

На цьому простому прикладі спробуємо з'ясувати, що включає в себе процес вимірювання фізичної величини.

Вимірювання завжди проводять з певною практичною або науковою метою. У нашому разі це порівняння розмірів стола і дверей. Враховуючи конкретні умови, ми обрали засіб вимі­рювання — сірник, а його довжину — за одиницю довжини. Виконавши дослід, визначили, скільки разів довжина сірника вкладається вздовж ширини стола та у дверному прорізу. Тоб­то отримали числові значення ширини стола і дверей у довжи­нах сірника. Наприклад, виявилося, що ширина стола дорів­нює 10 довжинам сірника, а ширина дверей — 11. Отже, стіл можна занести до кімнати, не розбираючи його.

У фізиці й техніці вимірюванням називають знахо­дження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Виміряти фізичну величину означає отримати її чи­слове значення у прийнятих одиницях.

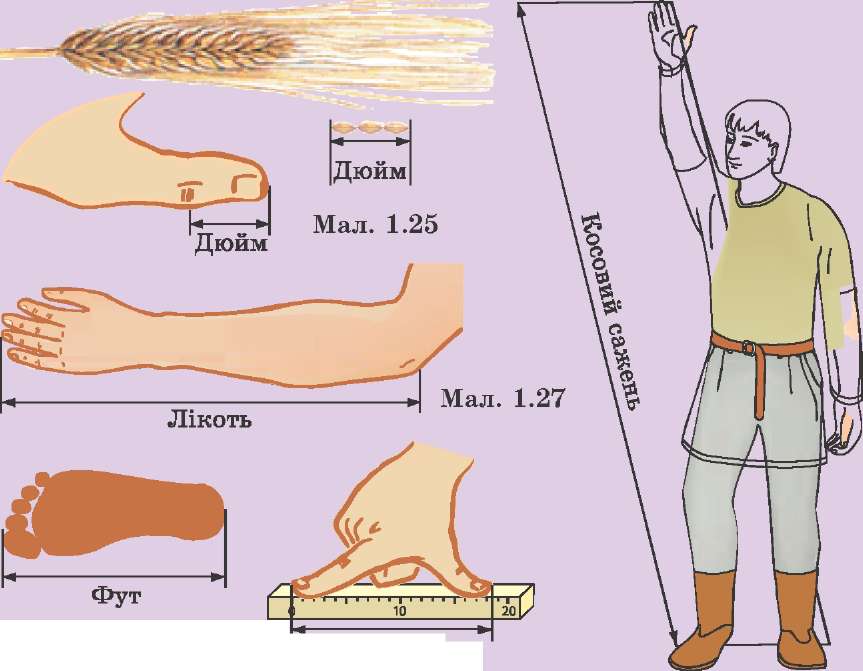
У повсякденному житті ми часто виконуємо різні вимірю­вання і навіть не замислюємося над своїми діями. Проте будь- який процес вимірювання (вимірювання відстані від Землі до Сонця чи довжини кімнати, власної температури тіла або тем­ператури сталі, що плавиться) передбачає:

* мету вимірювання;
* обрання певних засобів вимірювання;



• порівняння вимірюваної фізичної величини з однорідною величиною, умовно прийнятою за одиницю. Одиниці фізичних величин. Міжнародна система одиниць фізичних величин. Щоб знайти числове значення фізичної ве­личини, необхідно попередньо обрати її одиницю. Проводити вимірювання люди навчилися дуже давно. У різні часи у різ­них країнах з цією метою використовували різні одиниці ви­мірювання. У нашому прикладі ми за одиницю довжини обра­ли довжину сірника. Вибір одиниці фізичної величини не має принципового значення, але вона має бути зручною для відтво­рення і збереження.

Обрана нами одиниця для вимірювання розмірів стола довжина сірника — не поступається за своїми харак­теристиками одиницям, якими користувалися в різ­них країнах у давнину.



Мал. 1.26

Пядь Мал. 1.28

Мал. 1.29

За одиницю довжини у країнах Західної Європи приймали, наприклад, довжину суглоба великого пальця людини, довжину трьох зерен ячменю, що відповідає 2,54 см — дюйм (мал. 1.25), або середню довжину ступні людини — фут (мал. 1.26). Ці одиниці довжини й понині використовують у США. У Старо­давньому Єгипті відстань визначали ліктями (мал. 1.27), кро­ками, милями (тисяча подвійних кроків). Слов'янські народи використовували такі одиниці довжини, як вершок (4,4 см), п'ядь (її ще називали чверть) (мал. 1.28), аршин (близько 71 см), сажень — відстань між кінчиками пальців розведених рук, косий сажень (мал. 1.29). Ці одиниці вимірювання були зручні тим, що завжди були "під рукою".

Температуру в Україні вимірюють у градусах Цельсія (поз­начається °С), а в США — у градусах Фаренгейта (позначаєть­ся °Е). Якщо температура повітря в Нью-Йорку становить 18 °Е, жителі цього міста знають, що потрібно тепло вдягтися, а тер­мометри, якими користуються в Україні (на них стоїть познач­ка °С), показували б температуру на вулиці —8 °С. Одиницею об'єму в багатьох країнах світу є барель (1 барель відповідає 159 л або 0,159 м3).

Не можна, щоб кожен проводив вимірювання "на свій лад". Та чи інша одиниця певної фізичної величини має бути відома всім і будь-де відтворюватися однаково. Закуплені на Близько­му Сході і перевезені танкером 1000 барелів нафти повинні в Україні відповідати такій самій кількості нафти у кубічних метрах, що надійшли по нафтогону. 1 метр довжини в Україні має точно відповідати 1 метру довжини у Франції чи у будь- якій іншій країні світу. Тому найважливішою вимогою до вимірювань є їх єдиність (однаковість).

У 1960 році була прийнята єдина Міжнародна система оди­ниць (скорочено — СІ). Ця система одиниць використовується в більшості країн світу. У СІ встановлено сім основних оди­ниць фізичних величин. Зокрема, одиниця довжини — метр, одиниця маси — кілограм, одиниця часу — секунда, одиниця температури — Кельвін.

Позначення фізичних величин. Для позначення фізичних величин та їх одиниць використовують скорочені записи. Фі­зичну величину найчастіше позначають однією латинською

Таблиця 1. Фізичні величини, їх одиниці та умовні позначен­ня в системі СІ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Фізична величина | Найужива­ніші позна­чення | Назва одиниці | Скорочене | позначення |
| українське | міжнародне |
| Відстань | І, в | Метр | м | т |
| Довжина | Ь, І, а |  |  |  |
| Ширина | І, Ь |  |  |  |
| Висота | Н, Н |  |  |  |
| Площа | 5 = аЬ | Квадратний метр | м2 | т2 |
| Об'єм | V = аЬН | Кубічний метр | м3 | т3 |
| Час | £ | Секунда | с | Б |
| Маса | т | Кілограм | кг |  |

літерою. Замість того, щоб писати: довжина коридору стано­вить 10 метрів, пишуть: І = 10 м. Запис £ = 5 с означає, що явище тривало 5 секунд. Скорочений запис т = 2 кг означає, що маса цього тіла становить 2 кілограми. Назви й умовні поз­начення деяких основних фізичних величин та їх одиниць на­ведено в табл. 1.

Ви знаєте, що для визначення такої фізичної величини, як площа прямокутника, потрібно його довжину помножити на ширину. Площа прямокутної ділянки завдовжки 5 м і зав­ширшки 2 м становитиме 10 квадратних метрів. Одиницею площі у СІ є квадратний метр, скорочено — 1 м2. Відповідно одиницею об'єму є кубічний метр — 1 м3.

Кратні й часткові одиниці вимірювання. З курсу математи­ки вам відомо, що крім метра, кілограма і секунди використо­вують також інші одиниці вимірювання. Сторона клітинки у вашому зошиті, ширина його сторінки чи будь-який відрізок прямої, накресленої в ньому, значно коротший за 1 метр. Від­стань між столицею України — м. Київ — і будь-яким іншим містом вимірювати у метрах незручно, оскільки вона у багато разів перевищує метр. Це стосується також вимірювання ма­си, часу та інших величин.

Тому, крім основних одиниць вимірювання, використову­ють одиниці, менші або більші у певну кількість разів. Такі одиниці називають частковими, якщо вони у 10, 100, 1000 чи інше число разів менші за основну одиницю величини, або

кратними, якщо вони у відповідну кількість разів більші за основну одиницю. Для позначення таких одиниць використо­вують префікси.

Наприклад, префікс мілі означає у 1000 разів менший, кі­ло — у 1000 разів більший. Міліметр — це одиниця довжини, у 1000 разів менша за 1 метр. Кілометр — одиниця відстані, у 1000 разів більша за 1 метр. Зазначимо, що у назві будь-якої одиниці можна використовувати лише один префікс. Найужи­ваніші серед них, їх скорочення у назвах одиниць та множники, що їм відповідають, наведено в табл. 2, а приклади найбільш використовуваних кратних і часткових одиниць — у табл. 3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Таблиця 2. Найуживаніші префікси у назвах кратних і час­тинних одиниць фізичних величин | | | |
|  | Префікс | Позначення | Множник |
| Утвс  Гіга Мега Кіло Гекто Дека  Утво]  Деци Санти Мілі Мікро Нано | рення кратних оді Г М к г  да  )ення часткових од  д  с м мк н | ІНИЦЬ  1 000 000 000 = 109 1 000 000 = 106 1000 = 103 100 = 102 10 = 101  ИНИЦЬ  0,1 = 101 0,01 = 10-2 0,001 = 10-3 0,000001 = 10-6 0,000000001 = 10-9 |

Таблиця 3. Найуживаніші кратні й частинні одиниці

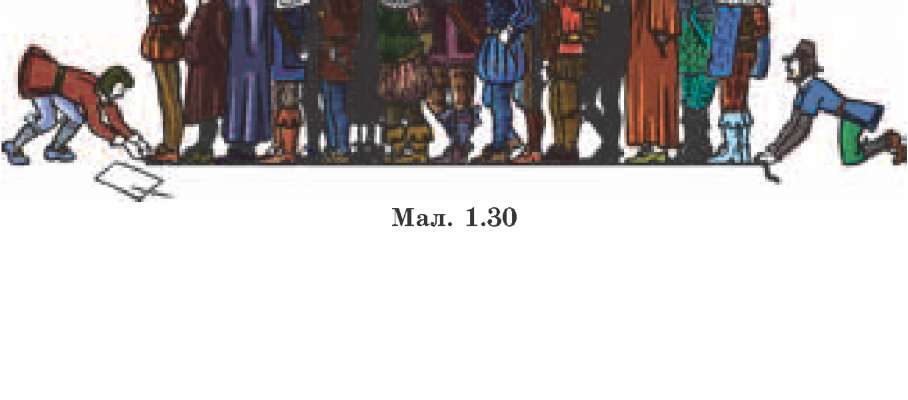
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Повна назва | Скорочена назва та її співвідношення з іншими одиницями | Повна назва | Скорочена назва та її співвідношення з іншими одиницями |
| Кілометр  Кілограм  Декалітр  Дециметр  Сантиметр | 1 км = 1000 м 1 кг = 1000 г 1 дал = 10 л 1 дм = 0,1 м 1 см = 0,01 м | Міліметр  Міліграм  Мілісекунда  Мілілітр  Мікрометр | 1 мм = 0,001 м 1 мг = 0,001 г 1 мс = 0,001 с 1 мл = 0,001 л 1 мкм = 0,000001 м |

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що називають фізичною величиною?
2. Назвіть кілька характеристик дерева, що росте під вашими вікнами, автомобіля та будинку. Які з цих характеристик є фізичними величинами, а які ні? Які характеристики є однорідними?
3. Назвіть фізичні величини, які ви знаєте.
4. Що означає — виміряти фізичну величину?
5. Які одиниці фізичних величин ви знаєте?
6. Навіщо використовують кратні й часткові одиниці величин?
7. На кресленнях деталей машин їх розміри зазначають у міліметрах. На одному із креслень вказано такі розміри: довжина — 110 мм, шири­на — 55 мм, товщина — 6 мм. Подайте ці значення у сантиметрах, де­циметрах, метрах.
8. Запишіть у секундах, хвилинах і годинах час, що становить 108 с.
9. На мал. 1.30 художник у гумористичній формі зобразив процес встановлення прийнятої в Англії одиниці довжини — фут. Його визначали як середню довжину ступні, відібравши шістнадцять людей, що вийшли із церкви. Виразіть у метрах і сантиметрах цю одиницю, якщо відомо, що загальна довжина шеренги учасників цього процесу



становила 5,1 м.



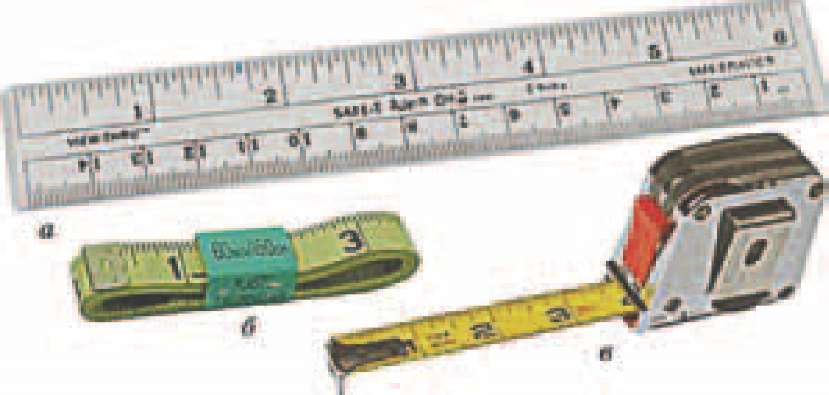
§ 9. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

Для вимірювань під час проведення наукових досліджень, виготовлення деталей машин і механізмів потрібні спеціальні засоби, які можуть зберігати й відтворювати одну або кілька одиниць фізичної величини. їх називають засобами вимірю­вань. Найпростішими засобами вимірювання фізичних вели­чин є міри.

Міра — це засіб вимірювання, який зберігає й відтво­рює одне чи кілька значень фізичної величини певного розміру.

Виміряти довжину і ширину аркуша паперу можна ліній­кою. Для знаходження температури використовують термоме­три. Масу тіл визначають за допомогою гир і терезів. Швид­кість автомобіля водій визначає за показами спідометра, а ав­тоінспектор — за показами радара.

Лінійка, мірна стрічка, рулетка — це міри, призначені для вимірювання довжини (мал. 1.31, а—в). Вони зберігають і від­творюють потрібні нам значення довжини (1 м, 1 дм, 1 см, 1 мм). Мірами є гирі, що відтворюють різні значення маси (100 г, 1 кг, 5 кг тощо). У лабораторних дослідженнях і в практичній діяльності використовують набори гир — різнова- ги (мал. 1.32).



Мал. 1.31

Риски та написи, нанесені на мірах, вказують, які розміри і яких фізичних величин вони збе­рігають. Під час вимірювань ви­мірювану величину порівнюють із мірою. Наприклад, приклали лінійку до відрізка прямої лінії, накресленої у зошиті, і бачимо: його довжина 5 см. Мірами, що дають змогу визначати об'єми налитої у них рідини, є мензур­ки і мірні циліндри (мал. 1.33, 1.34). Риски на їхніх бічних по­верхнях показують, якому об'єму відповідає внутрішній об'єм мензурки або циліндра від денця до цієї риски. Система рисок і написів біля них утворює шкалу. За допомогою шкали об'єм рідини, налитої у мензурку або циліндр, порівнюють із вну­трішнім об'ємом цих мір.

Еталони. Щоб забезпечити єдиність (однаковість) вимірю­вань, учені різних країн за домовленістю створили зразкові міри одиниць фізичних вели­чин. Найточнішими мірами є ета­лони.

За еталонами виготовляють зразкові засоби вимірювань, а з їх допомогою — робочі: лінійки, гирі та інші вимірювальні засоби, якими користуються в побуті та на виробництві.



Мал. 1.32



Мал. 1.33

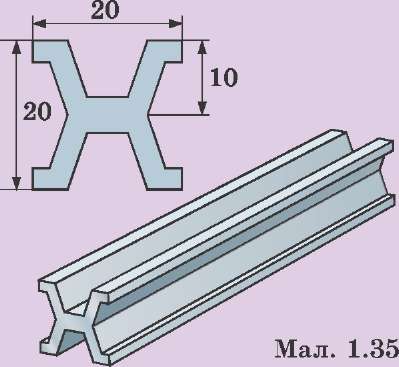
Мал. 1.34

Вимірювальні прилади. Спро­буйте лінійкою виміряти товщину одного аркуша паперу з вашого зошита. Неможливо також ви­готовити лінійку, якою можна було б виміряти висоту польоту літака або глибину занурення підводного човна. Для цього ви­користовують спеціальні вимірю­вальні прилади, що ґрунтуються на застосуванні різних фізичних



явищ. Так, для визначення товщини аркуша паперу можна скористатися штангенциркулем (мал. 1.36, а) або мікрометром (мал. 1.36, б). Висоту польоту літака пілот визначає альтиме­тром, а диспетчери в аеропорту — за радіолокатором.

Тривалий час міжнародним еталоном метра вважала­ся відстань між двома рисками, нанесеними на пла­тиново-іридієвий стрижень спеціального профілю (мал. 1.35). Цей стрижень зберігається у Міжнародно­му бюро мір і ваг, але вже як історичний експонат, оскільки нині використовують точніший еталон метра.





І

Прилади, иа відміну від мір, показують значення вимірю­ваної величини у зручному для зчитування вигляді. Є прила­ди, на яких безпосередньо відображуються числові значення вимірюваної величини. Наприклад, цифри на табло електрон­ного годинника — значення часу (мал. 1.37). Безконтактний термометр, спрямований на нагріте тіло, показує значення його температури на дисплеї (мал. 1.38). Такі прилади називають цифровими.

У більшості вимірювальних приладів є шкали та покажчи­ки. Кожен штрих відповідає певному значенню фізичної вели­чини, для вимірювання якої призначено прилад. Біля деяких штрихів наносять числові значення величин. Як покажчик використовують стрілки, поверхню стовпчика рідини, кінець стрижня, світловий промінь. Покажчики вказують на значен­ня фізичної величини, яку вимірюють за допомогою приладу. Так, стрілка барометра вказує на шкалі значення атмосферно­го тиску (мал. 1.39), а кінець стовпчика підфарбованого спир­ту або ртуті в капілярі рідинного термометра — значення тем­ператури.



Мал. 1.37

Мал. 1.38

Кожний вимірювальний прилад характеризується певними межами вимірювання — найменшим і найбільшим значенням величини, для вимірювання якої він призначений. Межі вимі­рювання приладу можна визначити за його шкалою. Так, за допомогою термометра, зображеного на мал. 1.40, можна вимі­ряти температуру від —10 °С (нижня межа) до 50 °С (верхня межа). У зображеної на мал. 1.41 лінійки межі вимірювання такі: 0 — нижня межа і 10 см — верхня межа.



Мал. 1.39 Мал. 1.40



КііжііЛ Мг:к: пісніртсиііісіізі Пч'риші

Мал. 1.41

Нанести на шкалу штрихи, які б відповідали всім значен­ням вимірюваної величини, неможливо. Тому зазвичай над штрихами зазначають лише кілька значень. Відстані між двома сусідніми штрихами, біля яких проставлено значення фізичних величин, часто додатково ділять, наносячи менші штрихи (подивись на свою лінійку). Біля них нічого не пи­шуть.

Інтервал між двома сусідніми штрихами шкали на­зивають поділкою. Значення величини, що відповідає найменшій поділці, називають ціною поділки.

Щоб визначити ціну поділки, різницю значень величин для двох найближчих штрихів із числовими відмітками потрібно поділити на кількість поділок між ними. Так, для лінійки (мал. 1.41) ціна поділки становить 0,5 см.

Визначимо ціну поділки секундоміра (мал. 1.42). Промі­жок між штрихами, що відповідають 10 с і 15 с, становить 5 с (15 с — 10 с = 5 с) і має 25 поділок. Тоді 5 с : 25 поділок =

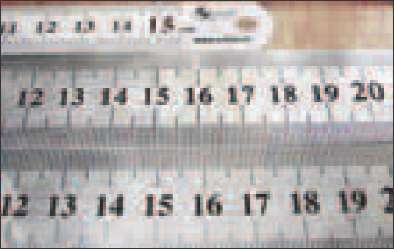


Мал. 1.42

Мал. 1.43

= 0,2 с/под. Отже, ціна поділки цього секундоміра 0,2 с. Ціну поділки і межі вимірювань у деяких випадках зазначають на при­ладі. Так, на циферблаті секундоміра вказано ціну поділки — 0,2 б. Згідно з написами на корпусі мікрометра (мал. 1.43) ці­на поділки його шкали становить 0,01 мм, а межі вимірюван­ня — від 0 до 25 мм.

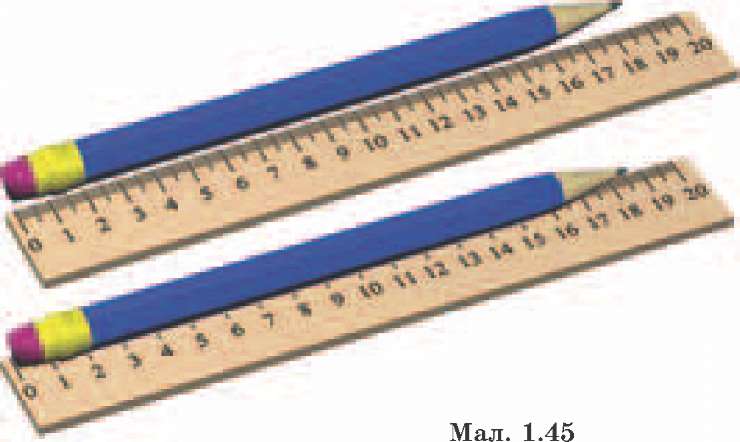
Виконайте таке дослідження. Сумістіть нульові штрихи своєї лінійки і лінійки товариша. Перевірте, чи точно суміща­ються інші штрихи на їхніх шкалах. Результат одного з таких порівнянь лінійок зображено на мал. 1.44. Як бачимо, розбіж­ність на 15-сантиметровій поділці становить від 0,5 до 1 мм. Покази двох термометрів також часто розрізняються.



Мал. 1.44

Жодна міра чи вимірювальний прилад не є абсолютно точними. Причин може бути кілька. Неточність виготовлен-

ня, зношування внаслідок трива­лого використання, налипання бруду. Крім того, на точність приладів можуть впливати тем­пература довкілля, вологість по­вітря та інші чинники. Тому ви­мірювальні прилади завжди вно­сять у результат вимірювання деяку неточність — похибку.



Щоб похибка, зумовлена вимірювальним приладом, була найменшою, його потрібно використовувати за відповідних умов вимірювання. Основні з цих умов зазначають на приладі. Наприклад, на мензурці написано "20 °С". Це означає, що за цієї температури позначки її шкали найточніше відповідають зазначеним на ній об'ємам.

Використовуючи вимірювальні прилади, ми своїми діями також вносимо у результат вимірювання деяку похибку. Спро­буйте виміряти за допомогою лінійки довжину кулькової руч­ки або олівця. Якщо ручку покласти на шкалу лінійки, то її довжина, наприклад, становитиме 14 см 6 мм. Розмістивши ручку на столі впритул до лінійки, отримаємо значення 14 см 5 мм (мал. 1.45).

Ви, очевидно, зрозуміли, що найточнішим результат буде тоді, коли лінія зору проходитиме через кінчик ручки перпен­дикулярно до шкали лінійки. У визначенні цієї перпендику­лярності можемо покладатися лише на свій зір, а він іноді нас підводить. Тому під час будь-яких вимірювань унаслідок не­точності приладів і помилок під час зчитування їх показів отримане значення фізичної величини містить у собі похибку вимірювання — різницю між істинним значенням величини і знайденим.

Виміряне значення шуканої величини відрізняється від істинного (справжнього) її значення на похибку вимі­рювання.

Для зменшення похибок обирають і навіть спеціально виго­товляють точніші прилади, а також вдаються до спеціальних заходів. Для вимірювання, наприклад, діаметра кулі можна використати додаткові кутники або прямокутні брусочки з пе­ревіреними за допомогою кутників гранями (мал. 1.46). Близь­кий до істинного результат можна отримати, знайшовши його середнє значення за кількома вимірюваннями.

Вимірюючи об'єм рідини за допомогою мензурки чи мір­ного циліндра, потрібно стежити, щоб поверхня, на якій вони знаходяться, була горизонтальною. Крім того, біля стінок цих приладів поверхня води може підніматися вгору, утворю­ючи так званий меніск. Меніск біля стінки має вигляд обід­ка завширшки приблизно 1 мм і навіть більше. Тому об'єм рідини визначають за нижнім рівнем меніска, якщо він заг­нутий угору. При цьому лінія зору має бути горизонтальною (мал. 1.47).

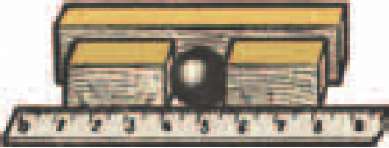


Верхня межа вимірювання

Мал. 1.47

Точність вимірювання стає великою проблемою в науці й техніці. Розробленням теорії вимірювань займається спеціаль­на наука — метрологія. Врахувати всі похибки, які виникають під час вимірювання, досить

складно. Можна вважати, що найбільша похибка тих засобів вимірювань, якими ви кори­стуєтеся, не перевищує ціни поділки приладу. Тому резуль­тат вимірювання довжини ручки можна записати так: І = = (146 ± 1) мм або І = (14,6 ± ± 0,1) см. Отже, істинне зна­чення довжини ручки знахо­диться в інтервалі від 14,5 до 14,7 см.



Мал. 1.46

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Наведіть приклади засобів вимірювань, які ви знаєте. Для вимірю­вання яких величин їх використовують?
2. Яка відмінність між мірами і вимірювальними приладами?
3. Яке призначення еталонів?
4. Які вимірювальні прилади є у вас вдома? Які фізичні величини можна виміряти за допомогою цих приладів?
5. У стародавні часи на Близькому Сході використовували таку одиницю довжини (відстані), як стадія — відстань, яку долала доросла людина упродовж часу, поки Сонце знаходилося над горизонтом.

Чи можна було вважати цю одиницю довжини точною? Відповідь обґрунтуйте.

1. Що таке межі вимірювання вимірювального приладу?
2. Як визначити ціну поділки вимірювального приладу?
3. Чому вимірювання не дає змоги отримати точне значення фізич­ної величини?
4. Що таке похибка вимірювання? Як можна приблизно оцінити похибку вимірювання?
5. Виміряйте лінійкою діаметри таких монет: 1, 2, 5 копійок. На скільки вони розрізняються? Яка похибка вимірювання? Як можна підви­щити точність вимірювання?



1. Спробуйте, користуючись підручними засобами, визначити тривалість падіння однієї краплі з крана. Опишіть, як ви це зробили.



ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 Ознайомлення з вимірювальними приладами. Визначення ціни поділки шкали приладу

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Назва засобу | Яку фізичну величину вимірює | Межі вимірювання | | Ціна поділки | Похибка вимірю­ |
| Нижня | Верхня | вання |
| 1 | Лінійка |  |  |  |  |  |
| 2 | Мірна стрічка |  |  |  |  |  |
| 3 | Мензурка |  |  |  |  |  |
| 4 | Секундомір |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Засіб вимірювання | Вимірювана величина | Вимірювання | |
| 1 | 2 |
| Мірна стрічка  Лінійка  Мензурка | Ширина сторінки Висота сторінки Ширина сторінки Висота сторінки Об'єм налитої рідини |  |  |

Проведення експерименту

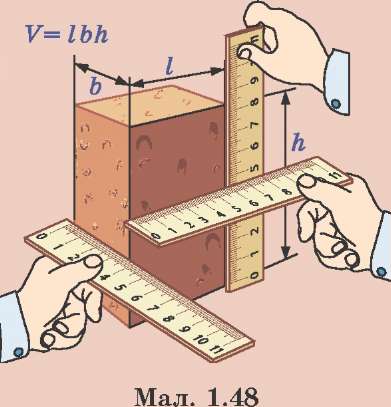
* 1. Визначте й занесіть до таблиці характеристики засобів ви­мірювання.
  2. Результати вимірювання, виражені у сантиметрах, запи­шіть у таблицю із зазначенням меж похибки вимірювання.
  3. Проаналізуйте результати досліджень і зробіть відповід­ні висновки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 Вимірювання об'ємів тіл

Завдання. Виміряти об'єми запропонованих твердих тіл, рі­дин, сипких матеріалів.

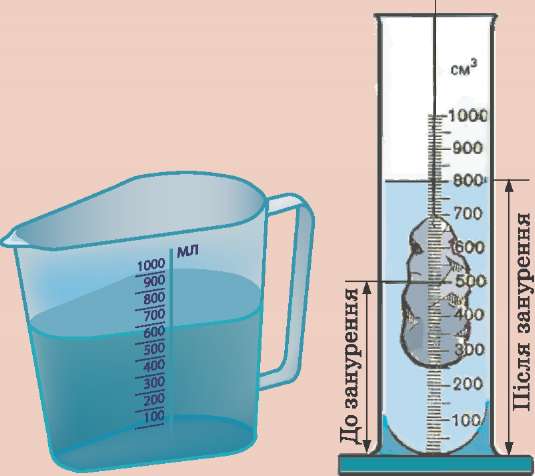


Обладнання: лінійка, мензурка або мірний циліндр; набір тіл правильної і неправильної форми (сірникова коробочка, камінці та інші тіла неправильної форми); посудина з водою; сухий горох, кульки однакового розміру з підшипника або дріб крупного калі­бру, аптечна склянка.



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 |  | |  |
|  | і зіі |  | | см[[1]](#footnote-1) |
|  | і |  | | 30- |
|  | 1 |  | |  |
|  | | |  | го=- |
|  |  | |  |  |
|  | ШЩ | |  | І0|| |
| Г.; | щт | |  |  |

Мал. 1.51



Мал. 1.49

Мал. 1.50

ють як суму об'ємів рідини, налитої в мензурку, та занурено­го у неї тіла (мал. 1.50). Отже, щоб знайти об'єм тіла, пот­рібно від сумарного об'єму води і тіла відняти об'єм води. Поз­начимо об'єм води у мензурці У1, об'єм тіла — У2, а їх загаль­ний об'єм — V, тоді визначити об'єм тіла можна так: V2 = = У — V1. Вважають, що цей спосіб визначення об'єму тіл від­крив Архімед, приймаючи ванну.

Якщо за розмірами тіло не можна помістити в мензурку, скористаємося відливною посудиною. Об'єм води, яка вилилася із неї після занурення тіла у мірну посудину, дорівнюватиме об'єму тіла (мал. 1.51).

Підготовка до проведення експерименту Підготуйте таблицю за наведеною формою:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Назва засобу | Фізична величина | Межі вимірювання | | Ціна поділки | Похибка вимірювання |
| Нижня | Верхня |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

1. З'ясуйте характеристики засобів вимірювання, які є у ва­шому розпорядженні, та занесіть їх до таблиці.
2. Визначте об'єм сірникової коробочки, скориставшись ліній­кою.
3. Заповніть коробочку вщерть горохом або кульками. Знаю­чи об'єм коробочки і кількість кульок, визначте об'єм, який зай­має одна кулька. Поясніть, як ви це зробили.
4. Поміркуйте, як, знаючи об'єм простору, що займає горошина у коробочці, можна приблизно визначити її діаметр.
5. Налийте у мензурку або мірний циліндр воду. Визначте й запишіть об'єм налитої води.
6. До тіла неправильної форми прив'яжіть нитку такої довжини, щоб її вільний кінець був довший за висоту мензурки (мірного циліндра) на 5—10 см. Занурте тіло у воду, визначте й запишіть значення об'єму тіла.
7. Скориставшись мензуркою, визначте внутрішній об'єм ап­течної склянки.
8. Вдома, скориставшись ванною, визначте приблизно об'єм власного тіла. Опишіть, як ви це зробили. Чи можна таке вимі­рювання виконати, занурившись у воду ставка або річки? За відсутності ванни виміряйте приблизно об'єм свого зап'ястка.



1. Зробіть відповідні висновки.

Існують математичні методи для визначення об'ємів тіл складної форми. Ви, певно, дивлячись на зобра­ження старовинних вітрильних суден, помітили, що форми їх корпусів особливі. Хоча кораблі почали бу-

дувати задовго до нашої ери, лише у 1666 р. англійський інже­нер Ентоні Дін за кресленнями вперше обчислив об'єм корабля. Це дало змогу передбачити глибину його занурення і ще до спускання на воду прорізати у бортах отвори портів для вста­новлення гармат. Доти всі необхідні отвори робили після спу­скання суден на воду, щоб вони не опинилися нижче від рівня занурення — ватерлінії. Тисячі англійців прийшли подивитися, як буде тонути збудоване судно, коли його спустять зі стапеля і вода через отвори проникне у корпус. Проте математичні роз­рахунки Ентоні Діна виявилися точними. Отвори гарматних портів залишилися над водою на відповідній висоті.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. Як визначити об'єм паралелепіпеда?
  2. Які міри використовують для вимірювання об'ємів рідин і твердих тіл неправильної форми?
  3. Чим розрізняються шкали мензурки і мірного циліндра, зображе­них на мал. 1.52, а, б? Чому?
  4. Як знайти площу фігури зі складними обрисами? Визначте площу підошви вашого черевика. Це можна зробити за допомогою палетки — прозорої пластинки (плівки) із нанесеною на неї сіткою ліній. Виріжте з прозорої плівки прямокутник розміром 30 х 20 см (можна скористатися цупким поліетиленовим пакетом, файлом або аркушем плівки для друку на лазерному принтері). Для зручності закріпіть плівку на аркуші білого паперу за допомогою канцелярських скріпок (вставте у файл аркуш бі­лого паперу). Розграфіть плівку у вигляді квадратиків із стороною 1 см. Для цього скористайтеся кульковою ручкою або фломастером для нане­сення написів на Ой-диски (якщо є можливість, зробіть сітку на комп'ютері та роздрукуйте її на принтері).

Поставте черевик на аркуш паперу. Обведіть контур його підошви. Потім накладіть палетку на отриманий контур і підрахуйте кількість цілих

квадратиків усередині контуру. Також пі­драхуйте кількість квадратиків, які перетну­ли контур. Поділіть кількість неповних ква­дратиків, через які пройшла лінія контуру, на два і додайте до кількості повних квадратиків. Поміркуйте, чому так можна робити.

Оскільки площа кожного квадратика становить 1 см2, ви отримаєте значення площі підошви вашого черевика у квадрат­них сантиметрах. Запишіть отримане зна­чення площі.

Намалюйте на аркуші трикутник, коло, паралелограм і за допомогою палетки виз­начте їхні площі. Звірте отримані результати з розрахунками, скориставшись відомими вам математичними формулами для обчислення площ геометричних фігур: а ^ 1. Як можна підвищити точність вимі-





Мал. 1.52 рювання площ за допомогою палетки?

* + 1. У разі вимірювання площ фігур (більших або менших) коли точність буде вищою? Перевірте свої припущення експериментально.
    2. Визначте за картою України площу (приблизно) вашої області, скориставшись для цього картою з географічного атласу. Виразіть отримане значення у квадратних кілометрах. Перевірте це значення площі за довідником. (Збережіть розграфлену плівку. Вона вам



ще знадобиться.)

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Вимірювання розмірів малих тіл різними способами

Завдання. Скориставшись методом рядів, визначити середній розмір зернятка пшона, товщину аркуша підручника з фізики, діаметр тонкого дроту або нитки.



Обладнання: лінійка; пшоно (рис чи інші зерна); тонкий дріт або нитка; олівець; книга.

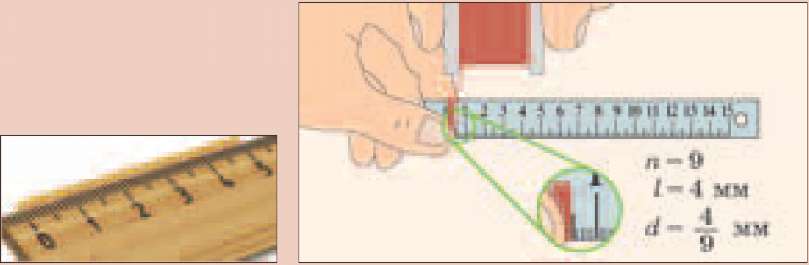
Метод рядів. Ціна поділки учнівської лінійки стано­вить 1 мм. Безпосередньо виміряти за допомогою ліній­ки розмір якого-небудь маленького предмета, наприклад зернятка маку, товщину аркуша книги, неможливо. Навіть якщо прийняти, що похибка під час вимірю­вання лінійкою не більша за половину ціни поділки лінійки (0,5 мм), то похибка вимірювання буде порівнянною з розмі­рами зерняти, а товщина аркушу — меншою від допустимої похибки лінійки. Зазвичай, існують засоби вимірювань, які дають змогу одержувати точніші результати (штангенцир­кулі, мікрометри, вимірювальні мікроскопи). Проте навіть звичайною лінійкою можна досить точно вимірювати розміри малих тіл.

Ваша задача — одержати ще точніший результат за до­помогою тієї самої лінійки. Для цього можна використати ме­тод рядів. Покладемо деяку кількість зерняток уздовж ліній­ки, щоб між ними не залишалося проміжків. Так можна вимі­ряти довжину ряду зерен.

У зерен майже однаковий діаметр. Тому щоб знайти діа­метр зерна, потрібно поділити загальну довжину ряду на кіль­кість зерен у ньому.

Якщо ви викладете у рядок 20 зерен (мал. 1.53) і виміряє­те довжину їх ланцюжка з точністю до 1 мм, то, як правило, максимальна похибка вимірювання лінійкою не більша за ціну її поділки. У цьому разі похибка вимірювання розмірів одного зерняти становитиме 1 мм : 20 = 0,05 мм (п'ять сотих мілі­метра). Аналогічно можна вимірювати діаметр тонкого дро­ту або нитки (мал. 1.54).

Такий спосіб вимірювання називається метод рядів.



Мал. 1.53 Мал. 1.54

Підготовка до проведення експерименту

Підготуйте таблицю за таким зразком:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Тіло | Довжина ряду, мм | Кількість час­тинок у ряду | Середній розмір частинки, мм |
| 1 | Пшоно |  |  |  |
| 2 | Аркуш книги (товщина) |  |  |  |
| 3 | Нитка (дріт) |  |  |  |
| 4 | Атом золота |  |  |  |

Проведення експерименту

1. Визначте способом рядів середній діаметр зерняти пшона, товщину аркуша паперу, діаметр тонкого дроту (нитки).
2. За фотографією (мал. 1.17), одержаною за допомогою елек­тронного мікроскопа, оцініть розміри атома золота. Скористайте­ся тим що на ній зазначено масштаб відстані один ангстрем (1 анг­стрем (1 А) — це одиниця, яка використовується в атомній фізи­ці; 1 А = 1010 м = 10-7 мм).
3. Зробіть відповідні висновки.

§ 10. ІСТОРИЧНИЙ ХАРАКТЕР ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ

Фізика як наука не лише задовольняє потреби людини щодо пізнання навколишнього світу. Розвиток фізики набув істотного науково-технічного прогресу. Ми вже звикли до благ цивілізації і сприймаємо як належне телебачення, радіо, мо­більні телефони і персональні комп'ютери, повідомлення про чергові запуски космічних кораблів і міжпланетних станцій.

Людство зародилося на Землі понад 400 тис. р. до н е. Розвиток людства на шляху до прогресу можна уяви­ти як марафонську дистанцію, кожному кілометру

якої відповідає 10 тис. років історії людства. Початок

і більша частина дистанції пролягають через незаймані ліси й бездоріжжя. Ми майже нічого не знаємо про цей період. Лише на 40-му кілометрі дистанції можна помітити кам'яні знаряд­дя праці, печерні малюнки — перші ознаки людської культу­ри та ознаки землеробства.

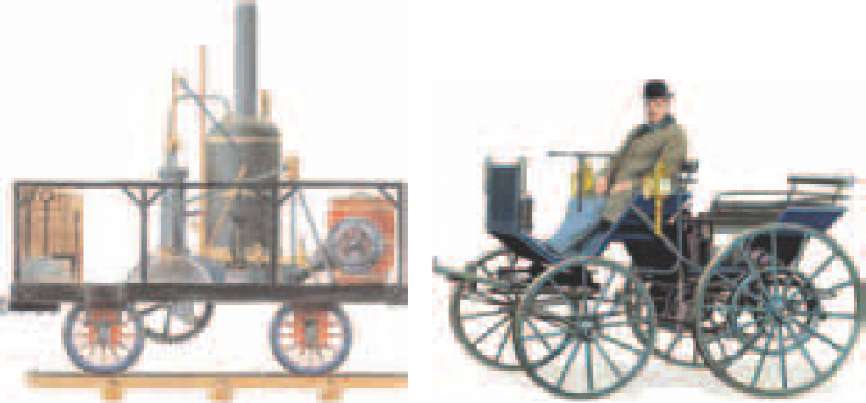
Треба подолати ще 600 метрів. На шляху починають тра­плятися незграбні візки на колесах. Через 300 метрів дорога проходить повз єгипетські піраміди. За 200 метрів до фінішу марафонців вітає філософ Аристотель. Він щойно завершив свою працю "Фізика".

Далі на узбіччі стоять величні храми. Перед входом до од­ного з них спалахує жертовний вогонь. Парафіяни вражені дивом: двері храму самі відчиняються. Це Герон сконструював перші автоматичні пристрої. На вулиці міста Сіракузи мара­фонців вигуком "Еврика!" зустрічає Архімед. Він щойно від­крив закон плавання тіл.

Останні 50 метрів. Пробігаючи повз будівлю суду інквізи­ції, марафонці чують слова Галілея: "А все ж вона крутиться!"



Залишилося лише 15 метрів! Вони починаються при світлі газових ліхтарів під гуркіт парових машин. Останні п'ять ме­трів світло заливає дорогу різнокольоровими барвами, повз проносяться автомобілі, у повітрі ширяють літальні апарати. Завершальні кроки марафонців демонструються на величезних екранах. Бігунів засліплюють фотоспалахи, в усі куточки Зем­лі миттєво передається звістка про переможців.



Мал. 1.55 Мал. 1.56

У процесі життєдіяльності людство збагачувалося знання­ми і намагалося використати їх для поліпшення умов свого життя. Нині ми живемо у світі техніки: світі, створеному ру­ками людини завдяки розвитку фізики.

Поява промислового виробництва спричинила потребу в ефективніших і надійніших механізмах, на відміну від тих, які приводилися в дію людьми, тваринами, водою, вітром чи залежали від погодних умов. Зокрема, дослідження теплових явищ сприяло швидкому вдосконаленню теплових двигунів. Винайдені у XVII ст. парові машини стали основними двигу­нами. У XIX ст. вони надавали руху верстатам, кораблям, по­тягам (мал. 1.55), автомобілям (мал. 1.56) та аеропланам.

Дослідження в галузі електромагнетизму привели до вини­кнення й розвитку електротехніки. У XIX ст. було винайдено перші електричні освітлювачі та електродвигуни, телефон і ра­діо.

Ще більш вражаючими темпами розвивалися наука і техні­ка в XX ст. Створення електронної і квантової теорій, пізнання будови атома зумовило розвиток електро- та радіотехніки, електроніки. Людство отримало різноманітну побутову тех­ніку, телебачення, надійні та компактні засоби зв'язку (мал. 1.57), які дають змогу спілкуватися на будь-яких від­станях. Швидко вдосконалюється електронно-обчислювальна техніка, зокрема мікроЕОМ (мал. 1.58). З'явилися нові типи транспортних засобів: судна на підводних крилах і повітряних



Мал. 1.57 Мал. 1.58

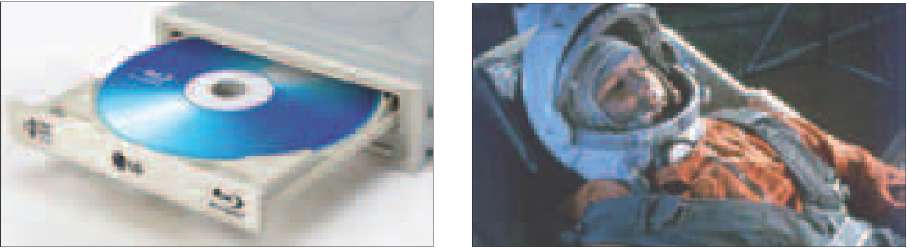
подушках (мал. 1.59), потяг на магнітних підвісках та моно­рейкові дороги (мал. 1.60), які забезпечують швидке перемі­щення пасажирів і вантажів.

У середині XX ст. завдяки дослідженням будови атомів і атомних ядер з'являється нова галузь — атомна енергетика. Парові машини стають музейними експонатами, поступив­шись місцем легким та ефективним двигунам внутрішнього згоряння, електродвигунам, газовим турбінам, ракетним дви­гунам та ін.

Успіхи в дослідженні будови речовини дали змогу отрима­ти нові матеріали з наперед заданими властивостями, винайти



Мал. 1.59 Мал. 1.60



Мал. 1.61

Мал. 1.62

лазери. Нині лазери працюють у багатьох галузях науки і ви­робництва. За їх допомогою обробляють найтвердіші матеріа­ли, вимірюють розміри деталей та визначають відстані до кос­мічних об'єктів, їх використовують як хірургічні скальпелі, освітлювальні прилади, для зчитування і збереження інформа­ції, наприклад на компакт-дисках (мал. 1.61).

12 квітня 1961 р. відбувся перший, пілотований Ю. Гагарі- ним (мал. 1.62), політ космічного корабля. Нині навколо Землі кружляють сотні штучних супутників, використовуючи дані з яких, є метеорологи прогнозують погоду, геологи шукають корисні копалини, моряки і льотчики точно визначають своє місцезнаходження. Завдяки супутникам можна встановити ра­діо-, телефонний і телевізійний зв'язок із будь-яким містом планети, здійснювати рятувальні операції та ін.

Унаслідок розвитку техніки перед фізикою постають нові завдання, розширюються можливості для подальшого пізнан­ня природи, виникають передумови для винайдення нових точних і чутливих приладів для фізичних досліджень.

Сьогодення неможливо уявити без радіо, кіно, телебачення, електронних музичних інструментів, комп'ютерної техніки. Отже, фізика впливає також на розвиток культури суспіль­ства.

Проте широке використання техніки підвищує вимоги і до людей, які нею користуються. Через незнання законів фізики, на яких базуються принципи дії машин, пристроїв і приладів, з якими постійно маємо справу на виробництві та у повсякден­ному житті, можуть виникнути непередбачувані наслідки. Так, досі відчутними є наслідки аварії на Чорнобильській атомній станції — результат помилок персоналу і конструкто­рів. Ви маєте знати і пам'ятати, що не можна перебігати доро­гу перед автомобілем, бо згідно із законами фізики він відра­зу не зупиниться, навіть якщо водій встигне натиснути на гальма. У квартирі не можна одночасно вмикати багато спожи­вачів електроенергії, використовувати саморобні запобіжники, бо від перевантаження може статися коротке замикання й виникнути пожежа.

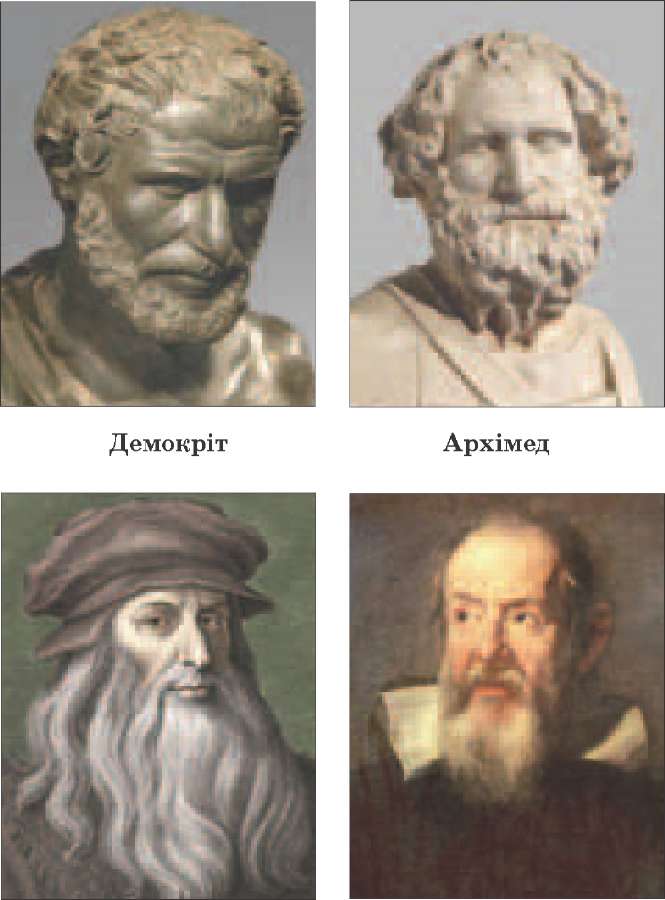
Життя і здоров'я людини значною мірою залежать від того, наскільки вона дотримується правил безпечного користування технікою. Нехтування правилами техніки безпеки, які враховують закони фізики, може не лише загрожувати життю однієї людини, а й призвести до екологічних катастроф.

Завдяки досягненням природничих наук, зокрема фізики, людство у XX ст. отримало величезні можливості впливу на природу. На жаль, лише останнім часом ми дедалі більше замислюємося над тим, що своєю діяльністю можемо завдати непоправної шкоди довкіллю. Вирішення екологічних проб­лем — один з важливих напрямів застосування фізичних знань.

§ 11. ВИДАТНІ ВЧЕНІ-ФІЗИКИ

Зрозуміти будову навколишнього світу люди намагалися дуже давно. Давньогрецькі вчені Філолай, Аристарх Самос - ський, Клавдій Птолемей запропонували перші моделі будови Всесвіту. Назви таких наук, як математика, механіка, фізика, біологія, географія, наукові поняття — атом, маса, електрон, протон беруть початок від стародавньої грецької науки й пов'язані з іменами Фалеса, Демокріта, Епікура, Аристотеля, Піфагора, Евкліда та інших учених. Вони прагнули пояснити явища природи, не посилаючись на таємничі сили. "Знайти одне наукове доведення для мене значить більше ніж оволоді­ти всім перським царством" — казав Демокріт, з ім'ям якого пов'язана ідея атомної будови речовини.

Значним у розвиток фізики був внесок Архімеда (382— 322 рр. до н. е.). Досі у фізиці й техніці користуються встано­вленими ним законом плавання тіл, правилом рівноваги важе­ля і "золотим" правилом механіки. Проте Архімед був не ли­ше вченим. Він винайшов і вдосконалив багато технічних при-



Леонардо да Вінчі Галілео Галілей

строїв. Так, для відсічі нападу ворогів на своє рідне місто Сі­ракузи Архімед сконструював військові машини.

Відомий італійський художник Леонардо да Вінчі (1452— 1519 рр.) був талановитим ученим і конструктором. Він дослі­джував падіння тіл, додавання сил, питання гідравліки, розро­бив перші проекти парашута й літального апарата. Особливу увагу Леонардо да Вінчі приділяв досліду як методу пізнання. Проте високо він цінив і теоретичні знання.

Більшість відкриттів у галузі фізики до середини другого тисячоліття стосувалися механічних явищ, оскільки механіч-





ний рух — найдоступніша для спостереження форма руху ма­терії. Для людей на той час механічні явища набували першо­чергового значення.

Науку, яка вивчала рух матеріальних тіл та їх взаємодію, назвали механікою (з грецької механіка — це мистецтво ство­рювати машини). Розвиток учення про механічні явища і ви­ділення механіки як науки пов'язані з іменами Галілео Галі- лея, Ісаака Ньютона, Рене Декарта, Христіана Гюйгенса та багатьох інших учених.

Г. Галілей — один із перших, хто звернувся до фізичного досліду, і перший, хто поєднав фізику з математикою.



Вагомим у становлення механіки як науки був внесок І. Ньютона (1643—1727 рр.). Сформульовані ним закони руху та взаємодії тіл, закон всесвітнього тяжіння стали основою для створення першої фізичної теорії — класичної механіки. Й по­нині механікою Ньютона користуються для розрахунку рухів різних тіл, зокрема планет і штучних супутників Землі. Також значним є внесок І. Ньютона у вивчення світлових явищ. На надгробку його могили викарбувано слова: "Тут спочиває віч­ним сном сер Ісаак Ньютон, дворянин, старанний, мудрий і вірний тлумач природи, який майже божественним розумом першим вивів з факелом математики рух планет, шляхи комет і припливи океанів. Нехай смертні радіють, що існувала така окраса роду людського".

£ І

ч « і

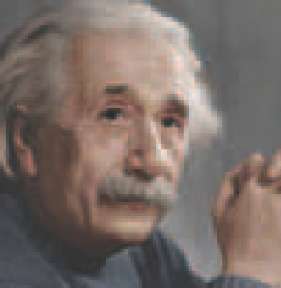
Джеймс Джоуль Майкл Фарадей

Успіхи механіки дали поштовх для розвитку інших галу­зей фізики. Михайло Васильович Ломоносов (1711 —1765 рр.) висунув ідею залежності температури тіла від швидкості руху корпускул (молекул) і за її допомогою пояснив процеси нагрі­вання та охолодження тіл.

Велике значення для розвитку фізичної теорії мали від­криття Джеймса Джоуля, Роберта Майєра та Германа Гельм- гольця. Перший закон термодинаміки, відкритий ними у різ­ні часи, дав змогу встановити взаємозв'язок різних типів руху матерії та можливість їх взаємного перетворення.

Відкритий у 1784 р. Шарлем Кулоном (1736—1806 рр.) закон взаємодії електричних зарядів започаткував розвиток теорії електричних явищ. У XIX ст. завдяки дослідженням Анрі Ампера (1775—1836 рр.), Майкла Фарадея (1791— 1867 рр.) та інших учених було відкрито взаємозв'язок електричних і магнітних явищ. Джеймс Максвелл (1831 — 1879 рр.) створив теорію електромагнітного поля, передбачив існування електромагнітних хвиль. У 1888 р. Генріх Герц (1857—1894 рр.) відкрив електромагнітні хвилі та експери­ментально довів правильність теорії Д. Максвелла.

XX ст. ознаменувалося новими відкриттями у галузі фізи­ки. Вчені дедалі глибше пізнавали природу матерії. Запропо­нована Альбертом Ейнштейном теорія відносності дала змогу по-іншому подивитися на рух матерії, встановити взаємозв'я-



Джеймс Максвелл Альберт Ейнштейн

зок простору й часу як форм її існування. Ернест Резерфорд та його учні експериментально встановили наявність у атома позитивно зарядженого ядра та електронної оболонки, а Нільс Бор запропонував першу теорію будови атома. Внаслідок цих досліджень людство отримало нове джерело енергії — атомну енергію.

Учені дедалі глибше проникають у мікросвіт, пізнаючи бу­дову речовини і водночас Всесвіту. Дослідження, які прово­дять у сучасній фізиці, потребують усе складнішого обладнан­ня, а відкриття стають результатом напруженої колективної праці вчених.

§ 12. ВНЕСОК УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ

У РОЗВИТОК І СТАНОВЛЕННЯ ФІЗИКИ

Вагомим внеском у розвиток фізики є напрацювання укра­їнських учених. Першовідкривач та один з перших дослідників рентгенівського випромінювання Іван Пулюй (1845—1918 рр.) народився і виріс на Тернопільщині.

Велика роль українських учених в освоєнні космічного простору. У 1929 р. було опубліковано працю Юрія Васильови­ча Кондратюка "Завоювання міжпланетних просторів". На той час вона вважалася найповнішим дослідженням з проблеми



Іван Пулюй Юрій Кондратюк Сергій Корольов

пілотованих космічних польотів із усіх, що були відомі в сві­товій літературі. У своїй книзі він розглядав теоретичні питан­ня космічних польотів та вказував на практичне значення для людства освоєння космосу.

В Україні народився, виріс та проектував перші літальні апарати генеральний конструктор космічних кораблів Сергій Павлович Корольов. У 1962 р. наш співвітчизник Павло По­пович був учасником першого групового космічного польоту. У 1997 р. Леонід Каденюк здійснив політ на борту американ­ського космічного корабля і став першим космонавтом незал­ежної України. Зусиллями українських учених і конструкто­рів на Південному машинобудівному заводі у м. Дніпропетров­ську створено потужні ракетні комплекси "Зеніт" (мал. 1.63), які здатні виводити у космос штучні супутники Землі.

У 1940 р. у Харківському фізико-технічному інституті вче­ні Г.М. Фльоров і К.А. Петржак відкрили спонтанний поділ ядер урану, що мало велике значення для подальшої розробки теорії атомних ядер і атомної енергетики в цілому.

У всьому світі відомі успіхи українських учених у галузі матеріалознавства, судно- та літакобудування. У розвиток сві­тової науки і техніки вагомим є внесок учених з інститутів теоретичної фізики, електрозварювання, фізики напівпро­відників та інших підрозділів Національної академії наук Ук­раїни. В Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України було отримано штучні алмази і створено уста-

В.

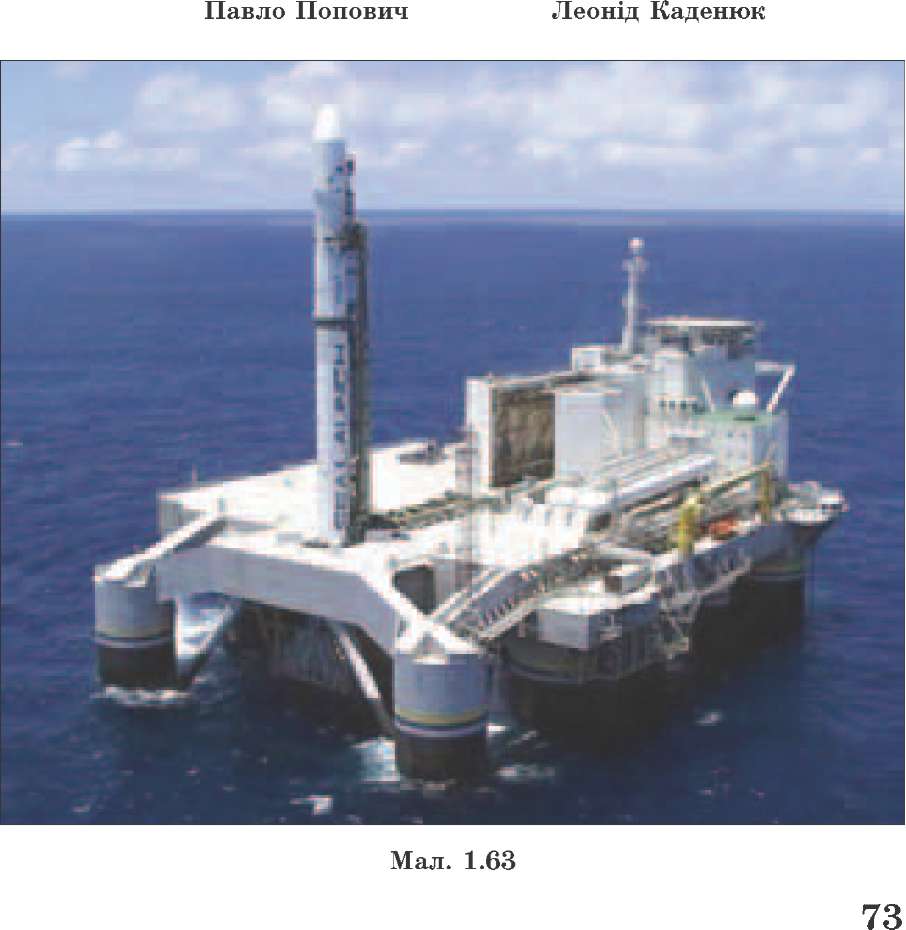


ЛЕ

м

і

г





Мал. 1.65

новки для їх промислового виготовлення. Ці алмази з успіхом використовували в обробній і нафтодобувній галузях різних країн.

Українськими вченими й конструкторами були спроектова­ні та виготовлені велетенські судна, серед яких супертанкер "Крим" та атомний ліхтеровоз "Севморпуть" (мал. 1.64), рудо­вози та контейнеровози. У конструкторському бюро О. Антоно-

ва збудовано найбільші у світі транспортні літаки АН-124 "Руслан" і АН-225 "Мрія". Останній можна використовувати для перевезення космічних кораблів багаторазового викори­стання (мал. 1.65).

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Як пов'язані розвиток фізики і науково-технічний прогрес людства?
2. Наведіть приклади використання фізичних знань для задоволення побутових, культурних і технічних потреб суспільства.
3. Наведіть приклади науково-технічних досягнень людства за остан­ні сто років.
4. Що свідчить про прискорення темпів науково-технічного прогресу?
5. Яка роль фізики у вирішенні екологічних проблем?
6. Чому знання з фізики мають велике значення для збереження життя й здоров'я людей?
7. Кого із учених-фізиків ви можете назвати? Яким є внесок у розвиток фізичної науки?
8. Імена яких українських учених-фізиків ви знаєте?
9. Яким є їх внесок у розвиток фізики й техніки?

Головне в розділі

"ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА"

Усе, що нас оточує, називають природою.

Усе, що існує в природі та не залежить від нашої свідомо­сті, називають матерією. Є дві форми матерії: речовина і поле.

Фізика — одна з найважливіших наук про природу. Вона вивчає найпростіші та найзагальніші властивості матерії.

Фізичні знання — підґрунтя науково-технічного прогресу людства.

Зміни, які відбуваються в природі, називають явищами природи. Явища природи — це прояви руху матерії.



Фізика вивчає механічні, теплові, електричні, магнітні, світлові явища, які є проявами найпростіших форм руху мате­рії. їх називають фізичними явищами.

Будь який предмет, за участю якого відбуваються фізичні явища, у фізиці називають фізичним тілом або просто тілом.

Те, з чого складається тіло, називають речовиною.

Речовина може перебувати у твердому, рідкому, газоподіб­ному стані та у вигляді плазми.

Усі речовини складаються з молекул, атомів іонів.

Атом — найменша частинка хімічного елемента, яка виз­начає його властивості.

Молекула — найменша частинка речовини, якій притаман­ні її хімічні властивості й яка складається з атомів.

Між молекулами є проміжки.

Молекули перебувають у постійному безладному русі і взає­модіють між собою.

І

Щодня >ш небосхилі Сйнце сходить, але ж правий упертий Галілей,

„ . 9 а. Нушкіи

Розділ

МЕХАНІЧНИЙ



У природі повсякчасно відбуваються зміни. У цих змінах проявляється рух матерії, який ми сприймаємо у вигляді різ­них явищ. Найпростішою формою руху матерії є механічний рух, який ми постійно спостерігаємо: зміщується Сонце на небо­схилі, тече вода в річці, гойдаються гілки дерев, б'ється серце. Ми звикли до поїздів, літаків, автомобілів, які перевозять пасажирів і вантажі, — це приклади механічного руху. Меха­нічний рух є важливою умовою нашого життя. Якщо людину на тривалий час позбавити можливості рухатися, то це приз-

о [[2]](#footnote-2)

веде до серйозних захворювань .

Усі зміни, що відбуваються в природі, підпорядковані пев­ним законам. Знання закономірностей механічного руху має важливе значення для науки, техніки, а також для кожної лю­дини. Галузь фізичної науки, яка займається вивченням меха­нічних рухів, називається механіка. Основна задача механіки — визначати положення тіл у просторі в будь-який момент часу. Щоб знайти положення тіла, необхідно знати, як саме воно ру­халося. Тут ви познайомитеся з основними формами механіч­ного руху та величинами, які характеризують їх властивості.

§ 13. МЕХАНІЧНИЙ РУХ. ТІЛО ВІДЛІКУ. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ

Механічний рух. Біля будинку стоїть автомобіль. Запра­цював двигун, і автомобіль зрушив з місця. За кілька секунд він уже біля іншого будинку, ще кілька секунд і він зникає за поворотом. їдучи в автобусі, ви бачите будинки, дерева, стовпи, які пропливають повз його вікна. Помічаючи, як в ніч­ному небі одна із зірок зміщується щодо інших, говоримо: "Пролітає штучний супутник Землі". Рухам різних тіл прита­манна загальна властивість: рухомі тіла з часом змінюють своє положення відносно інших тіл.

Зміну положення тіла відносно інших тіл з часом називають механічним рухом.

Тіло відліку. Коли поїзд знаходиться на великій відстані, іноді важко відразу визначити: наближається він до нас чи стоїть на місці. Потрібно деякий час за ним спостерігати, щоб помітити зміну його положення. Інколи здається, що літак, який летить на великій висоті, ніби завис в безхмарному небі. Таке враження складається, коли в полі зору немає інших тіл, які б можна було вважати нерухомими. Щоб з'ясувати, руха­ється тіло чи перебуває в спокої, обов'язково потрібне інше ті­ло, яке можна вважати нерухомим.

Тіло, яке обирають за нерухоме й відносно якого визнача­ють положення інших тіл, називають тілом відліку.

Найчастіше ми визначаємо положення тіл відносно Землі, приймаючи її за тіло відліку.

Відносність руху. Ви сіли в автобус. Двері зачинилися й ав­тобус рушив. Ви рухаєтесь разом із ним, оскільки змінюєте своє положення відносно будинків, дерев, дороги. Але навколо є тіла, стосовно яких ви перебуваєте у спокої: сам автобус, його водій, пасажир, який сидить поруч.

Ви знаєте, що був час, коли центром Всесвіту вважали Зем­лю. Видимий рух Сонця на небосхилі, зірок і планет свідчив на користь такої думки. Сьогодні усі знають, що видимий рух Сонця пояснюється обертанням Землі навколо своєї осі. Ру­хаючись навколо Сонця, Земля й усе, що є на ній, щосекунди пролітають у космічному просторі приблизно 30 км. За кожну секунду разом із Сонцем Земля зміщується в Космосі іще на 200 км.

Пасажирам, які дивляться у вікно вагона на потяг, що зна­ходиться на сусідній колії, здається ніби їх поїзд вже відхо-

дить від станції. Проте, подивившись у протилежне вікно, вони бачать: будівля вокзалу нерухома. Виявляється, то ру­шив сусідній потяг.

Вважати тіло рухомим чи таким, що перебуває в спокої, значною мірою залежить від нас самих, від того, які саме тіла ми обрали за нерухомі. Коли ми їдемо в автобусі, за нерухо­ме тіло відліку найчастіше обираємо самих себе або автобус. Як рухомі тіла ми сприймаємо дорогу, будинки, дерева, що пропливають повз його вікон.

Літаки, під час дозаправлення пальним, рухаються з вели­кою швидкістю, проте один відносно одного вони перебувають у спокої (мал. 2.1). Космонавт, який вийшов у відкритий кос­мос, і космічний корабель, пролітаючи над Землею, щосекунди долають близько 8 км. У той же час фал, який їх з'єднує, на­віть не натягується (мал. 2.2). Космонавт, рухаючись у відкри­тому космосі, відносно космічного корабля перебуває в спокої.





Через 50 000 років

Через 1000000 років

Мал. 2.3

Ми роками спостерігаємо однакове розташування зі­рок на небі. Стародавні гре­ки дали власні назви найяс­кравішим зіркам: Альтаїр, Міцар, Вега, ... Вони виділили на небосхилі групи зірок — сузір'я й назвали їх: Андромеда, Персей, Кас­сіопея та ін. Ще чумаки, відправ­ляючись до Криму за сіллю, орієн­тувалися у мандрах за сузір'ям, яке називали Великий Віз (Велика Ведмедиця). Минають сотні років, а обриси сузір'їв ніби не змінюють­ся. Проте вчені знають, що зорі рухаються, до того ж із великими швидкостями. Розташування зі­рок у Великій Ведмедиці та інших сузір'ях тисячі років тому було ін­шим, і з часом воно відрізнятиметь­ся від того, що ми бачимо сьогодні (мал. 2.3).

C:\Users\NDU\AppData\Local\Temp\FineReader10\media\image83.jpeg



Мал. 2.1 Мал. 2.2

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Яке явище називають механічним рухом?
2. Наведіть приклади різних механічних рухів.
3. Яке тіло доцільно обрати за тіло відліку в таких випадках руху: учень іде в школу; легкоатлет стрибає в довжину; міжміський автобус рухається по трасі?
4. У чому полягає відносність механічного руху?
5. Пліт пливе по річці. Відносно чого він знаходиться в спокої, відносно чого рухається?
6. Чи можна стверджувати, що будинок школи є нерухомим?
7. Після стикування космічного корабля з орбітальною станцією космонавти зайняли свої робочі місця в приміщенні станції. Відносно чого космонавти знаходяться в русі? У спокої?

§ 14. МАТЕРІАЛЬНА ТОЧКА. СИСТЕМА ВІДЛІКУ



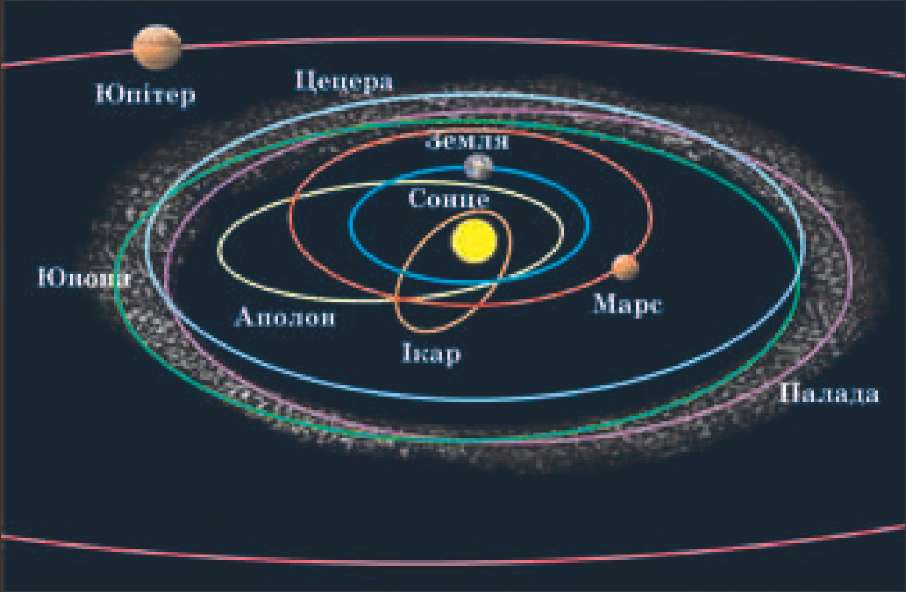
Матеріальна точка. Далекий супутник, що рухається в ніч­ному небі, здається світною точкою, і нас можуть не цікавити його розміри. Подолавши шлях до школи, вам байдуже, права чи ліва нога першою опинилася в класі. У цих двох прикла­дах, розглядаючи рухи кожного з тіл, ми нехтуємо їх розміра­ми, а положення визначаємо як положення однієї з їх точок. Це спрощує вивчення й опис руху тіл у різних випадках. Адже описати рух усіх точок тіла практично неможливо. Тому, ко­ли є можливість знехтувати розмірами тіла, його розглядають як матеріальну точку.

Тіло, розмірами якого за даних умов вивчення руху можна знехтувати, називають матеріальною точкою.

Пасажир потяга не може нехтувати розмірами свого ваго­на, коли йому потрібно пройти з одного його кінця до іншого. А от рух потяга на шляху від Києва до Одеси можна розгляда­ти як рух матеріальної точки. Адже довжина потяга у тисячі разів менша, ніж відстань, яку він долає.

Не можуть нехтувати розмірами космічного корабля космо­навти під час стикування з орбітальною станцією. Проте, роз­раховуючи рух цього самого космічного корабля навколо Зем­лі, його вважають матеріальною точкою. Вивчаючи рухи Землі й інших планет навколо Сонця, їх можна вважати матеріаль­ними точками (мал. 2.4).

Система відліку. Щоб не спізнитися до школи, ви маєте вчасно вийти з дому. Якщо забарилися, вам доведеться поспі­шати, обираючи найкоротший шлях. З точки зору механіки ви розв'язуєте задачу: опинитися в певному місці (школі) у пев­ний час. Подібні завдання доводиться вирішувати для забезпе­чення вчасного прибуття за призначенням літаків, потягів,



Мал. 2.4

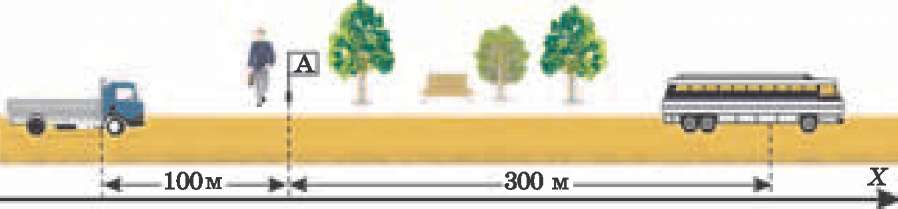
автобусів та інших транспортних засобів. Запускаючи косміч­ні апарати до Місяця, планет Сонячної системи, вчені теж роз­в'язують задачі щодо визначення їхнього положення в той чи інший момент часу, інакше космічний апарат може загубитися у безкраїх просторах Всесвіту.

Визначення положення тіла в будь-який момент часу є основною задачею механіки.

З уроків математики ви знаєте, як визначати положення точки на промені та площині. Для цього використовують ко­ординатну пряму та прямокутну систему координат. Виникає питання: як можна визначити положення тіла?

Уявіть, що ви чекаєте автобус на зупинці, розташованій на прямій вулиці (проспекті). У цьому випадку положення авто­мобілів, що рухаються, зручно визначати, прийнявши за тіло відліку себе або позначку автобусної зупинки. Траєкторія руху автобуса на цій вулиці прямолінійна. Проведемо вздовж вулиці уявну координатну вісь так, щоб її нульова позначка збіглася зі стовпом, на якому висить табличка. За додатний напрямок осі оберемо той, в якому ви збираєтесь їхати, й позна­чимо його ОХ. Положення автобуса в різні моменти часу мож­на визначити як координату (положення) однієї з його точок. Якщо автобус знаходиться на зупинці, його координата — 0, якщо він вже від'їхав від зупинки на 300 м у напрямку обра­ної осі координат, то його положення визначатиметься коорди­натою х1 = 300 м (мал. 2.5). Зображена на цьому малюнку ван­тажівка ще не доїхала до автобусної зупинки, тому її коорди­ната х2 = —100 м.

У кожному з цих положень автобус і вантажівка перебува­ють тільки в певні моменти часу. Щоб визначити положення

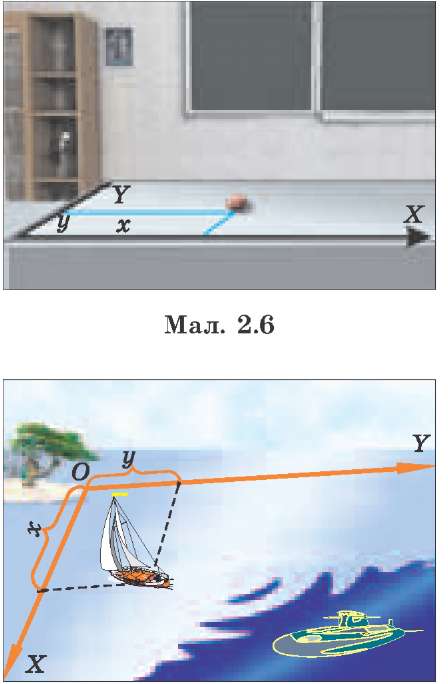


%—100 м 0 л^ = 300 м

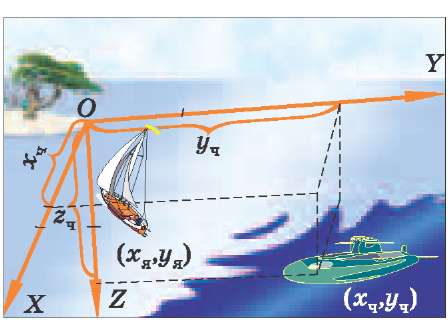
Мал. 2.5

(координату) тіла, необхідно вказувати також час, коли воно там знаходиться. Так, збільшення з часом додатної координати автобуса означає, що він віддаляється від зупинки в напрямку координатної осі, а зменшення з часом числового значення координати вантажівки вказує на те, що вона наближається до зупинки.

М'яч на футбольному полі увесь час змінює напрямок сво­го руху. Досить складною може бути траєкторія руху човна на озері, метелика, що випадково залетів до кімнати, літака в небі, молекули газу. У цих випадках однієї осі координат недо­статньо. Якщо рух відбувається на площині, то для визначення положення тіла (матеріальної точки), наприклад кульки на демонстраційному столі, яхти в морі, у той чи інший момент часу достатньо двох координат — х та у (мал. 2.6, 2.7).

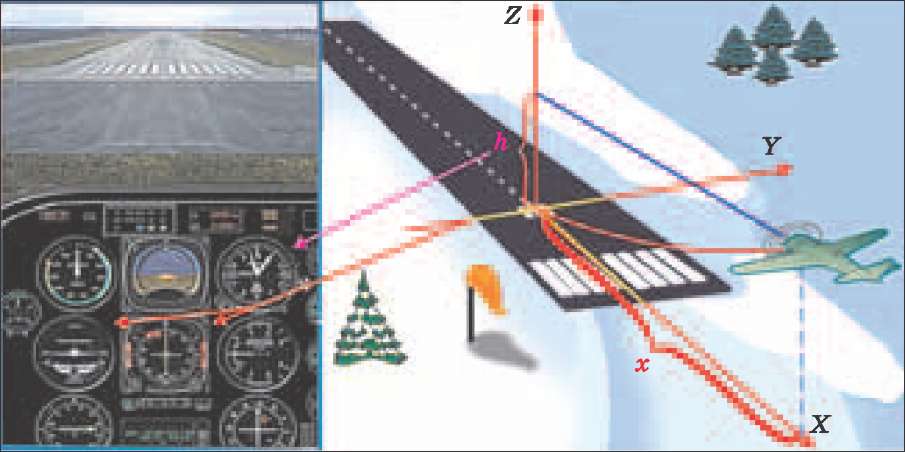


Мал. 2.7



Мал. 2.8

Щоб знайти положення підводного човна, літака у певний момент часу, потрібно знати третю координату. Цю коорди­нату, яка визначає, на скільки нижче чи вище над поверх­нею, відносно якої ми спосте­рігаємо рух, знаходиться тіло, найчастіше позначають літе­рою г (мал. 2.8, 2.9). Пілот лі­така, що заходить на посадку, початок системи координат пов'язує з точкою приземлен­ня на посадковій смузі. Коор­динатні осі ОХ, ОУ та ОЕ спрямовуються відповідно уз­довж осьової лінії смуги, пер­пендикулярно до неї та верти-



Мал. 2.9

кально вгору (мал. 2.9). Значення координати х — відстань до точки приземлення. Значення координати у визначає відхи­лення літака від осьової лінії посадкової смуги. Координата г вказує висоту літака над поверхнею Землі. За показами прила­дів у кабіні льотчик у кожний наступний момент часу контро­лює положення літака і виводить його на точку приземлення.

Отже, щоб визначати положення тіла, потрібно:

1. обрати тіло відліку, відносно якого визначається поло­ження рухомого тіла;
2. пов'язати з ним систему координат;
3. мати годинник, оскільки положення рухомого тіла мо­жна визначити тільки для певного моменту часу.

Тіло відліку, пов'язану з ним систему координат і годинник

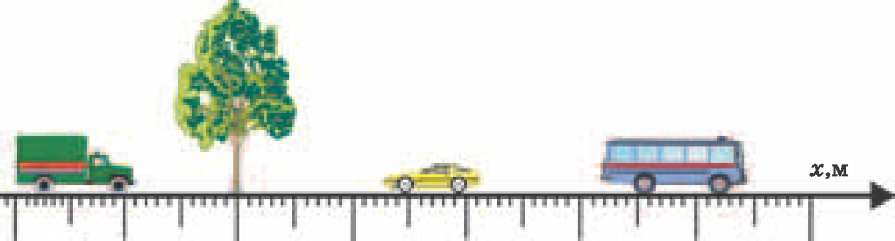
називають системою відліку.

Відносність руху означає не лише те, що відносно одних тіл дане тіло може перебувати в спокої, а відносно інших — руха­тися. Координати тіла теж відносні і залежать від обраної на­ми системи відліку. Так, координати тягарця, підвішеного на нитці до штатива, у системі відліку, пов'язаній з поверхнею демонстраційного стола, і в системі відліку, пов'язаній з під­логою кабінету фізики, різні. Іншими будуть і координати кульки, якщо початок координат помістити в інший кут де­монстраційного стола.

Вибір системи відліку значною мірою визначається зручні­стю для спостерігача та умовами спостереження. Космонавтам, які здійснюють політ навколо Землі, за тіло відліку доцільно обрати Землю (певне місце на ній) і вести відлік часу за зем­ним годинником. А от астронавтам, що висадилися на Місяць, за тіло відліку доцільно обрати Місяць, користуватися місяч­ними координатами і вести відлік часу, ураховуючи трива­лість дня й ночі на Місяці.

^ ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. З якою метою у фізиці використовують поняття матеріальної точки?
  2. За яких умов рух тіла можна розглядати як рух матеріальної точки?
  3. Наведіть приклади, коли одне й те саме тіло за одних умов мож­на вважати матеріальною точкою, а за інших — ні.
  4. Що називають системою відліку?
  5. Назвіть характеристики механічного руху, які залежать від вибору системи відліку?
  6. По прямолінійній автотрасі рухаються автобус, мотоцикл та легко­вий автомобіль. Визначте положення транспортних засобів (за положен­ням передніх коліс) відносно дерева, що стоїть на узбіччі (мал. 2.10).



-400 -200 0 200 400 600 800 1000

Мал. 2.10

§ 15. ТРАЄКТОРІЯ

Коли ви пишете, кінчик ручки, рухаючись, залишає на па­пері слід — лінію. Ці лінії складаються з послідовності точок поверхні аркуша, в яких перебував кінчик ручки під час сво­го руху. Якщо паста в ручці скінчилася, а ви продовжуєте пи-

сати, то аркуш залишиться чистим. Проте й у цьому випадку кінчик ручки, послідовно рухаючись від однієї точки до іншої, описуватиме певні лінії. Переконатися в цьому можна, під­клавши під аркуш копіювальний папір.

Лінію, яку описує в просторі кожна точка рухомого тіла, називають траєкторією руху точки тіла.

Траєкторії різних точок тіла відбивають особливості руху всього тіла. Якщо траєкторії руху різних точок тіла однакові або за даних умов спостереження тіло можна прийняти за мате­ріальну точку, то вживають термін траєкторія руху тіла.

Слід на снігу, залишений лижами, — це видима траєкторія руху лижника. Кулька, що котиться по склу, сліду не зали­шає: траєкторія її руху невидима. За реактивним літаком ли­шається слід і його траєкторія теж стає видимою (мал. 2.11). Спеціальні засоби зйомки дають змогу відтворити невидимі траєкторії руху тіл. Так, якщо через однакові короткі проміж­ки часу фотографувати на один і той самий кадр фотоплівки м'яч, що летить, то на знімку зафіксуються його положення у відповідні моменти часу. За таким знімком можна відтворити і дослідити траєкторію польоту м'яча, рухи інших тіл (мал. 2.12).

л

> і і 1

г И і л .

Мал. 2.11

Коли ви пишете своє ім'я, то свідомо задаєте траєкторію руху руки, щоб правильно написати літери. Так само свідомо ви обираєте траєкторію свого руху від дому до школи. Штур­ман корабля перед тим, як вийти в рейс, прокладає курс —

О -





Мал. 2.12

визначає траєкторію, якою має рухатися корабель. Для кос­мічних кораблів, міжпланетних станцій теж попередньо роз­раховують траєкторії польоту. За траєкторією можна визначи­ти положення корабля у той чи інший момент часу, момент його стиковки з космічною станцією.

За виглядом траєкторій, які описують різні точки тіл, їх рухи поділяють на прямолінійні та криволінійні, поступаль­ні й обертальні.

Рух тіла, траєкторією якого є пряма лінія, називають прямолінійним.

Мал. 2.13

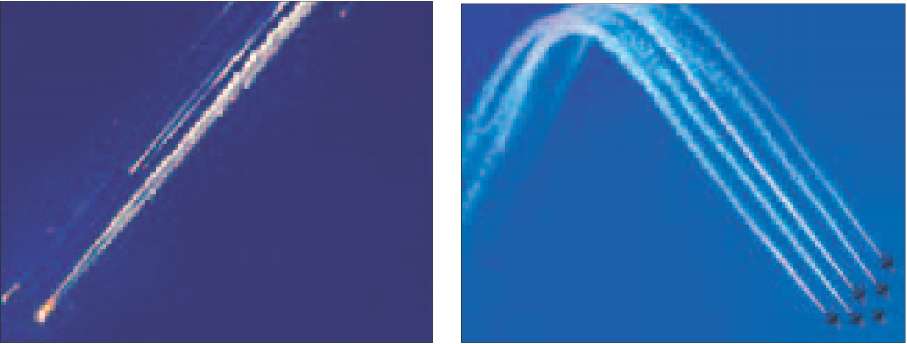
Рух тіла, траєкторією якого є крива лінія, називають криволінійним.

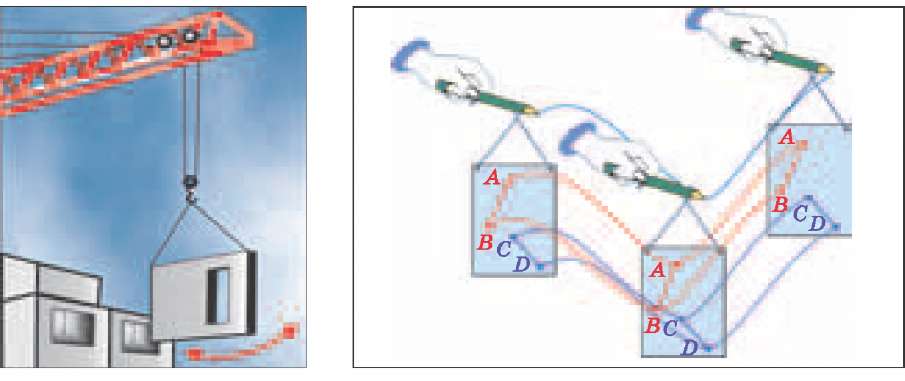
Метеори в нічному небі рухаються прямолінійно (мал. 2.13, а), а літаки, які виконують фігури вищого пілотажу, — кри­волінійно (мал. 2.13, б).

Залежно від особливостей траєкторій, які описують різні точки одного й того ж рухомого тіла, рухи поділяють на по­ступальні та обертальні.

Поступальний рух. Проходячи повз будівельні майданчи­ки, ви могли бачити, як піднімають за допомогою кранів ван­тажі, наприклад панелі будинків (мал. 2.14).

Спробуємо дослідити цей рух. Візьмемо аркуш картону — це модель панелі. Нанесемо на його поверхню дві-три пари то­чок. З'єднаємо їх прямими лініями. Проколемо у верхніх кут-





Мал. 2.14

Мал. 2.15

ках аркуша два отвори і прив'яжемо кінці нитки. Зав'язавши нитку посередині так, щоб утворилася петелька (мал. 2.15), вставимо в неї олівець і переміщуватимемо в просторі.

Зверніть увагу!

Під час переміщення всі точки описують однакові траєкторії, а відрізки зберігають паралельність.



Рух, під час якого всі точки тіла описують однакові траєкторії, називають поступальним.

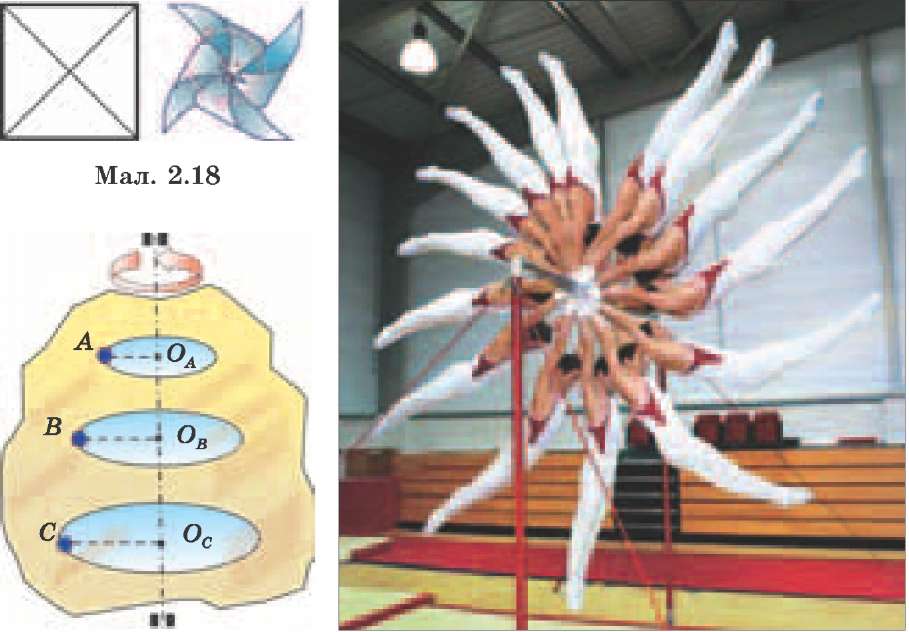
Під час поступального руху будь- яка пряма, проведена в тілі, зали­шається паралельною сама собі.

Обертальний рух. У природі й техніці є рух, який ми називаємо обертальним. Обертаються колеса автомобілів і велосипедів, круги для заточування інструментів і цирку­лярні пилки, репелери вітроустано- вок (мал. 2.16), гвинти вертольотів і літаків (мал. 2.17). Завдяки обер­танню Землі ми бачимо як сходить і ховається за обрій Сонце, а день змі­нює ніч. Усі планети обертаються навколо своєї осі та навколо Сонця.



Мал. 2.17

З'ясуємо особливості тако­го руху. Проведемо простий дослід. Виріжемо з цупкого паперу, наприклад із обкла­динки старого зошита, квад­рат. Зробимо надрізи, як пока­зано на мал. 2.18, й складемо їх так, щоб утворився мли­нок (мал. 2.19). Нанесемо на поверхню млинка у різних міс­цях кілька жирних точок. Утримуючи вільний кінець гвіз­дочка, дмухнемо на млинок або направимо на нього струмінь повітря від вентилятора. Млинок почне обертатися. Нанесені на ньому точки описують траєкторії у вигляді кіл. Кола- траєкторії усіх точок тіла мають різні радіуси, проте їх пло­щини паралельні одна одній, а центри розташовані на нерухо­мій прямій — гвіздочку. Такі траєкторії навколо нерухомої прямої описують усі точки будь-якого тіла, що обертаєть­ся. Нерухома відносно тіла пряма, яка проходить через цен-



Мал. 2.19

Мал. 2.20

три кіл, є віссю обертання. Такою віссю для млинка є гвіз­дочок, для колеса велосипеда — його вісь. Гімнаст, який ро­бить вправи, описує кола навколо перекладини (мал. 2.20).



Рух, під час якого усі точки тіла описують кола, площини яких паралельні, а центри лежать на нерухомій осі обертання, називають обертальним рухом.

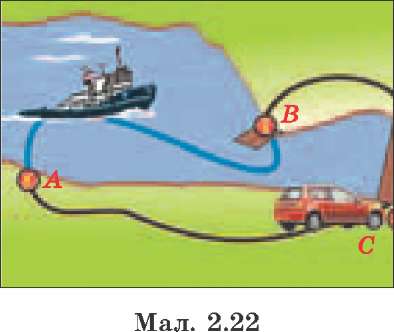
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що є траєкторією руху тіла?
2. Які рухи називають криволінійними? Які рухи називають прямолі­нійними?
3. Наведіть приклади прямолінійних та криволінійних рухів.
4. Який рух називають поступальним? Наведіть приклади поступаль­них рухів.
5. Які рухи називають обертальними?
6. На мал. 2.21 ви бачите фотовідбиток нічної вулиці. Що являють собою лінії на знімку нічної вулиці? Чому лінії на одному боці вулиці ма­ють червоний колір, а на іншому — білий? Знайдіть лінії, обрив яких оз­начає початок та кінець зйомки? Чому жовті лінії мають вигляд пунктир­них? Чому окремі лінії перериваються?



Мал. 2.21

§ 16. ШЛЯХ. ПЕРЕМІЩЕННЯ



Шлях. Автомобіль і катер мають дістатися з пункту А до пункту В (мал. 2.22). Чим розрізняються рухи автомобіля і катера у цих випадках? Насамперед довжинами траєкторій. Траєкторія руху катера (лінія АВ) коротша, ніж лінія АСВ.

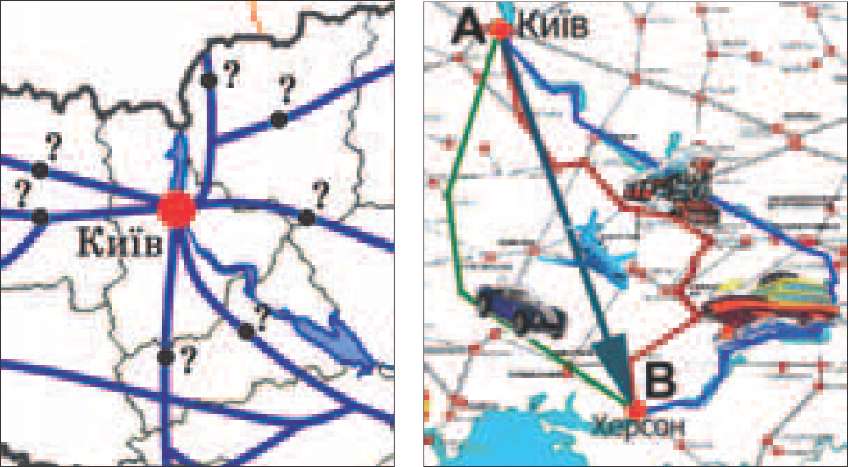
Довжину траєкторії, яку описує матеріальна точка за певний інтервал часу, називають шляхом, пройденим тілом за цей час.

Шлях як фізичну величину позначають літерою s або l. Ос­новною одиницею довжини в СІ є метр (1 м), тому шлях у фі­зиці прийнято вимірювати в метрах. Крім основних одиниць шляху широко використовують також кратні й частинні оди­ниці. Адже не зручно вимірювати в метрах дуже великі й ду­же малі відстані. Шлях, що його проїжджає автомобіль від Львова до Києва, становить близько 800 000 м. У цьому випад­ку зручніше за одиницю шляху обрати 1 км; отже, автомобіль подолав шлях у 800 км. А равлик за годину спостереження долає приблизно 30 см.

Під час поступального руху тіла всі його точки описують однакові траєкторії і проходять однакові шляхи.

Переміщення. За відомим початковим положенням тіла, пройденим шляхом та траєкторією руху легко визначити його нове положення у той чи інший момент часу. Наприклад, не­хай автомобіль виїхав з Києва о сьомій годині ранку, рухаю­чись по шосе Київ—Одеса. За три години він подолав відстань

200 км. Згідно з автомобільною картою можна стверджувати, що він під'їжджає до Умані. Якщо траєкторія невідома (наприклад, дорога, по якій рухається авто­мобіль), то знаючи шлях, нічого не можна визначити. Автомобіль може перебувати у будь-якому місці в радіусі 200 км (мал. 2.23). З одного міста до іншого можна потрапити різними шляхами.



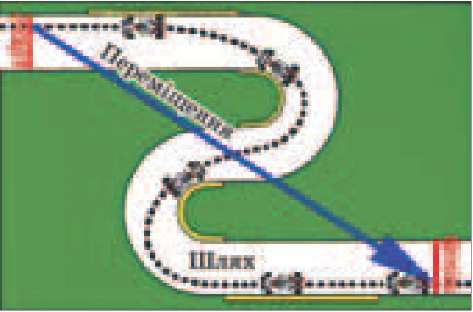
Мал. 2.23 Мал. 2.23

Так, з Києва до Херсону можна дістатися автомобілем, потя­гом, теплоходом і літаком. Траєкторії цих транспортних засо­бів і шляхи, які вони долають, різні. Траєкторія автомобіля — автодорога. Поїзд рухається по залізничним коліям. Теплохід рухається по траєкторії, що відповідає руслу Дніпра. Літак мо­же летіти по прямій, що сполучає Київ і Херсон. Але в усіх випадках вони перемістилися з точки А (Київ) у точку В (на­приклад, Херсон) (мал. 2.24).

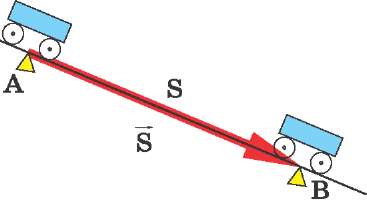
Рухоме тіло завжди кудись переміщується і в якомусь на­прямку. Щоб знайти нове положення тіла, достатньо знати дов­жину і напрямок відрізка прямої, який сполучає початкове й кінцеве положення тіла. Зміна положення тіла в просторі — це переміщення. Напрямлений відрізок прямої, що показує, на яку відстань і в якому напрямку перемістилося тіло, також є переміщенням. Напрямок відрізка позначають стрілкою.

Переміщенням тіла (матеріальної точки) називається напря­млений відрізок прямої, що сполучає початкове положення тіла (матеріальної точки) з його наступним положенням.

У математиці та фізиці величини, які мають не лише чи­слове значення, а й напрям, називають векторними величи­нами або векторами.



Мал. 2.26



Мал. 2.25

Вектори позначають літерами із стрілкою над ними або напівжирними літерами. Переміщення, на відміну від шля­ху, прийнято позначати так: £ . Числове значення (довжину) вектора називають модулем. Модуль (або довжина) вектора переміщення показує, скільком одиницям довжини (сантиме­трам, метрам, кілометрам) дорівнює переміщення. З матема­тики ви знаєте, що модуль числа завжди додатний і його поз­начають двома вертикальними рисками. Наприклад, позначен­ня модуля вектора переміщення | £ |.



Переміщення автомобіля, потяга, теплохода і літака, що прибули до Херсона, однакові, а пройдені ними шляхи різні. Коли тіло рухається прямолінійно і завжди в одному напрямку, пройдений ним шлях і модуль переміщення рівні (мал. 2.25). Якщо рух криволінійний, то модуль переміщення тіла завжди менший, ніж пройдений тілом шлях (мал. 2.26). Окрім того, яким би довгим не був цей шлях, переміщення тіла дорівнюва­тиме нулю, якщо воно повернеться у вихідне положення. На­приклад, водій автобуса, повернувшись у гараж, визначив за спідометром, що протягом робочого дня він подолав 200 км. Проте його переміщення за увесь час руху дорівнює нулю.

У різних системах відліку траєкторії руху одного й то­го самого тіла, пройдений ним шлях, орієнтири, за яки­ми визначається положення тіл, переміщення можуть бути різними. Це ще один з проявів відносності руху. Виконайте простий дослід. Покладіть на стіл аркуш паперу, а на нього лінійку. Проведіть уздовж лінійки олівцем



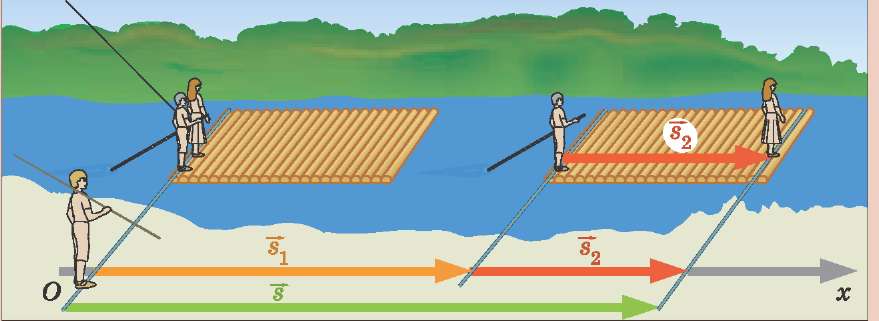
Мал. 2.27 Мал. 2.28

в одному й іншому напрямках. На ребрі лінійки й аркуші зали­шиться слід від олівця у вигляді прямих ліній — траєкторій ру­ху кінчика олівця. Ці траєкторії однакові. Спробуйте тепер од­ночасно рухати лінійку по аркушу й водити олівець уздовж неї. Відносно лінійки траєкторія олівця залишиться прямою лінією, а от на аркуші паперу олівець залишить криволінійний слід.

Пілот, який сидить у кабіні, бачить, що кінчики гвинтів його літака описують кола, а на знімку, зробленому фотогра­фом, їх траєкторії мають вигляд спіралей (мал. 2.27). Льот­чику, який виконує віраж, здається, що нахилився не літак, а лінія горизонту (мал. 2.28).

У різних системах відліку переміщення може бути різним. Нехай по річці пливе пліт (мал. 2.29). Для спостерігача, який знаходиться на ньому, переміщення дівчинки становить . А для спостерігача, який сидить на березі, переміщення дівчин­ки складатиметься з переміщення плоту ^ і переміщення дів­чинки по плоту в2, тобто разом становитиме в.

Спостерігач на плоту



Мал. 2.29

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що називають шляхом, пройденим тілом за деякий проміжок часу?
2. В яких одиницях можна вимірювати шлях як фізичну величину?
3. Чому знання пройденого шляху не завжди дає змогу визначити положення тіла?
4. Що називають переміщенням тіла за деякий проміжок часу?

5 Чому, якщо відоме переміщення, можна визначити положення тіла, що здійснило це переміщення?

6. У якому випадку рух тіла, значення шляху і переміщення однакові?



§ 17. РІВНОМІРНИЙ ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ. ШВИДКІСТЬ РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ

Рівномірний рух. Рухи різних тіл розрізняються не лише траєкторією й пройденим шляхом. Уявіть, що ви їдете в поїз­ді прямолінійною ділянкою залізничної колії. Повз вікна про­носяться стовпи лінії електропередачі, встановлені на однако­вих відстанях один від одного. За годинником ви можете виз­начити проміжки часу, протягом яких поїзд долає відстань від одного стовпа до іншого. Якщо час, за який поїзд проходить шлях між будь-якими двома сусідніми стовпами, однаковий, то говорять, що поїзд рухається рівномірно. Рівномірно мо­жуть рухатися автомобіль на прямолінійній ділянці дороги, здійснюючи за будь-які однакові проміжки часу однакові пе­реміщення (мал. 2.30), літак під час перельоту, теплохід у від­критому морі.

Рух, під час якого тіло за будь-які однакові проміжки часу здійснює однакові переміщення, називають прямолінійним рівномірним рухом.

Швидкість рівномірного руху. Ми часто користуємося по­рівняннями: "повільний, мов черепаха", "швидкий, як олень". На запитання: чим розрізняється рух пішохода, велосипедиста та мотоцикліста, ви, напевне, відповісте: "Велосипедист руха­ється швидше за пішохода, а мотоцикліст — швидше за вело-

сипедиста". Неодноразово спостерігаючи за рухом цих тіл, ви помічали, що за один і той самий час велосипедист може по­долати відстань у кілька разів більшу, ніж пішохід, а мотоци­кліст — більшу, ніж велосипедист. Долаючи однаковий шлях, мотоцикліст витрачає менше часу, а пішохід — більше. Щоб за один і той самий час порівняти можливості тіл переміщува­тися на більшу чи меншу відстань, визначають їх переміщен­ня за одиницю часу (секунду, хвилину, годину).

Фізичну величину, яка дорівнює переміщенню, що його,

рівномірно рухаючись, здійснює тіло за одиницю часу,

називають швидкістю рівномірного руху.

Для тіла, що рухається увесь час прямолінійно і в одному й тому самому напрямку, модуль переміщення і пройдений ті­лом шлях рівні.

Якщо відомо переміщення тіла і час, протягом якого воно відбувалося, то швидкість можна знайти, поділивши перемі­щення на час. Наприклад, тіло перемістилося на 100 м за 20 с. Тоді щосекунди воно переміщувалося на 5 м, тобто

„ . шлях 100 м „ м

швидкість = = = 5 —.

час 20 с с

Ви знаєте, що переміщення характеризується не тільки чи­словим значенням, а й напрямком. Швидкість теж визначає напрямок, у якому рухається тіло, тому вона є векторною ве­личиною. Як векторну величину швидкість найчастіше позна­чають літерою v або v (за першою літерою англійського слова velocity). Ураховуючи, що переміщення позначають s, а час — t, можна записати формулу для визначення швидкості:

^ s v = — t

Якщо у тексті мова йде лише про числове значення (мо­дуль) векторної величини, то літеру записують звичайним шрифтом.

Щоб визначити числове значення швидкості рівномірного руху тіла, пройдений тілом шлях ділять на проміжок часу,

за який цей шлях пройдено: v = -—

Під час рівномірного руху швидкість не змінюється. Рівно­мірний рух — це рух із сталою швидкістю.

За одиницею швидкості в СІ приймають швидкість такого рівномірного руху, під час якого тіло за 1 с здійснює перемі­щення 1м — метр за секунду. Цю одиницю швидкості запи- 1 м

сують так: 1 —.

с

У практичній діяльності не завжди зручно користуватися м

с



Швидкості автомобіля, потяга, літака найчастіше вимірюють у

кілометрах за годину , планет, штучних супутників,



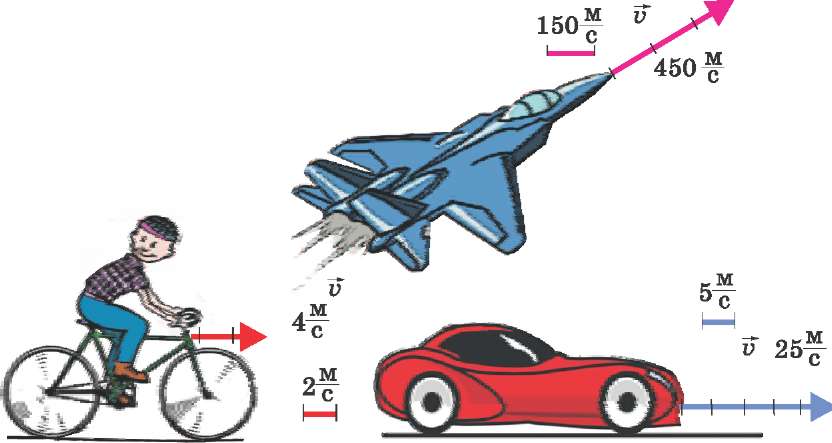
міжпланетних станцій — у кілометрах за секунду , а



одиницею швидкості 1 — , тому застосовують й інші одиниці.

швидкість равлика зручніше вимірювати у сантиметрах за хвилину.

На малюнках вектори швидкостей зображають у вигляді стрілок певної довжини, які вказують їхні напрямки. Довжи­на стрілки відповідає числовому значенню (модулю) вектора у певному масштабі. На мал. 2.31 наведено вектори, що відобра­жують швидкості велосипедиста, автомобіля та літака, а поряд їх масштабні відрізки.



Мал. 2.31

Щоб легше орієнтуватися в умовах задачі з фізики, її запи­сують скорочено. Такий запис умови дає змогу виділити голов­ні величини, які характеризують явища — рухи тіл.

У скороченому вигляді умова задачі має такий вигляд:

= 0,5 год = 1800 с, гв = 6 хв = 360 с, гш = 90 с,

V

V

Відповідь: ип = 1—; ив = 5— ; им = 20: с с с

Тепер одразу видно, що швидкість велосипедиста у 5 разів більша за швидкість пішохода, а мотоцикліст рухався в 4 ра­зи швидше, ніж велосипедист.

яп = яв = эш = 8 = 1800 ш

?

п

^в \_ ?

?

ш

ш

Тоді швидкості пішохода, велоси­педиста і мотоцикліста матимуть такі значення:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 8 |  | 1800 ш | ш |
| і | V,, | = = | : 1—; |
| \*п ' | п | 1800 с | с |
|  |  | 1800 ш | ш |
| = — | V, | = = | 5—; |
|  | в | 360 с | с |
|  |  | = 1800 ш = | ш |
|  |  |  | 20 — |
|  | ш | 90 с | с |

ш

п

в

V =

ш

ш

Швидкість руху кораблів вишірюють у вузлах. Вузол — це швидкість, за якої відстань у 1852 ш (шорська шиля) корабель проходить за 1 год. Ще давні шоре- плавці, щоб не загубитися в океанських просторах, шали знати, яку відстань вони подолали, йдучи тиш чи іншиш курсош. Цю відстань шожна було визначити, якщо відоші час і швидкість руху корабля. Для вишірювання швидкості викори­стовували пристрій — лаг. Найпростіший лаг складався з де­рев'яного бруса, до якого прив'язували довгу шотузку — лінь (лаглінь). На шотузці через однакові прошіжки, що дорівнюва­ли певній частині шилі, зав'язували вузли. Скинувши за борт брус, відпускали лаглінь. Брус залишався на поверхні води, а корабель віддалявся від нього. Лінь розшотувалась, і за кількі­стю вузлів, що опинилися за коршою судна, через півхвилини або одну хвилину визначали швидкість корабля — кількість шорських шиль, яку він шіг пройти за 1 год.



Вузол, як одиницю швидкості корабля, і в наш час викори­стовують у судноплавстві.

1. Який рух називають рівномірним прямолінійним рухом?
2. Яку фізичну величину називають швидкістю рівномірного руху?
3. Як визначити швидкість руху тіла, якщо відомі пройдений шлях і час руху?
4. Швидкість трактора становить 3 6 . Виразіть цю швидкість

год

у метрах на секунду.

1. Мотоцикліст за 10 с долає 300 м. З якою швидкістю (у метрах на секунду) він рухався? Виразіть його швидкість у кілометрах на годину.

§ 18. ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХУ І ЧАСУ РІВНОМІРНОГО РУХУ

Для визначення місця перебування тіла у той чи інший мо­мент часу необхідно знати траєкторію його руху і пройдений ним шлях. Наприклад, автомобіль рухався впродовж 10 с зі швидкістю 20 м/с. Це означає, що за кожну секунду він долав відстань 20 м. Тоді шлях, пройдений ним за 10 с, буде у 10 ра­зів більший, ніж за 1 с. Отже, шлях пройдений автомобілем, м

становитиме 20 — 10 с = 200 м . Якщо автомобіль рухатиметь- с

ся з такою швидкістю 20 с, то він подолає шлях у 20 разів

більший: 20 м • 20 с = 400 м . Якщо час руху становитиме 30 с, с

м

то за цей час він проїде 20 — 30 с = 600 м .

с

Швидкість літака АН-70, створеного українськими кон­структорами, значно більша за швидкість автомобіля і стано­м

вить 200 — . Відповідно, за 10 с він долає шлях 2000 м, за с

20 с — 4000 м, а за 30 с — 6000 м.



7

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

Щоб знайти шлях, пройдений тілом під час рівномір­ного руху, необхідно швидкість його руху помножити на час, протягом якого він рухався з цією швидкістю: в = vt.

Різні тіла рухаються з різними швидкостями й можуть до­лати за один і той самий час більші чи менші відстані. Оскіль­ки під час рівномірного руху швидкість тіла не змінюється, то пройдений ним шлях залежить лише від часу його руху. Чим довше (триваліший час) рухається тіло, тим більший шлях во­но проходить. З математики ви вже знаєте, що така залеж­ність однієї величини від іншої є прямо пропорційною залеж­ністю. Звичайно, за той самий час тіло, швидкість якого біль­ша, пройде більший шлях.

У повсякденному житті часто доводиться розв'язувати за­дачі щодо визначення часу руху тіл. Наприклад, скільки часу потрібно велосипедисту, щоб подолати шлях й = 2,4 км = 2400 м,

м

якщо він їхатиме зі швидкістю 4 — ? Якщо за 1 с він долає 4 м,

с

то час, необхідний для подолання всього шляху, визначається 2400 м \_

так: = 600 с . Іобто цей шлях велосипедист проїжджає

4м с

м

за 10 хв. Швидкість пішохода становить приблизно 1 — . Час,

с

\_ „ 2400 м

потрібний для подолання цієї відстані, становить =

їм

с

= 2400 с, або 40 хв.

Щоб знайти час руху тіла, потрібно шлях, пройде­ний тілом за цей час, поділити на швидкість, з якою тіло в

рухалося: і =

V

Зрозуміло, що чим більша швидкість, з якою рухається ті­ло, тим менше часу йому потрібно, щоб подолати той чи інший шлях.

к?

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. Яку відстань пройде пішохід за дві години, якщо він рухається із

м

швидкістю 1 , 2 — ?

с

м

* 1. Куля вилітає з гвинтівки зі швидкістю 600 — . За який час вона

с

долітає до мішені, що знаходиться на відстані 50 м від рушниці? Вважа­ти, що куля рухається рівномірно.

* 1. Мотоцикліст за 10 с долає 300 м. Чи наздожене він автомобіль,

км

який рухається зі швидкістю 9 0 ?

год

* 1. Поїзд довжиною 120 м рухається рівномірно по мосту зі швидкіс­тю 7 2 . За який час поїзд пройде міст, довжина якого 200 м?

год

м

* 1. Один автомобіль, рухаючись рівномірно зі швидкістю 25 — , протя-

с

гом 12 с пройшов такий самий шлях, як інший автомобіль за 15 с. Яка швидкість другого автомобіля?

* 1. Визначте свою швидкість під час звичайної рівномірної ходьби (спочатку у кроках за хвилину, потім виразіть швидкість у метрах за хви­лину та метрах за секунду).
  2. Скориставшись іграшковим автомобілем з електричним двигуном (або іншою рухомою іграшкою), за допомогою секундоміра годинника (мобільного телефону) дослідіть його рух. Поставте іграшку на підлогу або іншу рівну поверхню. Увімкніть двигун іграшки, і через кожні 1-2 с відмічайте положення певної його точки, наприклад заднього колеса. Виміряйте відстані між мітками. Зробіть висновок щодо рівномірності руху автомобіля.

§ 19. РІВНЯННЯ РУХУ. ГРАФІКИ РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ

Рівняння руху. Рух тіла можна описати у різний спосіб. Наприклад, рух автомобіля можна описати так. Виїхавши з пункту А, автомобіль 3 год рухався рівномірно зі швидкістю 70 км/год. У пункті В водій зробив зупинку на 1 год і далі до пункту С їхав 2 год зі швидкістю 100 км/год.

Якщо окремо не зазначено одиниці вимірювання часу, шляху, швидкості, то вважають, що ці величини визначено в одиницях СІ. Наприклад, рівняння шляху автомобіля має ви­гляд: й = 10£. Це означає, що швидкість автомобіля становить \_ м

10— , тоді час слід визначати в секундах, а шлях — у метрах с

(табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Залежність пройденого шляху від часу

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величина | Значення | | | | | | |
| Час, год | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Пройдений шлях, км | 0 | 70 | 140 | 210 | 210 | 310 | 410 |

Таблиця дає інформацію про особливості руху автомобіля. З її аналізу можна дійти висновку, що, наприклад, після трьох годин руху, подолавши 210 км, водій годину відпочивав. Потім протягом двох годин він рухався, долаючи щогодини 100 км.

Графік пройденого шляху. Залежність між величинами, які характеризують рух, можна відобразити і за допомогою графіка. Незалежною змінною величиною, тобто такою, на зміну якої не впливають інші величини, ми вважаємо час. Принаймні плин часу не залежить від того, рухається автомо­біль чи стоїть на місці. Та й ви, залежно від того, чи їхали до школи автобусом, чи йшли пішки, не помічали, що ваш годин­ник відстав. У математиці такі величини називають аргумен­тами. їх значення прийнято відкладати уздовж горизонтальної координатної осі— осі абсцис або осі X. Залежні від них вели­чини відкладають уздовж осі ординат — вертикальної осі, яку позначають У.

Фізики мають справу з багатьма величинами. У кожної з них є власна назва й позначення. Тому на графіках, що відоб­ражають залежності між фізичними величинами, осі познача­ють відповідно до позначень цих величин. Значення незалеж­ної змінної величини (часу) прийнято відкладати уздовж осі абсцис, а значення величин, які можуть із часом змінюватися (шлях, швидкість, координати й інші), — уздовж осі ординат.

Графік, що відбиває залежність шляху, пройденого автомо­білем, зображено на мал. 2.32. Його називають графіком шля-

ху. За графіком шляху легко з'ясувати, що за 2 год після виїзду з пункту А автомобіль проїхав 140 км. Через 3 год, по­долавши 210 км, він зупинився і протягом однієї години стояв (шлях не змінювався). Через 6 год він досяг кінцевого пунк­ту, проїхавши 410 км. За графі­ком можна легко визначити й швидкості, з якими рухався автомобіль. Наприклад, якщо за дві години свого руху він прої- 140 км км

хав 140 км, то його швидкість становила и1 = = 7 0 .

2 год год

З третьої до четвертої години (час зупинки) його швидкість дорівнювала нулю. Після зупинки, проїхавши 200 км за 2 год,

200 км км

він рухався із швидкістю и2 = = 100 .

2 год год

Зверніть увагу!

8, км^

400 300 200 100

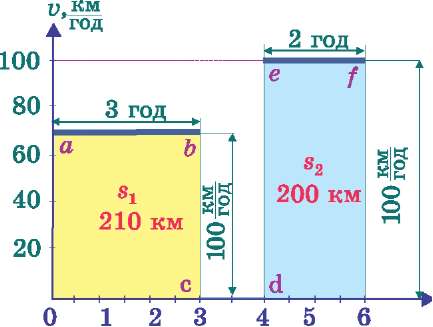
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| к |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | О |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | / |
| 3 | .0 |  |  |  |  |  |  |  |  | У |  |
| " |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | .0 |  |  |  |  |  |  | / |  |  |  |
| Л' | ю |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| VI | ) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2 З 2.32

5 6 і, год

0

За більшої швидкості руху лінія графіка шляху утворює з віссю часу більший кут.



що відповідає швид-

и год

Мал. 2.33

Графік швидкості. Використовуючи графік, можна описа­ти, як із часом змінювалася швидкість тіла. Графік, що від­ображає залежність швидкості руху тіла від часу, називають графіком швидкості. Графік швидкості руху автомобіля, про який йшлося вище, пока­зано на мал. 2.33. Під час рів­номірного руху швидкість не змінюється. Такий рух авто­мобіля відображають ділянки графіка аЬ та еі. Усі точки відрізка аЬ мають ординату км

70

год

кості автомобіля протягом трьох годин на шляху від пунк­ту А до пункту В, тобто до зупинки. У пункті В автомобіль сто­яв. Протягом однієї години його швидкість дорівнювала 0. Цей стан автомобіля відбиває ділянка графіка ей. Нарешті, ділянка графіка еі відображує рух автомобіля із сталою швид­кістю 100 км/год протягом наступних двох годин.

За графіком швидкості легко визначити пройдений автомо­білем шлях. Пригадайте, щоб знайти шлях, пройдений тілом під час рівномірного руху, необхідно швидкість тіла помножи­ти на час руху. З графіка видно, що добуток швидкості на час руху автомобіля з цією швидкістю при рівномірному русі чи­сельно дорівнює площі прямокутника, обмеженого відповід­ним відрізком графіка швидкості (добутку його сторін):

км

= аЬ • Ье = 70 3 год = 210 км,

год

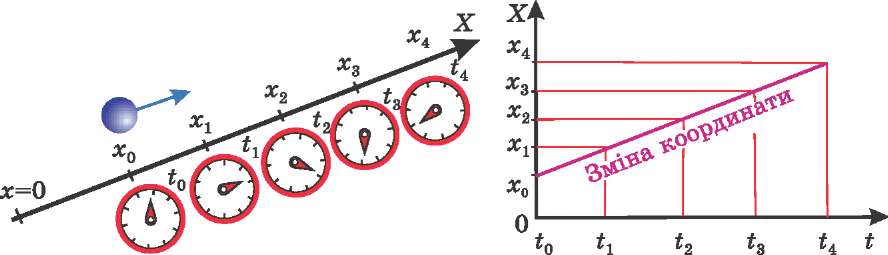
8 = йе • еі = 100 — • 2 год = 200 км. год

Розглянуті нами графіки шляху і швидкості описують лише окремий, ідеальний випадок руху. Насправді жоден автомобіль не може увесь час рухатися рівномірно. Графіки, що відобража­ють реальні рухи, можуть бути значно складнішими. Загалом їх називають графіками руху. За графіками руху можна визначи­ти пройдений тілом шлях, його координату у певний момент ча­су (тобто місце розташування), швидкість та інші характеристи­ки. Треба тільки розуміти мову графіків і вміти їх "читати".

Графік координати. Нехай тіло рухається по прямій, уз­довж якої ми спрямуємо також вісь координат X. Під час руху тіла його координата х змінюватиметься. Наприклад, у початковий момент часу і0 = 0 тіло перебуває у положенні х0 (х0 називають початковою координатою), а в моменти часу і1, і2, і3, і4 — у точках з координатами х1, х2, х3, х4. Відклавши на горизонтальній осі (абсцис) час, на вертикальній (ординат) — координату, отримаємо графік залежності координати від часу: х(і) (х(і) читається як "ікс від те" і означає, що величина х змінюється залежно від значення і (мал. 2.34)).

Графік координати дає змогу визначати положення (коор­динату) тіла у той чи інший момент часу:

* з якої точки воно починало рух (початкову координату);
* в якій точці тіло припинило рух (кінцеву координату);
* де тіло перебувало в той чи інший момент часу і (поточну координату).



Мал. 2.34

Нехай за проміжок часу і тіло перемістилося в точку з ко­ординатою х. Тоді координату тіла на той чи інший момент ча­су можна знайти, відклавши уздовж координатної осі від по­чаткової координати довжину вектора переміщення £ (або пройдений за цей час шлях): х = х0 + в. Урахувавши, що й = = иі, можна записати: х = х0 + иі. Ми одержали рівняння коор­динати, яке показує, як залежить координата від часу.

Наприклад, рівняння координати, що має вигляд х = 20 + + 10і, математично описує таку можливу ситуацію. Пройшов­ши на зупинку автобуса, ви побачили, що він від'їхав від зу­пинки на 20 метрів (початкова координата) і продовжує руха- 1Лм

тися зі швидкістю 10 — .

с

і і і і і і і і і і і і і і і

Ще один приклад. Велосипедист почав свій рух від дорож­нього знака (початкова координата х0 = 150 м), через 30 с його координата х1 = 300 м, а в момент часу і2 = 50 с він перебуває в точці з координатою х2 = 400 м (мал. 2.35).



г,=о с

+ =\_чп г.

\*,=50 с

і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і і

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0 | 100 | і | 200 | 300  « ♦ | 400 і |
|  |  | х0 |  | «і | X. |

Початкове Положення Положення

положення на момент часу іг на момент часу і2

Мал. 2.35

Запишемо рівняння координати велосипедиста. Початкова координата відома (х0= 150 м). Щоб знайти швидкість, потріб­но знати шлях і час, за який він пройдений. Шлях можна об­числити за різницею координат. Так, за перші 30 с велосипе­дист, зображений на малюнку, проїхав шлях в1= \х1 — х0\, або = 300 м — 150 м = 150 м. Отже, швидкість його рівномірно- 150 м „ м

го руху становить и = = 5 — . Рівняння руху велосипедис-

30 с с

та матиме вигляд х =150 + 5£.

Повний шлях за увесь час руху йповн = \х2 — х0\ = 400 м — — 150 м = 250 м. Різниця координат береться за модулем, оскіль­ки тіло може рухатися не тільки в напрямку осі координат, а й протилежно до нього. Тоді різниця координат буде від'єм­ною, а шлях — завжди додатним. Шлях в2, пройдений від мо­менту часу і1 до моменту £2, визначається так: в2 = \х2 — х1\ = = 400 м - 300 м = 100 м (див. мал. 2.35).

Графік координати, що відповідає такому руху велосипеди­ста, матиме вигляд, як на мал. 2.36.

X, м^. 400 300 200 100

0 10 20 ЗО 40 50 г, с Мал. 2.36

* Початкове положення £„=0

О Положення

на момент часу ^

* Положення

на момент часу і2

Зверніть увагу!

* 1. Лінія графіка координати починається не в нулі, а у значенні х = х0 = 150 м.
  2. Під час руху в напрямку осі X координата зростає й лінія графіка піднімається.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Якщо велосипедист рухається в напрямку, протилежному до напрямку осі X (мал. 2.37), то координата із часом змен­шуватиметься й графік координати буде спрямований униз (мал. 2.38).  Придивіться уважно, за будь-які однакові проміжки часу, наприклад за кожні 10 с (мал. 2.36, 2.38), координата зміню­ється на 50 м. Тобто за будь-які рівні проміжки часу велоси­педист долав однакові відстані — його рух був рівномірним. У випадку рівномірного руху графік координати є прямою, що починається в точці х0 (у нашому випадку х0 = 150 м для пер­шого випадку й х0 = 400 м, коли велосипедист рухався у протилежний бік до обраного напрямку осі координат).  і2=50 с \*!=30 с і0=0 с | | | | | | | | | | | | | |
| 0  X, ц 400 < 300 200 100 | 100 200 300 400  і і і  Положення Положення Початкове на момент часу £2 на момент часу положення  \*2=150 м 5^=300 м \*0=400 м Мал. 2.37 | | | | | | | | | | | | |
| і |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | * Початкове положення (\*0=400 м,\*0=0)   О Положення на момент часу  (і,=20 с, ^=300 м)   * Положення   на момент часу (^=50 с, х^ІбО м) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 10 20 ЗО 40 50 £, с Мал. 2.38 | | | | | | | | | | | | |

На мал. 2.39 наведено графі­ки для двох тіл, що рухаються рівномірно, але з різними швид­костями. Тіло В рухається швид­ше, ніж тіло А: лінія, що відоб­ражає графік координат тіла А, є більш похилою, ніж лінія руху тіла В. Дійсно, якщо швидкість тіла більша, то воно швидше змі­нює своє положення й, відповід­но, координати.

За допомогою графіка координати можна легко визначити швидкість тіла. Для цього слід обрати на графіку будь-які дві точки. Модуль різниці координат цих точок дорівнюватиме шляху, пройденому тілом, а різниця відповідних їм моментів часу — часу руху. Відношення \х2 — хх\/(£2 — — це швидкість руху тіла.

3 м і м

зс = \_.

^А2 ^і

Наприклад, для визначення швидкості тіла А оберемо точки графіка, що відповідають моментам часу 2 с і 4 с від початку відліку часу руху. їм відповідають координати х1 = = 3 м та х2 = 6 м. Пройдений тілом шлях дорівнюватиме = 6м — 3м = 3 м. Цей шлях тіло пройшло за

X

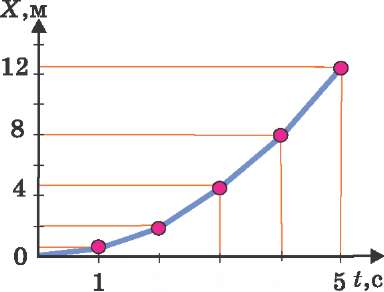
лі

час = — tлl = 5 с — 2 с = 3 с. Отже, швидкість тіла А ста­новитиме

^ ХА2 — ХАі = = і

с

V =



2 3 4 Мал. 2.39

л t

Ь А

Для визначення швидкості тіла В зручніше обрати точки графіка, що відповідають моментам часу tВ1 = і с і = 4 с та координатам хВі = 3 м, хВ2 = і2 м. Виконавши відповідні обчис­лення, одержимо

9 м = 3 м 3 с = с

4 с - і с

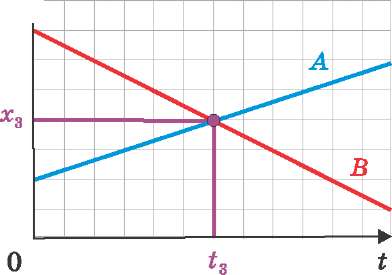
\_ вв \_ хВ2 - хВі \_ і2 м - 3 м

^В2 tB1

Якщо тіло не рухається, то його координата не змінюється й графік координати буде прямою, паралельною осі часу (мал. 2.40).

X, м

40 ЗО 20 10



Х +

Мал. 2.41

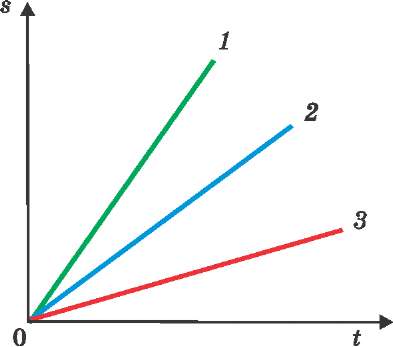
1 2 3 г, с Мал. 2.40

Якщо тіла рухаються назустріч одне одному або одне тіло наздоганяє інше, то в момент зустрічі їх координати однакові. Точка перетину графіків координат двох тіл визначає час і ко­ординату їхньої зустрічі (мал. 2.41).

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що являє собою графік шляху? Залежність між якими величина­ми, що характеризують рух, він відображає?





Мал. 2.42

1. На мал. 2.42 зображено графіки шляху трьох тіл. Швидкість якого тіла найбільша, а якого найменша?

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| к |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | А |  |  |  |  |  | В |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

40 ЗО 20 10

0 10 20 ЗО 40 50 г, с Мал. 2.43

1. За графіком шляху пішохода (мал. 2.43) визначити: а) як рухався пішохід протягом усього часу спосте­реження; б) шлях, пройдений ним за
   1. с та за увесь час спостереження; в) швидкість, з якою рухався пішохід перші 30 с.
2. На мал. 2.44 зображено графік швидкості автомобіля. За графіком визначити:
3. з якою швидкістю рухався ав­томобіль протягом перших 1,5 год від початку руху;
4. скільки часу рухався автомобіль;
5. якою була швидкість автомобіля через 2,5 год після початку спо­стереження руху;
6. який шлях проїхав автомобіль до першої зупинки;
7. який шлях подолав автомобіль протягом усього часу спостере­ження;
8. на якій відстані (де) відносно його положення на момент початку спостереження знаходився автомобіль з третьої до четвертої години спостереження за ним, якщо він увесь час рухався однією і тією самою дорогою.

За графіком швидкості побудуйте графік координати і графік шляху цього автомобіля.

§ 20. НЕРІВНОМІРНИЙ ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ НЕРІВНОМІРНОГО РУХУ

Нерівномірний рух. У живій та неживій природі є небагато тіл, які рухаються рівномірно протягом тривалого часу. Лише на прямій автостраді автомобіль може деякий час рухатися

V км

'год

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | і |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

90 60 ЗО 0 -ЗО -60 -90

Мал. 2.44

* 1. сталою швидкістю. На міських вулицях водію доводиться часто змінювати швидкість свого транспортного засобу: зу­пинятися перед світлофорами й знову рушати, пригальмовува­ти перед пішохідними переходами й на поворотах. Рушаючи зі станції, потяг поступово збільшує свою швидкість: за однако­ві проміжки часу проходить дедалі більші відстані. Перед зу­пинкою він уповільнює свій рух — зменшує швидкість і кож­ної наступної секунди проходить усе менші й менші відстані аж до зупинки.

Візок, на якому стоїть кра­пельниця, скочується по похилій поверхні. Він теж рухається не­рівномірно (мал. 2.45). Про це свідчать різні відстані між кра­плями, які рівномірно витікають із крапельниці.

Під час нерівномірного руху за однакові проміжки часу пере­міщення тіла неоднакові. Це означає, що його швидкість змі­нюється. Нерівномірний рух — це рух, під час якого швидкість тіла з часом змінюється. Про нерівномірність руху свідчить і неоднаковість шляхів, які рухоме тіло проходить за однакові проміжки часу.

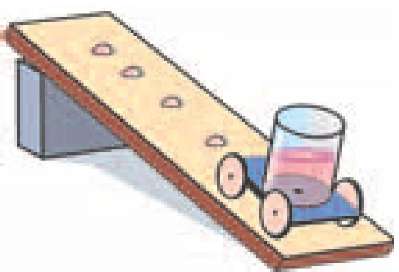
Рух, під час якого тіла за однакові проміжки часу здійсню­ють неоднакові переміщення, називається нерівномірним рухом.

Середня швидкість нерівномірного руху. Пасажир, якому потрібно дістатися з Києва до Харкова, ознайомившись із роз­кладом руху автобусів, розуміє, що зможе доїхати до Харкова за 8 год. Скориставшись мапою, він може визначити, що від­стань від Києва до Харкова по прямій лінії становить 400 км. Отже, його переміщення становитиме 400 км. Поділивши дов­жину вектора переміщення (400 км) на час руху (8 год), мож­на визначити швидкість переміщення автобуса по маршруту км

Київ — Харків: 5 0 . Очевидно, що це значення швидкості

год

рівномірного прямолінійного руху, за якої автобус за 8 год здійснив би переміщення на 400 км.



Мал. 2.45

Натомість, траєкторія руху автобуса, по-перше, не є пря­мою лінією. По-друге, протягом 8 год руху автобус робить зупинки на проміжних автостанціях, зменшує швидкість в населених пунктах і збільшує її на трасі, зупиняється перед переїздами залізничних колій та ін. Оскільки під час нерівно­мірного руху швидкість тіла змінюється, для характеристики такого руху у фізиці використовують величину, яку називаютьсередньою швидкістю переміщення. Швидкість 5 0 це

год

середня швидкість переміщення автобуса від Києва до Харкова.

Вектор Vс = — , що визначається відношенням перемі­щення до проміжку часу, за який воно відбулося, назива­ють середньою швидкістю переміщення.

У фізиці і техніці є випадки, коли напрямок руху не має особливого значення. Так, водію для розрахунку витрати бен­зину необхідно знати не переміщення, а шлях, який йому до­ведеться подолати. Якою б складною не була траєкторія тіла, пройдений ним шлях може лише збільшуватися. Переміщен­ня може як збільшуватися, так і зменшуватися. Для автомобіля, який повернувся в гараж після далекого рейсу, переміщення за увесь час руху і середня швидкість переміщення дорівню­ють нулю (ис = 0) . Але ж автомобіль витратив багато палива, стер покришки, перевіз вантаж, пасажирів. Цілком зрозумі­ло, що це наслідок не переміщення, а пройденого автомобі­лем шляху. Так само туристу, пасажиру потяга, автобуса чи іншого транспортного засобу більш важливо знати шлях, який йому потрібно буде здолати, щоб потрапити, скажімо, з пунк­ту А у пункт Б. Адже не завжди можна переміститися по пря­мій лінії.

Пасажиру, який вирушає автобусом з Києва до Харкова, потрібно подолати шлях майже 480 км. Поділивши 480 км на

. \_\_ км

8 год, отримаємо значення швидкості о 0 , яку теж назива-

год

ють середньою швидкістю (або середньою швидкістю на шляху).

Під середньою швидкістю нерівномірного руху розуміють таку швидкість, з якою, тіло рухаючись рівномірно, подолало б той самий шлях за той самий проміжок часу.

Для визначення середньої швидкості тіла при нерів­номірному русі необхідно пройдений шлях поділити на

—

час руху: vc = ■

|  |  |
| --- | --- |
| «1 = | 500, |
| «2 = | 200, |
|  | м |
| V = | 3 —, |
|  | с |
|  | м |
| ^2 = | 5 — |
| с |
| Vс | ? |

и„„ =

і =

а наступні 200 м — за

= 40 с

=

200 м

Отже, насправді, на весь шлях він витратив такий час: і = і1 + і2 = 100 с + 40 с = 140 с . Тому середня швидкість

велосипедиста на всьому шляху становитиме

м

8 я, + 82 500 м

3,6

140 с

с

V = — = — [[3]](#footnote-3) -

\*1 + \*2

м

Відповідь: vс = 3,6

с

Щоб знайти середню швидкість на усьому шляху, що складається з окремих ділянок, потрібно суму відста­ней, пройдених тілом на окремих ділянках, поділити на суму проміжків часу, протягом яких відбувався рух на цих ділянках.

Проте якщо тіло рухається з різними швидкостями, але проміжки часу однакові, значення його середньої швидкості дорівнює середньому арифметичному цих швидкостей.

З а д а ч а 2. Автомобіль протягом двох годин рухався зі

ЙП км ...

швидкістю и1 = 60 , а потім іще дві години — Зі швидкістю

год

и2 = 80

год

км год ' км год

І = і2 = 2 год

V, = 60

и2 = 80

^^. З якою середньою швидкістю рухався автомобіль? Знайдемо ис.а:

V, + V,

V = —

с.а 2

год

^.а =

?

V,

60 — + 80

год = 70 км год

Щоб знайти середню швидкість руху авто­мобіля під час його нерівномірного руху, необ­хідно пройдений автомобілем шлях поділити

на час його руху: vc = — .

З умови задачі випливає, що увесь шлях, пройдений автомо­білем, складається з двох частин:

іч - • • ЙП км

1. шляху 8!, який він проїхав Зі швидкістю v1 = 60 , ру-

год

км

хаючись протягом часу ^ = 2 год: в1 = и1і1 = 60 2 год =

год

= 120 км;

1. шляху 82, який він проїхав за час £2 = 2 год зі швидкістю

км км

и2 = 80 : 82 = и2£2 = = 80 2 год = 160 км.

год год

Загальний час руху автомобіля становить

£ = ^ + £2 = 2 год + 2 год = 4 год.

Тоді середня швидкість за увесь час руху автомобіля

8 в. + 82 120 км + 160 км км и = — = — [[4]](#footnote-4) = = 70 -

с

і і1 + і2 4 год год

Як бачимо, у цьому випадку вона дорівнює середньому арифметичному швидкостей автомобіля на першій і другій ді­лянках шляху.

км

Відповідь: ис = 70 .



год

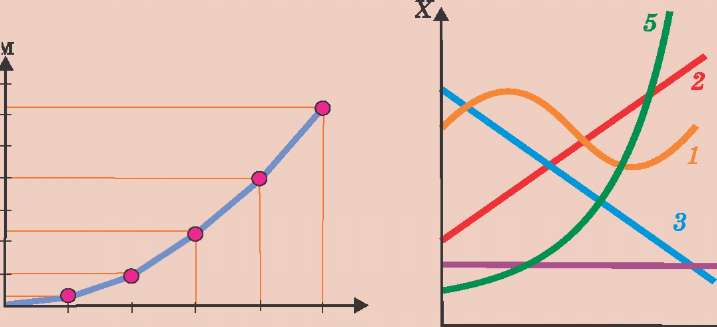
Нерівномірний рух теж можна описати за допомо­гою графіків і таблиць.

Нехай координата тіла з часом змінюватиметься так, як показано в табл. 1.2. Графік координати цього руху показано на мал. 2.46.

Таблиця 1.2. Залежність координати тіла від часу

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Величина | Значення | | | | | |
| Час і, с | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Координата, м | 0 | 0,5 | 2 | 4,5 | 8 | 12,5 |

За даними таблиці та графіка можна зробити висновок, що тіло за однакові послідовні проміжки часу проходить деда­лі більший шлях. Це означає, що швидкість руху тіла з часом



X,]

12

8

4

1 2 3 4 5 і,с

4

0

і

Мал. 2.47



Мал. 2.46

збільшується. Рух тіла є нерівномірним. Графік координати у випадку нерівномірного руху не є прямою лінією. Це головна оз­нака, завдяки якій одразу стає зрозуміло: рівномірно чи нерів­номірно рухається тіло. На мал. 2.47 лінії 2, 3 і 4 відповіда­ють рівномірному руху, а 1, 5 — нерівномірному.

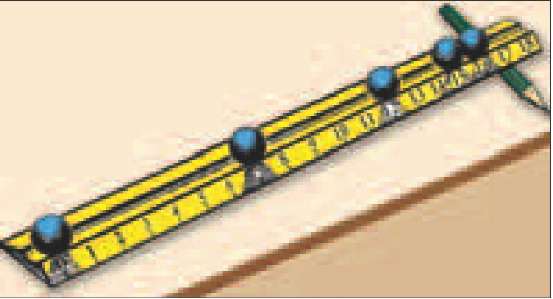
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

7. Мотоцикліст проїхав відстань між двома пунктами зі швидкістю ^„ км ■ ■ „„ км

54 і, збільшивши швидкість до 9 0 , проїхав ще таку саму

год год

відстань. У обох випадках рух був рівномірним. Визначте середню швидкість мотоцикліста за увесь час руху.



Мал. 2.48



8. На мал. 2.48 зображено похилий жолоб, яким скочується кулька. Положення кульки через кожні 0,5 с фіксувалося стробоскопічною зйом­кою. За малюнком визначте, якою була середня швидкість кульки за час її руху по жолобу? Початок зйомки відповідає моменту відпускання кульки.

Навчальний проект Визначення середньої швидкості нерівномірного руху тіла

Завдання. Визначити середні швидкості кульки під час її руху по похилому жолобу та по поверхні стола. Вста­новити особливості руху кульки на різних ділянках траєкторії.

ВАРІАНТ 1

Прилади і матеріали: металева кулька; жолоб; лінійка або мірна стрічка; метроном (один на клас), відрегульований на подання сигналу через 1 с; шматочок крейди; штатив або підставка для встановлення жолоба під кутом; дерев або

металевий брусочок.

Підготовка до проведення експерименту

* 1. Встановіть похилий жолоб під невеликим нахилом біля одного краю стола. Упритул до нижнього кінця жолоба вста­новіть брусочок.
  2. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимі­рювань та обчислень:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Рух кульки по жолобу | | | Рух кульки по горизонтальній поверхні | | |
| Час руху, с | Шлях, см | Середня швидкість, см/с | Час руху, с | Шлях, см | Середня швидкість, см/с |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* + 1. Поставивши відмітку на жолобі, відпускайте з цього місця кульку в момент удару метронома. Змінюйте нахил (або й точку відпускання кульки) доти, поки рух кульки по жолобу триватиме 2 с (удар із брусочком, розміщеним у кінці жолоба, або з поверхнею стола має збігатися з другим ударом метронома).
    2. Виміряйте шлях, який проходить кулька по жолобу, час Ті руху і визначте середню швидкість.
    3. Знайдіть таку точку на жолобі, щоб відпущена з неї кулька скочувалася до рівня стола за 1 с. Помітьте нову точ­ку відпускання кульки. Визначте середню швидкість у цьому випадку.
    4. Порівняйте відстані, які проходила кулька до зіткнен­ня з брусочком, через 1 і 2 с руху.
    5. Не змінюючи нахил жолоба та відпускаючи кульку з від­мічених на ньому точок, визначте:
       1. шлях, який проходить кулька за 1 та 2 с руху по поверх­ні стола;
       2. середні швидкості руху за ті самі проміжки часу.

Результати вимірювань запишіть у таблицю.

* + 1. Повторіть досліди за іншого нахилу жолоба. Порівняйте середні швидкості руху кульки по жолобу зі швидкостями ру­ху по горизонтальній поверхні при скочуванні кульки з відпо­відних відміток на похилому жолобі.
    2. Зробіть висновки щодо особливостей руху кульки по жо­лобу та горизонтальній поверхні стола.

ВАРІАНТ 2

Прилади і матеріали: металева кулька; жолоб; лінійка або мірна стрічка; секундомір (можна використати секун­домір мобільного телефону або електронного годинника); шматочок крейди; штатив або підставка для встановлен­ня жолоба під кутом; дерев' яний або металевий брусочок.

Підготовка до проведення експерименту

1. Встановіть похилий жолоб з невеликим нахилом на од­ному боці стола і на відстані 40—50 см від нижнього кінця зробіть позначку — точку відпускання кульки. Другу познач­ку на жолобі поставте посередині цієї відстані. Упритул до нижнього кінця жолоба покладіть брусочок.
2. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимі­рювань і обчислень:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Рух кульки по жолобу | | | Рух кульки по горизонтальній поверхні | | |
| Середній час руху, с | Шлях, см | Середня швидкість, см/с | Середній час руху, с | Шлях, см | Середня швидкість, см/с |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* 1. Виміряйте відстані від нижньої крайньої точки жолоба до позначок і запишіть їх до таблиці.
  2. Визначте час скочування кульки з моменту відпускання кульки з відміченої на жолобі точки до удару об брусочок. Пов­торивши дослід кілька разів, знайдіть середній час руху куль­ки по жолобу. Аналогічно визначте час скочування кульки з другої відмітки.
  3. Визначте середні швидкості руху кульки для обох ви­падків.
  4. Порівняйте час руху кульки на першій та другій части­нах шляху по жолобу.
  5. Зробіть позначки на горизонтальній ділянці шляху куль­ки на відстанях, що дорівнюють відстаням, відміченим на жо­лобі. Занесіть значення цих відстаней до таблиці, як шляхи, що проходить кулька по горизонтальній ділянці (стола).
  6. Відпускаючи кульку з відмічених на жолобі місць, вимі­ряйте:
     1. час руху кульки по горизонтальній ділянці шляху до пер­шої та другої позначок;
     2. середні швидкості її руху на цих ділянках.

Результати вимірювань запишіть у таблицю.

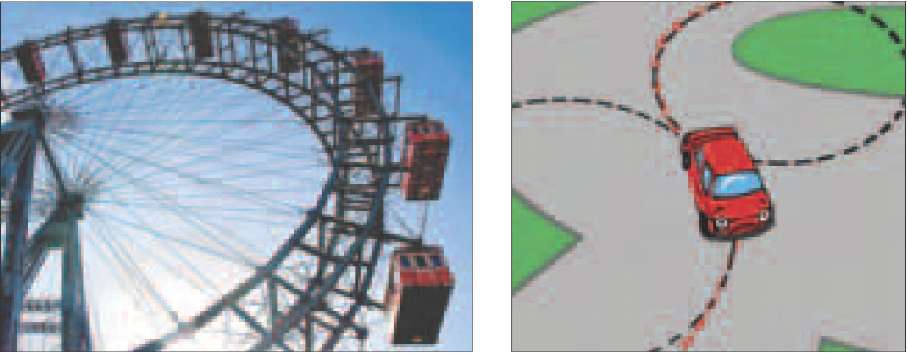
* 1. Порівняйте середні швидкості руху кульки по жолобу з відповідними швидкостями руху по горизонтальній поверхні.
  2. Зробіть висновки щодо особливостей руху кульки по жо­лобу та горизонтальній поверхні стола.

§ 21. РІВНОМІРНИЙ РУХ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПО КОЛУ

Рух тіла по колу. У природі та техніці ми часто зустріча­ємося з криволінійними рухами. Одним з випадків такого ру­ху є рух тіла по колу. Прив'яжемо до цупкої нитки якийсь невеликий тягарець, наприклад гайку, і почнемо її розкручува­ти, тримаючи за вільний кінець. Траєкторіями руху усіх точок тягарця будуть кола. Такий рух тіла називають рухом по ко­лу. Якщо нитка досить довга, то радіуси кіл, які описують різ­ні точки тягарця, мало розрізнятимуться, а їх центри прак­тично збігатимуться. За таких умов розмірами тіла можна знехтувати і вважати його матеріальною точкою.

Рух тіла, розмірами якого у порівнянні з радіусом ко­ла, по якому воно рухається, можна знехтувати, нази­вають рухом матеріальної точки по колу.

Прикладами руху тіл по колу є рух кабінок колеса огляду (мал. 2.49), рух автомобіля по дузі кола при повороті (мал. 2.50), рух Землі та інших планет навколо Сонця, рух штучних супутників Землі по коловим орбітам. Як рух матеріальної точки по колу можна розглядати рух клапана ("золотника")



Мал. 2.49

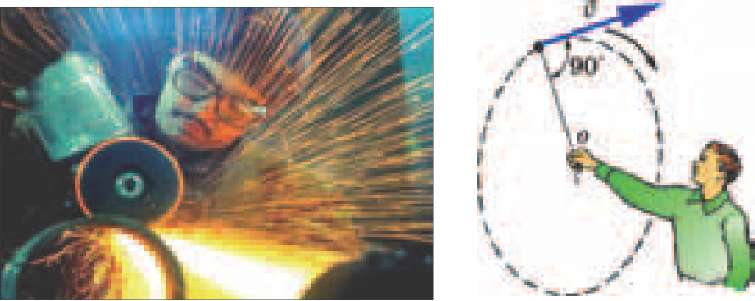
Мал. 2.50

велосипедної камери відносно самого велосипеда и окремих ча­стин його колеса.

Якщо під час руху по колу за будь-які однакові проміжки часу матеріальна точка описує дуги однакової довжини, то та­кий рух називають рівномірним рухом по колу. Під час рів­номірного руху по колу модуль швидкості руху тіла (мате­ріальної точки) не змінюється, а її напрямок змінюється.

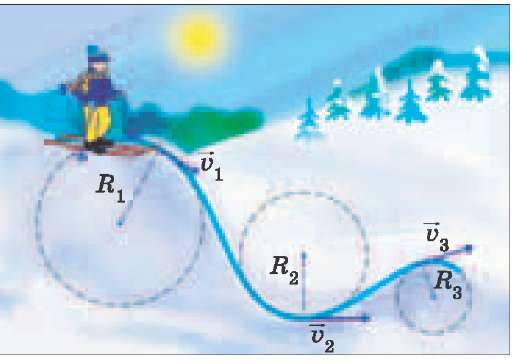
Переконатися в цьому можна, спостерігаючи процес зато­чування інструмента на електричному точилі чи іншому подіб­ному приладі. Іскри — частинки розпеченого металу і самого каменя, що відриваються в різних його точках, рухаються по дотичних до кола (мал. 2.51).

Так само по дотичній до кола буде рухатися тягарець, якщо нитка, на якій його розкручують, раптом обірветься (мал. 2.52).



Мал. 2.51

Мал. 2.52



Мал. 2.54

Як правило, будь-який криволінійний рух матеріальної точки можна подати як рух по дугах кіл різного радіуса (мал. 2.53, 2.54).

Період і частота обертання. Особливістю руху по колу є те, що тіло (матеріальна точка) через деякий проміжок часу, опи­савши повне коло, повертається в початкове положення. У та­кому разі говорять: "Тіло зробило один повний оберт". Кіль­кість обертів, які робить тіло за той чи інший час,— одна з характеристик руху тіла по колу. Зазвичай кількість обертів позначають великою латинською літерою N.

Якщо кожен оберт тіла відбувається протягом одного й то­го самого проміжку часу, обертання називають періодичним.

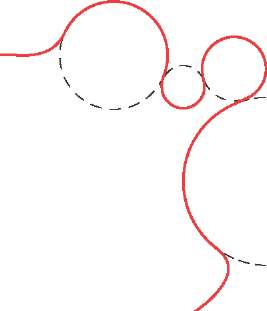
Час, протягом якого тіло робить один повний оберт,

називають періодом обертання.

Період обертання позначають літерою Т і вимірюють у се­кундах. Наприклад, якщо Т = 1 с, це означає, що тіло здійснює один повний оберт за одну секунду. Якщо, катаючись на вело­сипеді, за час ї = 10 с ви зробили N = 20 повних обертів педа-

10 с

лей, то період обертання педалей становитиме Тп = = 0, 5 с .



Траєкторія

Мал. 2.53

20

Позначивши час літерою ї, можна записати формулу для знаходження періоду обертання тіла:

Т =

n

Період обертання — важлива характеристика руху планет. Наприклад, Земля робить повний оберт навколо Сонця за 1 рік (365 діб). Період обертання Землі навколо Сонця становить 365 діб.

Частота обертання. Швидкість, з якою їде ваш велосипед, залежить від кількості обертів педалей, які ви робите за одну хвилину чи одну секунду (за одиницю часу). А як знайти, скіль­ки обертів зроблено педалями за 1 с? Для цього потрібно загаль­ну кількість зроблених обертів поділити на час, протягом якого ви крутили педалі. Якщо 20 обертів педалей ви зробили за 10 с,

, 20 об об то за одну секунду ви встигли зробити = 2 — .

10 с с

Кількість обертів, які тіло робить за одиницю часу, називають частотою обертання.

Частоту обертання позначають маленькою латинською літе­рою п і вимірюють у обертах за секунду |—Якщо тіло ро­бить один оберт за одну секунду, то частота його обертання

1 - = 1 с-1 (СІ).

с

Щоб визначити частоту обертання, потрібно кількість обер­тів, зроблених тілом, поділити на час, протягом якого вони бу­ли здійснені:

N

п = —

г

У техніці використовують й іншу одиницю — оберт за хви­лину | 1 — І. Зрозуміло, що за 1 хв тіло, що обертається, зро-

I хв)

об об

бить у 60 разів більше обертів, ніж за 1 с: 6 0 — = 1 — .

хв с

Оскільки період — це час, за який відбувається один пов­ний оберт, а частота — кількість обертів за одиницю часу, то

між ними існує просте співвідношення: Т = 1 (порівняйте фор-

п

мули для визначення періоду і частоти). 126



Мал. 2.56 Мал. 2.57

Від періоду обертання коліс автомобілів, мотоциклів, вело­сипедів залежить швидкість їх поступального руху і пройде­ний ними шлях. Шлях, який проходить колесо за один оберт, дорівнює довжині його кола. Довжина протектора шини коле­са, що котиться по дорозі, залежить від його радіуса і визна­чається за відомою формулою: І = 2г = й (мал. 2.55). Велоси­пед, автомобіль проїдуть тим довшу відстань, чим більше обер­тів зроблять їх колеса. За радіусом г або діаметром й колеса та кількістю обертів М, яке воно зробило за певний час, можна визначити пройдений колесом шлях:

й = М = 2гМ = йМ.

Чим далі знаходиться точка від осі обертання, тим більший радіус і більша довжина кола, яке вона описує. Проте час, за який відбувається один повний оберт, є однаковим для усіх точок тіла.

На принципі підрахунку числа обертів коліс відомого раді­уса (діаметра) працюють покажчики шляху (одометри), вмон­товані у спідометри автомобілів (мал. 2.56), велосипедів (мал. 2.57), мотоциклів. Також на цьому принципі ґрунтуєть­ся дія курвіметрів, які використовують для визначення відста-



Мал. 2.58 Мал. 2.59

ней на місцевості (мал. 2.58) та на мапах (мал. 2.59). Радіус їх коліщат добирають так, щоб довжина їх обода становила 1 м або 1 см.

Період і частота обертання — важливі характеристики ба­гатьох машин і механізмів, де використовується обертальний рух: двигунів автомобілів і літаків, електродвигунів, що при­водять у рух станки, кухонні машини, вентилятори, електро- потяги. Тому частота обертів завжди вказується на спеціаль­них табличках на двигунах, а також у технічних паспортах до них (мал. 2.60).

Рух по колу може бути рівномірним і нерівномірним. Якщо довжини дуг кіл, які описує точка тіла, що обертається, за



будь-які проміжки часу однакові, таке обертання називають рівномірним.

Швидкість матеріальної точки під час руху по колу. Спо­стерігаючи за обертанням колеса велосипеда, ви помічали, що його спиці можна розгледіти біля осей, навіть якщо воно ру­хається досить швидко, а біля ободів їх розгледіти неможливо. Чому так? Пояснити це можна тим, що за однаковий час, на­приклад за період обертання, різні точки на спиці колеса опи­сують різні траєкторії і проходять різний шлях. Чим далі від осі обертання розташована точка, тим більший радіус і більша довжина кола, яке вона описує. Нехай колесо робить один оберт за 1 с. Тоді точка на його спиці, розташована на відстані г = 5 см від осі обертання, за цей час проходить шлях, що до­рівнює довжині кола: й = 2г = 2 • 3,14 • 5 см « 31 см « 0,3 м. Її

м

швидкість по колу становитиме приблизно 0, 3 — Точка коле­с

са на відстані Я = 30 см описує коло, довжина якого у шість разів більша — приблизно 1,9 м. У стільки ж разів більшою є

1 п м

швидкість з якою вона рухається, — 1 , 9 — .

с

Швидкість, з якою рухається точка по колу, називається лінійною швидкістю руху по колу.

Щоб знайти лінійну швидкість точки, необхідно дов­жину кола, яке вона описує, поділити на період обертан­ня, або помножити на частоту обертання:

2пг



V = = 2п^ .

Саме лінійна швидкість протектора шини визначає швид­кість автомобіля, велосипеда, мотоцикла.

Місяць — природний супутник Землі. Найближче до Землі природне космічне тіло — це Місяць. Упродовж мільйонів років він невідступно супроводжує Землю у космічному просторі, обертаючись навколо неї. Місяць робить один оберт навколо Землі приблизно за 29,5 земних діб. Період його обертання навколо Землі такий, як і період обертання навколо власної осі. Тому Місяць завжди обер­нений до нас одним боком, а день і ніч на ньому тривають май­же 15 земних діб. Відстань до Місяця становить приблизно 384 000 км, а його середній радіус — 1738 км.





Період обертання планет та їх супутників, зокрема Місяця, залежить від того, яке тіло ми обираємо за тіло відліку, сто­совно якого спостерігаємо їх рух. Зазначений період обертання відповідає поверненню Місяця у те саме положення щодо Сон­ця. Якщо положення Місяця визначається відносно зірок, то період його обертання приблизно 27,3 діб. Тому в астрономії розрізняють синодичний (або сонячний) і сидеричний (або зоря­ний) періоди обертання. Як бачимо, й тут виявляється від­носність механічного руху.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Який рух називають обертальним? Наведіть приклади оберталь­них рухів.
2. Що називають періодом обертання?
3. Що називають частотою обертання?
4. Кожен з вас користувався годинником зі стрілками. Який період обертання секундної, хвилинної та годинної стрілок годинника? Яка частота їх обертання?
5. Довжина екватора Землі становить 40 000 км. Визначте швидкість (у кілометрах за годину) руху осіб і предметів, які перебувають на еква­торі.
6. У табличці, закріпленій на двигуні, вказано — 2400 об/хв. Скільки обертів за секунду робить цей двигун? Який період обертання двигуна (у секундах)?
7. Мапа має масштаб, за якого 1 см на ній відповідає певній кілько­сті кілометрів на місцевості. Який діаметр коліщати курвіметра, якщо кожен його оберт відповідає 1 см відстані на карті?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Визначення періоду обертання та швидкості руху по колу

Завдання. Визначити період та частоту обертання кульки, пі­двішеної на нитці, під час її руху по колу. Дослідити, як зале­жить період (частота) від радіуса кола та довжини нитки.

Обладнання: штатив; кулька на нитці; секундомір.

Підготовка до проведення експерименту

* 1. На нитці довжиною приблизно 40—50 см закріпіть кульку і підвісьте її на штативі.
  2. На аркуші паперу накресліть три концентричних кола, не­великих за радіусом, наприклад: 2, 4 і 6 см.
  3. Відрегулюйте висоту підвісу так, щоб кулька висіла над центром кіл на висоті 1—2 см від їх площини.
  4. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимірювань:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Час усіх обертів і, с | Кількість обертів N | Період обертання Т, с | Частота обертання  п, 1/с | Радіус кола Е, м | Довжина нитки 1, см |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* + 1. Відведіть кульку від положення рівноваги так, щоб вона опинилася над одним із кіл, і штовхніть її, надавши швидкість, направлену по дотичній до кола. Підберіть силу поштовху такою, щоб радіус траєкторії руху кульки був близьким до радіуса відпо­відного кола.
    2. Виміряйте час, за який кулька робить певну кількість обер­тів (наприклад, 10), визначте період і частоту обертання кульки.
    3. Виміряйте період та частоту обертання під час руху кульки по колах інших радіусів.
    4. Вкоротіть довжину нитки, наприклад у 2 та 4 рази, повто­ріть вимірювання часу та визначте періоди і частоти обертання кульки за цих умов. Занесіть дані до таблиці.
    5. Зробіть висновки щодо залежності періоду обертання. Виз­начте лінійні швидкості обертання, якщо радіуси кіл різні.

§ 22. КОЛИВАЛЬНИЙ РУХ

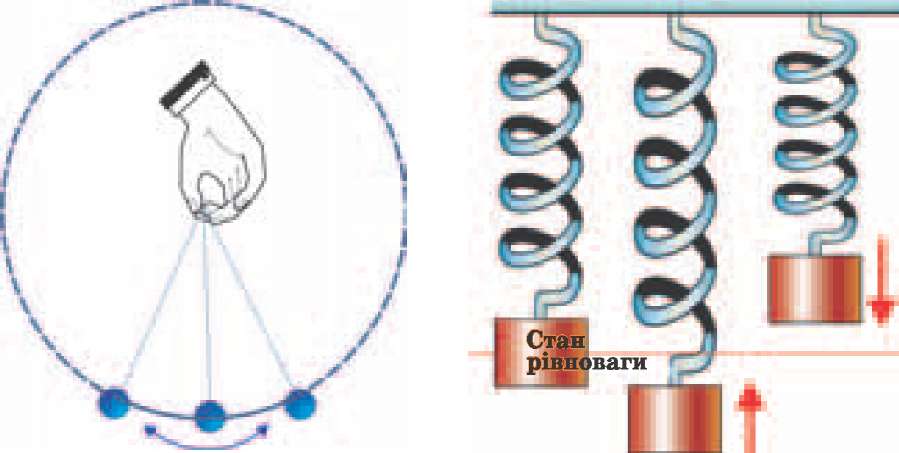
У природі і техніці часто спостерігаються рухи, коли тіла (або частини тіл) послідовно відхиляються то в один, то в інший бік від деякого початкового положення. Такі рухи нази­вають *коливальними рухами,* або просто коливаннями. Коли­ваються дерева під впливом вітру, струни музичних інструмен­тів, поплавці рибалок на хвилях. Мостові прольоти й голки швейних машинок, телевізійні вежі й кораблі на океанських хвилях також здійснюють коливальні рухи. Коливається наше серце й груди, коли ми вдихаємо і видихаємо повітря. Коли­вальні рухи здійснюють молекули й атоми в тілах.

Щоб краще зрозуміти особливості цього руху, виконаємо такі досліди. Покладемо лінійку довжиною 30—50 см (краще сталеву) на край стола так, щоб 7—10 см знаходилися на ньо­му, а решта вільно звисала. Міцно притиснемо її коротший край до стола струбцинкою або рукою. Другою рукою вільний кінець відтягнемо вгору або вниз на 2—3 см і відпустимо. Ця частина лінійки зробить кілька коливань. Спочатку всі її точ­ки зі зростаючою швидкістю рухаються до положення, яке вона займала перед тим, як відхилили її кінець. Не зупинив­шись у цьому положенні, кінець лінійки продовжить свій рух далі. Швидкість точок лінійки зменшуватиметься. А відхи­лившись майже на таку саму відстань і на мить зупинившись, вони почнуть рухатися в зворотному напрямку до положення, з якого починали свій рух. Це повторюватиметься кілька ра­зів. Повторюваність — основна властивість коливань, яка відрізняє їх від інших типів руху.

У фізиці особливу увагу приділяють коливальним рухам, в яких повторюваність положень спостерігається через однако­ві (або майже однакові) проміжки часу. Такі коливання нази­вають періодичними. Виліпіть із пластиліну кульку (тягарець) і прикріпіть до неї кінець нитки довжиною 30—50 см. Тяга­рець вільно звисає на нитці, залишаючись у цьому положенні, поки на нього не подіє стороннє тіло, наприклад рука людини. Таке положення називають положенням рівноваги. Тримаючи вільний кінець нитки, відхиліть тягарець убік і відпустіть. Тя­гарець на нитці почне рухатися то в один, то в інший бік, намагаючись повернутися до початкового стану. При цьому його положення й положення нитки будуть повторюватися майже через однакові проміжки часу.

Рухи, які повторюються через однакові або майже однакові

проміжки часу, називаються періодичними коливаннями.



Мал. 2.61 Мал. 2.62

"Але обертальним рухам (рухам по колу) теж притаманна періодична повторюваністю положень", — скажете ви. Проте на відміну від обертального руху точки нитки і тягарця, що коливається, не описують повних кіл. Вони описують лише де­яку їх частину — дугу: рухаючись по дузі спочатку в одному, а потім у іншому напрямку (мал. 2.61).

Підвісимо тягарець на нежорсткій пружині (або гумовій нитці) (мал. 2.62). Унаслідок дії земного тяжіння він розтягне пружину і залишиться в спокої — положенні рівноваги. Від­тягнемо тягарець трохи униз і відпустимо. Тягарець почне ко­ливатися. У цьому випадку траєкторія руху точок тягарця — пряма лінія. Але і його рухові притаманна повторюваність: відхилення вгору-вниз відносно положення, яке тягарець зай­мав, перебуваючи у стані рівноваги. За проміжок часу, протя­гом якого він повернеться в початкове положення, тягарець двічі проходить стан рівноваги, рухаючись спочатку в одному, а потім іншому напрямку.

Амплітуда, період і частота коливань. Тіло, що коливаєть­ся, у різні моменти часу перебуває відносно стану рівноваги в тому чи іншому положенні. Відстань між положеннями тіла у рівновазі та у будь-який інший момент часу називають змі­щенням.

Зміщення, як і будь-яка відстань, вимірюється в одиницях довжини. Зро­зуміло, що значення зміщень у різні моменти часу можуть бути різними. Проте, як показали досліди, є два поло­ження (а і в), найвіддаленіші від стану рівноваги (мал. 2.63). У цих положен­нях зміщення тіл, що коливаються, найбільші.

Найбільше (максимальне) зміщення від положення рівноваги називають амплітудою коливання.

Амплітуду коливань і зміщення в СІ вимірюють у метрах (м).

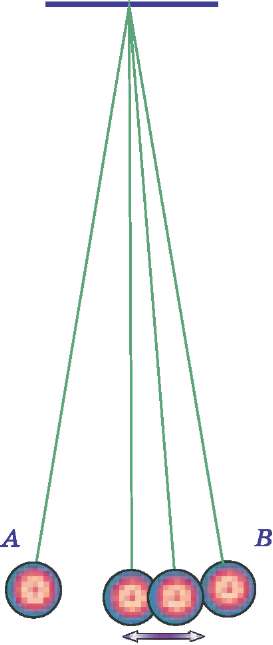
Важливою характеристикою коли­вальних рухів є час, за який відбува­ється одне повне коливання.

Час, протягом якого тіло здійснює одне повне коливання, називають періодом коливань.

Період коливань, як і період обер­тання, позначають латинською літерою Т і вимірюють у секундах. Якщо відо­ма кількість коливань Ы, які відбулися за певний час то для знаходження періоду коливання потрібно цей час поділити

на кількість коливань: Т = —.

N



Зміщення Амплітуда Амплітуда Мал. 2.63

Коливання тіла можна також характеризувати кількістю повних коливань, які тіло здійснює за одну секунду (одиницю часу). Цю фізичну величину позначають малою грецькою літе­рою V або латинською літерою / і називають частотою коливань.

Фізичну величину, що чисельно дорівнює кількості коливань за одиницю часу (одну секунду), називають частотою коливань.

Як і у випадку визначення частоти обертання, щоб знайти частоту коливань, необхідно кількість коливань поділити на час, протягом якого вони відбулися:

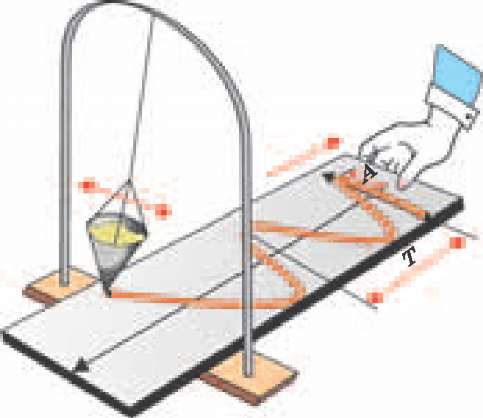


х\

Мал. 2.65 Запис коливань. Побачи-

ти, як з часом змінюються положення коливного тіла, можна за допомогою такого простого досліду. У лійку з невеликим отвором насипа­ють дрібний пісок. Пісок повинен висипатися з лійки

тоненьким струменем. Підвісивши лійку над аркушем картону або цупкого паперу, її відводять убік і відпускають. На папері залишатиметься слід — смужка піску. Кінці смужки відпові­дають максимальному зміщенню лійки від положення рівно­ваги — амплітуді, а точки між цими двома крайніми поло­женнями — її зміщенню в той чи інший момент часу. Але коливання — це періодичні рухи, що повторюються. Тому навіть протягом одного періоду траєкторії руху точок двічі наклада­ються одна на одну. Одночасно з коливаннями лійки будемо рівномірно тягти аркуш, скажімо зі швидкістю 1 см/с, перпен­дикулярно до площини коливань. Тоді положення точок смуж­ки піску на папері через кожну секунду будуть зсунуті на 1 см. Так одержимо запис залежності зміщення від часу у вигляді хвилястої лінії (мал. 2.64). За цим графіком можна визначити період коливань, їх амплітуду, зміщення у будь-який момент часу. Адже зміщення на 1 см уздовж напрямку руху аркуша відповідатиме часу, що минув, 1 с. Таким способом можна за­писувати коливання.



Мал. 2.64

Якщо до лійки прикріпити аркуш паперу, то опір повітря її рухові збільшиться і коливання затухатимуть значно швид­ше. Графік матиме вигляд, як на мал. 2.65. Звичайно запис коливання за допомогою піску й лійки не дуже зручний, такий графік не можна довго зберігати. Тому для запису і спо­стереження коливань використовують спеціальні пристрої й прилади.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Які рухи називаються коливальними?
2. Які особливості відрізняють коливання від інших типів руху?
3. Що називають амплітудою коливань, зміщенням?
4. Що називають періодом коливань?
5. Що називають частотою коливань?
6. Як пов'язані між собою період і частота коливань?
7. Чому вільні коливання з часом затухають?
8. Протягом 10 с тіло здійснило 20 коливань. Який період коливань тіла? Яка частота його коливань?

§ 23. МАЯТНИКИ



Коливання різних тіл розрізняються періодом, частотою, амплітудою. Але, наприклад, у коливаннях іграшки, підвіше­ної на гілці новорічної ялинки, й коливаннях маятника годин­ника, вантажу на гаку крана (мал. 2.66—2.68) й рибки, яку ви спіймали на вудку, можна помітити певні спільні особливості.



Мал. 2.66 Мал. 2.67 Мал. 2.68

По-перше, усі вони мають підвіс (нитку, стержень, трос, воло­сінь), на кінці якого знаходиться тіло більшої маси, ніж сам підвіс. По-друге, при відхиленні від стану рівноваги вони почи­нають коливатися. Системи, які мають як підвіс масивне тіло і можуть здійснювати коливання, називають маятниками.

Чому коливається маятник? Щоб маятник почав коливати­ся, його необхідно вивести зі стану рівноваги — відхилити вбік і відпустити.

Зверніть увагу!

Коливання маятника були б неможливі, якби не було сили земно­го тяжіння. Тому Земля (або інша планета на якій знаходиться маят­ник) є невід'ємною складовою частиною коливальної системи, яку ми називаємо маятником.

Для дослідження явищ, які відбуваються за участю різних тіл, але мають спільні риси, широко використовують моделі. Досліджуючи рух тіл, розмірами яких за певних умов можна знехтувати, ми замінювали їх моделлю — матеріальною точ­кою. Розглядаючи автомобіль, потяг, планету як матеріальну точку, простіше виділити й описати особливості їх рухів. Щоб виявити загальні властивості коливань і спростити їх вивчен­ня, реальні тіла, які коливаються, теж замінюють їх моделлю. Однією з найпростіших моделей, за допомогою якої можна досліджувати коливання, є математичний маятник.

Математичним маятником називають матеріальну точку, підвішену на тонкій невагомій і нерозтяжній нитці, яка коли­вається під дією сили тяжіння.

Оскільки нитка тонка, а матеріальна точка не має розмірів, такий маятник не повинен би зазнавати опору середовища, в якому він коливається, і його коливання були б незатухаючі.

Математичний маятник — це ідеальна модель. У природі таких маятників не існує і створити їх неможливо. Проте свинцева кулька масою 100 г, має діаметр приблизно 2,5 см. Якщо її підвісити на нитці довжиною 50 см, то діаметр куль­ки буде у 20 разів менший за довжину нитки. За цих умов траєкторії руху різних точок кульки під час коливань прак­тично не розрізняються й її можна розглядати як матеріальну точку. Маса металевої кульки набагато більша, ніж нитки, тому масою нитки теж можна нехтувати. Якщо нитка тонка, але досить цупка, то можна нехтувати її розтягом. Коливання

свинцевої кульки на нитці дуже подібні до коливань матема­тичного маятника. Тому свинцеву кульку або сталевий тяга­рець, які підвішені на довгій нитці, використовують у дослі­дах замість математичного маятника.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 Дослідження коливань нитяного маятника

Завдання. Виявити, як залежать період і частота коливань від довжини нитки, маси тягарця та амплітуди коливань.

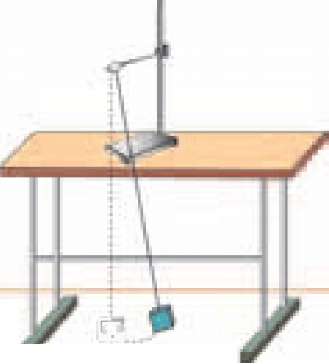
Прилади і матеріали: пластилін; нитка довжиною, більшою за 1 м; набір тягарців (за відсутності пластиліну); секундомір або годинник із секундною стрілкою; лінійка або мірна стрічка.

Гіпотеза дослідження. Різні моделі математичного маятника можуть роз­різнятися довжиною нитки (підвісу) і масою тягарця (матеріальної точки). їх коливання можуть різнитися за періо­дом коливань, частотою та амплітудою. Можливо, період коливань маятника залежить від довжини нитки, маси маятника і амплітуди його коливань.

Підготовка до проведення експерименту

* 1. Зберіть установку за мал. 2.69.





П.. Мал. 2.69

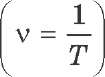
* 1. Підготуйте таблиці за наведеною формою:

Залежність періоду коливань від довжини нитки

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Довжина нитки 1, м | Кількість коливань N | Час спостере­ження і, с | Період Т, с | Частота V, Гц |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

1. Дослідіть залежність періоду коливань маятника від довжи­ни підвісу. Виміряйте періоди його коливань за різних довжин нитки. За значеннями періодів коливань знайдіть їх частоту



* + 1. Дослідіть залежність періоду коливань від маси маятника. За незмінної довжини нитки змінюйте масу тягарця, наліплюючи до­датково приблизно такі самі шматочки пластиліну або збільшуйте кількість підвішених до нитки тягарців, чіпляючи їх на ту саму пе­тельку.
    2. Для дослідження залежності періоду коливань маятника від амплітуди визначте періоди коливань за різних амплітуд.
    3. Результати вимірювань занесіть до таблиць.

Залежність періоду коливань від маси тягарця

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Маса тя­гарця, г | Кількість коливань N | Час спостере­ження і, с | Період Т, с | Частота V, Гц |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |

Залежність періоду коливань від амплітуди коливань

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Амплітуда А, м | Кількість коливань N | Час спостере­ження і, с | Період Т, с | Частота V, Гц |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |

5. Проаналізуйте результати досліджень і зробіть висновки щодо залежності періоду і частоти коливань маятника від його довжини, маси та амплітуди коливань.



?

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* + - 1. Що називають маятником?
      2. Чому для вивчення коливань маятників використовують модель — математичний маятник?
      3. Від чого і як залежать період і частота коливань математичного маятника?
      4. Чи залежить період (частота) коливань математичного маятника від амплітуди коливань, маси маятника?
      5. За 1 хв гойдалка зробила 20 коливань. Який період її коливань?

Головне в розділі "Механічний рух"

Зміну положення тіла відносно інших тіл з часом назива­ють механічним рухом.

Лінію, яку описує в просторі кожна точка рухомого тіла, називають траєкторією руху точки тіла.

Рух тіла, траєкторією якого є пряма лінія, називають прямолінійним. Рух тіла, траєкторією якого є крива лінія, на­зивають криволінійним. Рух, під час якого всі точки тіла опи­сують однакові траєкторії, називають поступальним.

Довжину траєкторії, описану тілом за час руху, називають шляхом, пройденим тілом за цей час. Одиницею пройденого шляху в СІ є 1 м.

Тіло, розмірами якого за даних умов вивчення руху можна знехтувати, називають матеріальною точкою.

Тіло відліку, пов'язану з ним систему координат і годин­ник називають системою відліку.

Рух по прямій, під час якого тіло за будь-які однакові про­міжки часу проходить однаковий шлях, називають прямолі­нійним рівномірним рухом.

Щоб знайти швидкість рівномірного руху тіла, необхідно пройдений тілом шлях поділити на проміжок часу, за який цей шлях пройдено:

V = —

г

м

Одиницею швидкості в СІ є 1— . Швидкість — векторна

с

величина.

Щоб знайти шлях, пройдений тілом під час рівномірного руху, необхідно швидкість його руху помножити на час, про­тягом якого він рухався з цією швидкістю: й = vt. Щоб знай­ти час руху тіла, потрібно шлях поділити на час, протягом

, й якого його було пройдено: г = — .

V

Рух, під час якого тіло за однакові проміжки часу прохо­дить не однаковий шлях, називають нерівномірним рухом. Для визначення середньої швидкості тіла при нерівномірному русі необхідно, як і у випадку рівномірного руху, пройдений

шлях поділити на час руху: vc = ——.

Якщо, рухаючись по колу, матеріальна точка за будь-які однакові проміжки часу описує дуги однакової довжини, то такий рух називають рівномірним рухом по колу.

Час, протягом якого тіло робить один повний оберт, нази­вають періодом обертання. Період обертання позначають літе­рою Т і вимірюють у секундах:

т = ^.

N

Кількість обертів, які тіло робить за одиницю часу, нази­вають частотою обертання. Щоб визначити частоту обертання, потрібно число обертів, зроблених тілом, поділити на час, протягом якого вони були зроблені:

N

п = —.

г

Рухи, які повторюються, називають коливальними рухами або коливаннями. Час, протягом якого тіло здійснює одне пов­не коливання, називають періодом коливання:

т=г.

N

Найбільше (максимальне) значення зміщення від положен­ня рівноваги називають амплітудою коливання.

Кількість коливань за одиницю часу називають частотою коливань:

= 1

у = т'

Дайте мені точку три і и переверну Землю

Лфиікщі

Розділ

ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА



Розглядаючи різні рухи тіл, ми до цього часу не звертали увагу на те, чому і як довго тіла можуть залишатися у спокої, що спричинює зміну їхньої швидкості та напрямку руху. Про­те, щоб визначати положення тіла (автомобіля, міжпланетної станції, корабля) у той чи інший момент часу, необхідно зна­ти, як воно рухатиметься за тих чи інших умов. У цьому роз­ділі ви познайомитесь з причинами, які визначають той чи ін­ший характер руху тіл.

§ 24. ЯВИЩЕ ІНЕРЦІЇ. ІНЕРТНІСТЬ ТІЛА

За яких умов тіло перебуває у спокої? Закріпимо один кі­нець пружини в лапці штатива так, щоб її другий кінець віль­но звисав. Причепимо до нього тягарець і відпустимо (мал. 3.1). Під дією земного тяжіння тягарець почне рухатися вниз. Оскільки верхній кінець пружини закріплений, то, дію­чи на її нижній кінець, тягарець змінить швидкість її частин, починаючи з нижнього кінця. Пружина розтягується (дефор­мується) і, в свою чергу, починає діяти на тягарець. Через де­який час рух тягарця припиниться і він набуде стану спокою. Уявимо на мить, що зникло земне тяжіння. Що стане з тягарцем? Він під дією пру­жини, яка почне скорочуватися, почне рухатися вгору — змінить свою швидкість.



Книжка на столі, м'яч на підлозі спортивної зали перебувають у спокої, бо на них одночасно й у протилежних напрямках діють Земля, при­тягуючи до себе, і стіл або підлога, на яких вони знаходяться. Якщо якась дія на тіло (книжку, Мал. 3.1 м'яч, тягарець) не буде зрівноважена такою са-

мою дією з боку іншого тіла (стола, підлоги, пружини), то тіло змінить свою швидкість. Унаслідок удару ноги хлопчика м'яч почне рухатися. Штовхніть тягарець, що висить на пру­жині, пальцем — він теж почне рухатися. Зрозуміло, якщо на тіло не діють ніякі інші тіла, то воно залишатиметься у спокої як завгодно довго.

Тіло може перебувати у спокої відносно інших тіл, якщо на нього не діють інші тіла, або якщо дії інших тіл зрівноважені (компенсуються).

За яких умов тіло може рухатися рівномірно й прямоліній­но? Набутий досвід підказує, щоб тіло рухалося, на нього повинно діяти інше тіло. Щоб пересунути шафу, її потрібно увесь час штовхати. Приходимо до висновку: рух тіла можли­вий лише внаслідок дії одного тіла на інше. Так вважав і дав­ньогрецький філософ Аристотель. Проте звернімось до досліду. Встановимо похилий жолоб на рівну горизонтальну поверхню і насиплемо перед ним гірку піску (мал. 3.2). Покладемо мета­леву кульку на вершину жолоба і відпустимо. Скотившись із жолоба, кулька потрапляє на пісок і майже відразу зупиняєть­ся. Якщо пісок розсипати тонким шаром і знову пустити куль­ку — його дія на кульку зменшиться й вона прокотиться далі.

Скотившись із жолоба на рівну горизонтальну поверхню демонстраційного стола, кулька продовжує рухатися до його кінця без помітної зміни своєї швидкості. Якщо продовжити уявно "усувати" дію тіл, що впливають на рух кульки (поверхні стола, повітря, притягання Землі), то можна дійти висновку: за відсутності дії на тіло інших тіл (або якщо ці дії ком­пенсуються) тіло рухатиметься прямолінійно й рівномір­но як завгодно довго.

А як же наш досвід пересування шафи? Як не дивно, він підтверджує висновок, якого дійшли на підставі досліду з кулькою і піском. Для рівномірного руху шафи необхідно, щоб на неї не діяли інші тіла або їх дія повинна бути скомпенсова- ною. Людина, штовхаючи шафу, компенсує дію, яку чинить підлога під час руху по ній шафи (мал. 3.3). Якщо підлогу змо­чити, то для пересування шафи потрібно прикладати значно менше зусилля. Шафу можна поставити на "повітряну подуш­ку" — спеціальну платформу, під яку нагнітають повітря. То­ді від найменшого поштовху платформа з шафою починають



Мал. 3.3

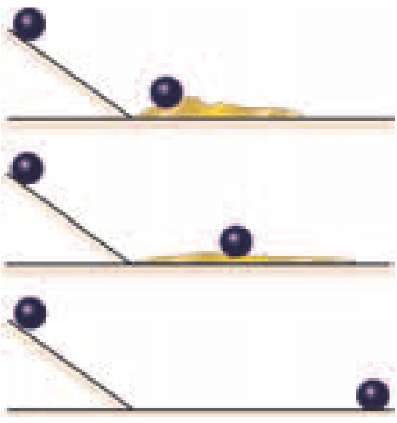
рухатись. Такі платформи з "повітряними подушками" для переміщення великих вантажів уже використовують у техніці. Запущені до далеких планет космічні станції протягом ба­гатьох місяців, а то й років, продовжують свій рух з вимкне­ними двигунами. Вони не зазнають протидії з боку навколиш­нього середовища. Щоб змінити їх швидкість або напрямок руху, у потрібний момент на певний час вмикають ракетні двигуни. Станції змінюють характер свого руху, коли, набли­зившись до планети, зазнають впливу поля її тяжіння.

Інерція. Ви їдете в автомобілі по рівній дорозі зі сталою

швидкістю, наприклад, 80 . Автомобіль рухається рівно-

год

мірно, оскільки опір, який чинять його рухові дорога та пові­тря, компенсується силою тяги двигуна. Коли двигун вимкну­ти, автомобіль продовжить ще деякий час рухатися. Але з часом неврівноважений тягою двигуна вплив дороги й повітря призведе до поступового зменшення його швидкості й автомо­біль зупиниться.



Мал. 3.2

На підставі результатів спостережень і дослідів Г. Галілей дійшов висновку, що тіла завжди намагаються зберегти свій стан спокою або рівномірного й прямолінійного руху. Щоб тіло змінило свою швидкість або напрямок руху, на нього по­винні подіяти інші тіла. Властивість тіл зберігати свою швид­кість і змінювати її тільки внаслідок дії на них інших тіл на-

зивається інерцією (від лат. inertia — бездіяльність). Тому цей закон часто називають законом інерцїі.



Відкриття закону інерції — перший крок у встановленні основних законів механіки. У кінці XVII ст. видатний ан­глійський фізик Ісаак Ньютон сформулював загальні закони механічного руху, серед яких і закон інерції як перший закон механіки.

Якщо на тіло не діють інші тіла, або дії усіх інших тіл урівноважуються, то тіло зберігає стан спокою або рухається рівномірно й прямолінійно.

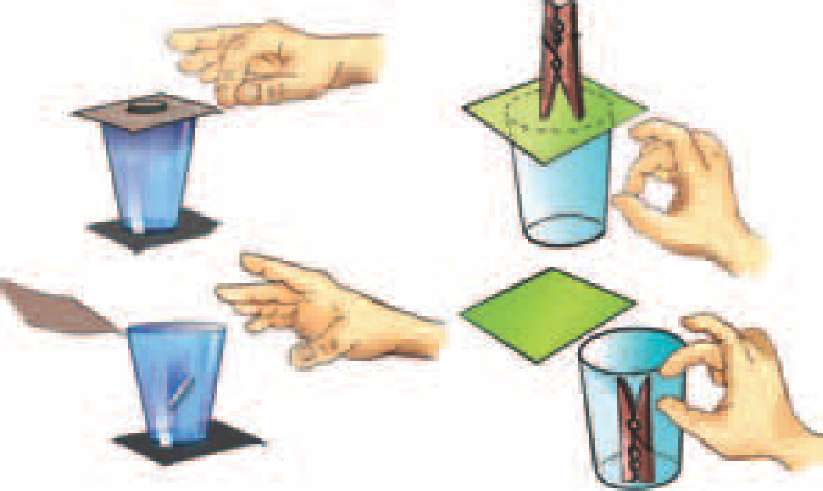
Інертність. Інерція притаманна усім тілам: гумовому човну й навантаженій баржі, автомобілю, що перевозить великий вантаж або їде без вантажу, потягу й легенькій порошинці. Проте від легкого поштовху гумовий човен одразу набуває швидкості. Щоб помітно змінити швидкість баржі, слід діяти на неї тривалий час. Гальмівний шлях автомобіля з вантажем і час, потрібний для його зупинки, значно більші, ніж у випад­ку, коли той самий автомобіль їде без вантажу з тією самою швидкістю. Ще більше часу потрібно, щоб загальмувати ван­тажний потяг. Удар ногою по м'ячу нічим нам не загрожує — м'яч майже миттєво набуває руху, змінюючи свою швидкість. Але навряд чи хто ризикне так само вдарити ногою по залізно­му ядру чи цеглині. За короткий час, протягом якого триває удар, ядро не встигає істотно змінити свій стан спокою. Тіла, яким потрібно більше часу, щоб за однакової дії змінити свою швидкість на ту ж величину, називають більш інертними.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. За яких умов тіло може перебувати у спокої?
2. За яких умов тіло може рухатися рівномірно і прямолінійно?
3. Що є причиною зміни швидкості руху тіл?
4. Наведіть приклади тіл, які рухаються рівномірно і прямолінійно, а які знаходяться у спокої? Вкажіть, які інші тіла діють на них?
5. У яких випадках тіла змінюють свою швидкість?
6. Як виявляється інерція тіл?
7. Чому не можна перебігати вулицю перед рухомим транспортом?
8. Чому автомобіль із несправними гальмами забороняється букси­рувати, використовуючи гнучкий трос?
9. Чому перед тим як загальмувати, водій автомобіля вмикає заднє червоне світло?
10. Коли рубають дрова, сокира інколи застряє в поліні. На мал. 3.5 показано, якими двома способами у такому випадку можна розколоти поліно. Поясніть їх.
11. Поясніть, чому під час набивання сокири на топорище б'ють по топорищу (мал. 3.6).
12. Візьміть аркуш паперу. Поклавши один його кінець на край сто­ла, поставте на нього склянку з водою. Утримуючи другий кінець арку­ша, швидко вдарте ребром долоні по ньому. Він вислизне з-під склянки,



Мал. 3.5 Мал. 3.6 Мал. 3.7



Мал. 3.8

а вона залишиться на місці (мал. 3.7). Поясніть результат досліду. (Щоб потренуватися в проведенні досліду, використайте спочатку пластико- вий стаканчик.)



На мал. 3.8 показано ще два варіанти досліду, що демонструє інер­ційні властивості тіл. Для проведення досліду використайте монету або сталеву кульку, прищіпку для білизни, склянку та шматочок картону або поштову листівку.

Закон інерції справджується лише у випадку, коли тіла, відносно яких ми спостерігаємо рух, самі знахо­дяться у спокої або рухаються прямолінійно й рівно­мірно. За таких умов, прокинувшись, наприклад, уночі в каюті теплохода, якщо не видно берега, неможливо визначити, чи рухається теплохід, чи вже стоїть біля причалу. Усі явища, які ви спостерігаєте в каюті, відбуваються однако­во — незалежно від того, рухається він чи стоїть на місці.

Ця особливість була помічена й описана Г. Галілеєм у кни­зі "Діалог про дві найголовніші системи світу — птоломеївську та коперникову":

"Усамітніться з кимось із друзів у просторому приміщенні під палубою корабля. Запасіться мухами, метеликами й інши­ми дрібними комахами, які літають. Візьміть велику посудину з водою, в якій плавають маленькі рибки. Підвісьте вгорі цеберко, з якого вода крапля за краплею падатиме в посудину з вузьким горлечком, підставлену знизу. Поки корабель стоїть нерухомо, зважте: швидкість дрібних комах та рибок однакова в усіх напрямках; усі краплі, падаючи, потраплять у підста­влену посудину, і вам не доводиться докладати більше сили, кидаючи будь-який предмет в один бік, ніж в інший. Якщо ви будете виконувати стрибки відразу обома ногами, то їх довжи­на буде однакова у будь-якому напрямку. Уважно підмічайте все це, хоча б у вас і не виникало ніякого сумніву, що поки ко­рабель стоїть нерухомо, все має відбуватися саме так.

Нехай тепер корабель рухається з будь-якою швидкістю, і в цьому разі (якщо тільки рух буде рівномірним і без хитавиці) в усіх наведених випадках ви не виявите ні найменшої зміни, за жодним з них не зможете з'ясувати, рухається корабель чи ні. Виконуючи стрибки, ви будете переміщатися на таку саму відстань, що й раніше. Ваші стрибки у бік корми не будуть

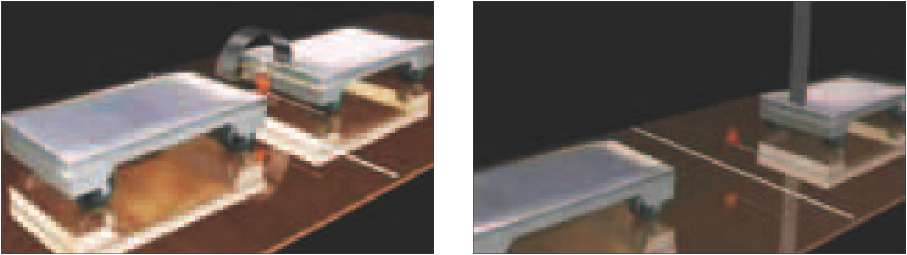
довшими, чим у бік носа, на тій лише підставі, що корабель швидко рухається, хоча доти, поки ви будете в повітрі, підло­га під вами рухатиметься у бік, протилежний вашому стрибку. Кидаючи яку-небудь річ товаришеві, коли він знаходиться на носі, а ви на кормі, ви не повинні прикладати більшого зусил­ля, ніж коли ваше взаємне розташування зворотне. Краплі, як і раніше, падатимуть у нижню посудину, жодна не впаде ближче до корми, хоча, поки крапля перебуває в повітрі, ко­рабель пройде велику відстань. Риби у воді не з більшим зу­силлям будуть плисти до передньої частини судна ніж до задньої, однаково моторно вони кинуться до їжі, покладеної в якій завгодно частині посудини... Причина ідентичності всіх цих явищ полягає в тому, що рух корабля однаковий як для всіх предметів, які перебувають на ньому, так і для повітря в каюті..."

§ 25. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ

Футбольний м'яч полетить у ворота лише після удару по ньому ногою. Проте нога футболіста після удару також змінює свою швидкість. Якщо, сидячи у човні, людина відштовхує ін­ший човен, то обидва вони набувають швидкості й починають рухатися у протилежних напрямках. Дія одного тіла на інше завжди спричинює дію у відповідь — протидію. Обидва тіла ді­ють одне на одне, тобто взаємодіють.

На мал. 3.9 зображено візок, до якого прикріплено зігнуту пружну пластинку. Якщо нитку перепалити, пружинка роз­прямиться, але візок з місця не зрушить. Коли ж поруч поста­вити інший візок, то після того, як нитка перегорить, обидва візки роз'їдуться у протилежні боки (мал. 3.10, а, б).

У наведених прикладах дія одного тіла на інше спричиняє таку саму дію у відповідь — тіла взаємодіють. Унаслідок взаємо­дії тіла змінюють свої швидко­сті. Вони можуть зупинятися та Мал 3 9 змінювати напрямок свого руху.



Мал. 3.10

Взаємодія тіл може спричинити зміну швидкості не самих тіл, а лише окремих їх частин. Стискаючи гумову кульку, роз­тягуючи (або стискаючи) пружину, згинаючи лінійку, ми на­даємо руху лише окремим їх частинам.

При цьому тіла змінюють свою форму — деформуються (з латинської деформація — викривлення). Деформуючи те чи ін­ше тіло, ми завжди відчуваємо протидію з його боку.

§ 26. МАСА ТІЛА

Кулька для гри в пінг-понг від удару ракеткою набуває значної швидкості. Ударивши цією самою ракеткою по фут­больному м'ячу, ми ледве зрушимо його з місця. Очевидно, що інертність футбольного м'яча значно більша, ніж кульки для гри в пінг-понг. Як же можна характеризувати інертність різ­них тіл?

Проведемо дослід. Візьмемо візок із гачком і пружину, яку можна досить легко розтягнути. Покладемо на столі лінійку. Поставимо візок біля нульової позначки лінійки. Зачепивши один кінець пружини за гачок і притримуючи однією рукою візок, розтягнемо пружину на 20 см (мал. 3.11, а). Відпусти­мо візок. Пружина скорочуватиметься й візок почне рухати­ся — змінить свою швидкість. Поставимо на візок гирю масою 1 кг. Розтягнувши пружину знову на 20 см (мал. 3.11, б), від­пустимо візок. Виявиться, що для проходження тієї самої від­стані йому потрібно значно більше часу. За однакової дії пру­жини візок, навантажений гирею, набуває меншої швидкості: його інертність більша.

г



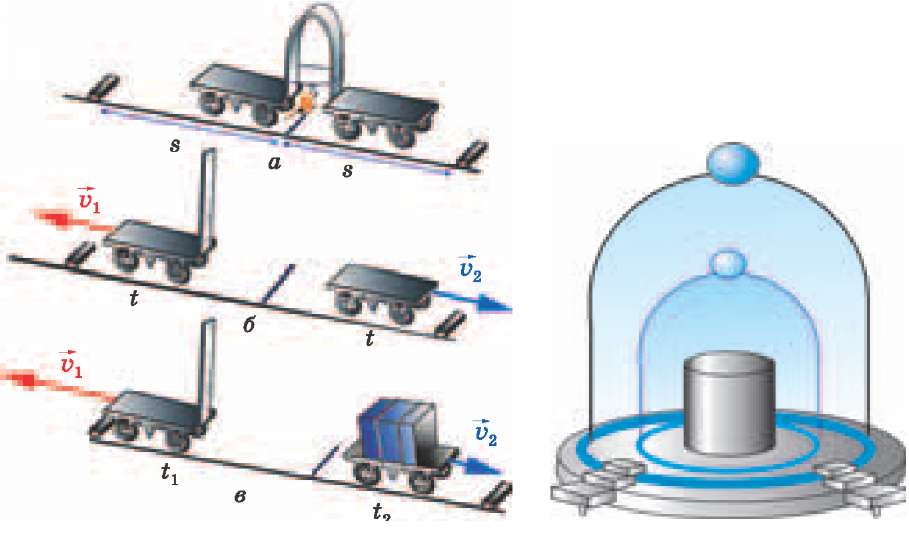
Мал. 3.11

Отже, інертність тіл можна порівняти, порівнюючи швид­кості, яких вони набувають під час взаємодії. Чим менше змі­нюється швидкість, тим більші його інерційні властивості, тим інертніше тіло. Для кількісного порівняння інерційних властивостей різних тіл використовують фізичну величину, яку називають масою.

Маса — фізична величина, яка чисельно характери­зує інертність тіл. Чим більша маса тіла, тим менше змінюється його швидкість під час взаємодії з іншим тілом.

Скористаємося двома легко рухомими візками, однакової маси, до одного з яких прикріплено пружну пластинку. Підго­туємо кілька петель з цупкої нитки, щоб можна було фіксува­ти пружну пластинку в зігнутому стані (мал. 3.12, а). Зроби­мо позначку на демонстраційному столі і на однаковій відста­ні від неї покладемо два брусочки. Поставимо візки впритул один до одного так, щоб середина зігнутої пружини розташу­валася над позначкою. Перепалимо нитку. Пластинка розпря­миться, обидва візки набудуть руху і одночасно вдаряться об брусочки (мал. 3.12, б).

Це свідчить про те, що дія пружини на них була однаковою і вони унаслідок взаємодії набули однакових швидкостей. На­вантажимо один із візків, поставивши на нього гирю. У цьому випадку легшому візку потрібно менше часу, щоб доїхати до перешкоди. Його швидкість виявиться більшою, а швидкість навантаженого візка — меншою (мал. 3.12, в). Продовживши експериментувати, переконуємось: за час, протягом якого три­вала дія зігнутої пружної пластинки, візки набувають тим меншої швидкості, чим більшою є їхня маса.



Мал. 3.12

Мал. 3.13

Результати дослідів свідчать: у скільки разів збільшуєть­ся маса тіла, у стільки само разів меншої швидкості воно набуває.

У математиці таке співвідношення називають обернено про­порційною залежністю і записують так:

ш, и2

—- = — , де ш, і ш2 ш2 "і

та V1 і — відповідно маси і швидкості першого й другого візків.

Масу прийнято позначати літерою ш. За одиницю маси у СІ прийнято кілограм (і кг) — масу спеціально виготовленого платино-іридієвого циліндра — еталона кілограма, висота і ді­аметр якого становлять 39 мм (мал. 3.13). Цей циліндр збері­гається в Міжнародному бюро мір і ваг [[5]](#footnote-5). Частковими одиниця­ми маси є грам (1 г) і міліграм (1 мг). Для вимірювання тіл, що мають велику масу, користуються кратними одиницями: тонна (1 т) і центнер (1 ц): 1т = 1000 кг; 1ц = 100 кг; 1г = = 0,001 кг; 1 мг = 0,000001 кг.

Нехай маса одного з візків дорівнює масі еталона 1 кг. То­ді за наслідками взаємодії можна визначити масу іншого віз­ка. Нехай після взаємодії у візка, масу якого ми визначаємо,

швидкість удвічі менша | и = 1 ие 1. Це означає, що його маса

вдвічі більша за 1 кг і дорівнює 2 кг (т = 2те = 2 кг). Якщо якийсь візок під час взаємодії з еталонним набуде удвічі біль­шої швидкості (и = 2ие), це означатиме, що його маса удвічі

V

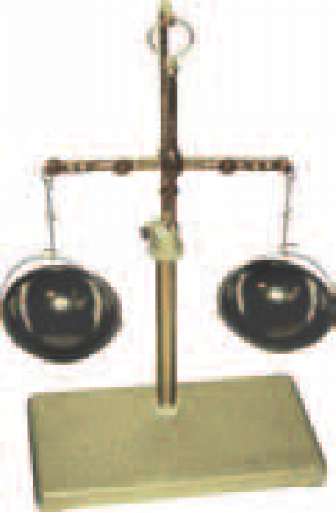
менша за 1 кг, тобто — 0,5 кг | т = — те = 0, 5 к г . Математич-

т„

но це можна записати так:

т и

е т



а

У повсякденному житті не дуже зручно використовувати такий спосіб визначення маси тіл. Наприклад, досить складно знайти масу пакета з цукерками за результатом його взаємодії з гирею. Тому зазвичай ми визначаємо масу зважуванням на терезах, користуючись тим, що згідно з результатами числен­них дослідів маса тіла, яка визначає властивість тіла притягу­ватись до Землі, і маса, що визначає його інертні властивості, є однаковими.

, звідки тт = те • — .



б

Мал. 3.14

Гиря масою 1 кг відтворює масу еталона. Щоб вимірювати маси тіл більші чи менші ніж один кілограм, використовують набори гир — різноваги. Масу ті­ла порівнюють з масою гир, зас­тосовуючи важільні терези. Най­простішими є рівноплечі терези з двома шальками. Шальки підві­шують (мал. 3.14, а, б) або вста­новлюють на однаковій відстані від опори на коромисло, яке може коливатися (мал. 3.15). Прикріплена до коромисла стрілка дає змогу зафіксувати мо­мент, коли коромисло встановлюється горизонтально.



Тіло кладуть на одну шальку, гирі — на іншу, домагаю­чись встановлення стрілки у вертикальне положення. У цьо­му випадку загальна маса гир, покладених на одну шальку те­резів, відповідає масі тіла, а отже, сума мас гир дорівнювати­ме масі тіла.

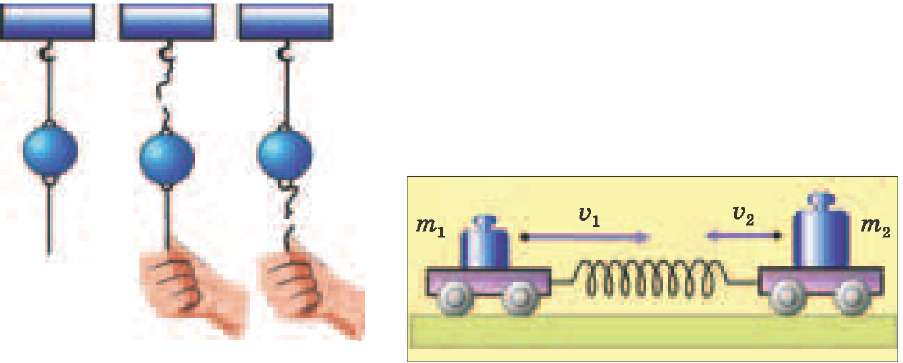
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Які властивості тіл характеризує їх маса?
2. Чому під час пострілу снаряд і гармата набувають різних швидкостей?
3. На однаковій незначній відстані від берега знаходяться човен і баржа. Чому, стрибнувши з баржі, ви легко потрапляєте на берег, а стрибнувши з човна — ризикуєте опинитися у воді?
4. Куля, яка котилася, зіткнувшись з нерухомою кулею, зупинилася. Куля, яка до зіткнення перебувала у спокої, почала рухатися з такою самою швидкістю, що й перша куля до зіткнення. Що можна сказати про маси цих куль?
5. Чи можуть два нерухомих спочатку тіла внаслідок взаємодії набути однакових за числовим значенням швидкостей? Відповідь обґрунтуйте.



Мал. 3.15

1. Важку кулю підвісили так, як показано на мал. 3.16. Якщо повільно потягнути за нижню нитку — обривається верхня нитка, а якщо швидко — нижня. Чому?



Повільно Швидко Мал. 3.16

Мал. 3.17

1. З нерухомого плота масою 60 кг на берег стрибнув хлопчик,

м

маса якого 45 кг. Пліт при цьому набув швидкості 1 , 0 — . З якою

с

швидкістю стрибав хлопчик?

1. Між візками припасовано пружину. Візки розвели так, що пружина розтягнулася (мал. 3.17). Після того як їх відпустили, лівий візок набув

см см

швидкості 4 0 — , а правий — 8 — . Маса якого з візків більша

сс



й у скільки разів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Вимірювання маси тіл методом зважування

Завдання. Ознайомитися з будовою і дією рівноплечих тере­зів. За допомогою терезів виміряти маси різних тіл.

Обладнання: важільні терези; набір тіл різної маси; набір важків.

Підготовка до проведення експерименту

I. Терези — точний прилад, тому ними потрібно користувати­ся обережно. Щоб не зіпсувати терези і швидко визначити масу тіла, потрібно дотримуватися певних правил. Ознайомтеся з пра­вилами зважування:

* 1. Перед зважуванням слід переконатися, що терези правильно зрівноважені. Пересвідчитися в цьому дає змогу прикріплена до коромисла стрілка. Коли терези не зрівноважені, на легшу шальку кладуть клаптик паперу чи картону, домагаючись їх рівноваги.
  2. Тіло кладуть на ліву шальку терезів, а гирі — на праву.
  3. Тіло і важки потрібно обережно опускати на шальки тере­зів, не допускаючи їх падіння навіть з невеликої висоти.
  4. На терезах зазвичай зазначено їх граничне навантаження: не можна зважувати тіла, маса яких більша за вказану.
  5. На шальки терезів не можна класти мокрі, брудні або гарячі тіла, наливати рідину чи насипати без підкладки сипкі речовини.
  6. Дрібні гирі потрібно брати лише пінцетом.
  7. Для пришвидшення вибору важків зважуване тіло кладуть на ліву шальку, а найбільшу гирю з набору — на праву. Якщо во­на перетягне шальку, то її повертають у футляр, а коли не пере­тягне — залишають на шальці. Те саме повторюють з наступною за масою гирею. Якщо виявиться, що її маса менша, додають та­ку саму або меншої маси. Так роблять доти, доки не буде досяг­нуто рівноваги. Стрілка терезів при цьому може коливатися. Вва­жають, що рівновага терезів досягнута, якщо відхилення стрілки від положення рівноваги в один і другий бік однакові.

Коли рівноваги досягнуто, підраховують загальну масу гир, що лежать на шальці.

Після зважування гирі з шальки терезів, починаючи з най- дрібної, знову кладуть у футляр.

Зважуючи невеликі тіла, не слід пробувати всі гирі, починаю­чи з найбільшої. Слід узяти ту, маса якої трохи більша, ніж ма­са тіла, яке зважують (підбирають візуально).

Якщо важки кладуть безладно, часто трапляється так, що дрібних гир не вистачає й усе доводиться починати знову. Напри­клад, тіло має масу 63 г. Ми кладемо на шальку терезів гирі у та­кому порядку: 10, 20, 5, 20, 2, 2, 1 г. Не вистачає 3 г, але таких гир у футлярі вже немає. За правильного зважування потрібно діяти так: 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1. Гирі 100, 20, 5 і 2 г у процесі визначення маси повертають у футляр після того, як з'ясували, що їх маса завелика чи замала.

II. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимірювань:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер | ТІЛО ДЛЯ | Граничне значен­ | Мінімальне | Гирі, викорис­ | Маса |
| ДОС­ | зважу­ | ня маси, яку мож­ | значення | тані для зва­ | тіла, |
| ЛІДУ | вання | на зважувати, г | маси гирі, г | жування, г | г |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

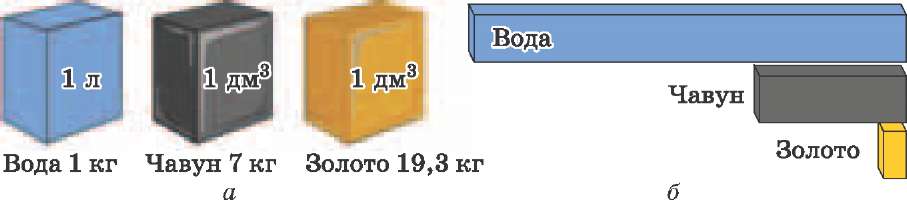
* + 1. Ознайомтеся з будовою терезів, визначте і запишіть гранич­не значення маси, яку можна вимірювати за допомогою цих тере­зів.
    2. Ознайомтеся з набором гир. Визначте, з якою точністю можна визначити масу тіл, користуючись терезами і цим набором гир.
    3. Дотримуючись правил зважування, виміряйте масу запро­понованих вам тіл. Результати вимірювання запишіть у таблицю.
    4. Зробіть відповідні висновки щодо вимірювання маси тіл ме­тодом зважування.

§ 27. ГУСТИНА РЕЧОВИНИ

У першій половині XX ст. навчилися видобувати порівня­но дешевий алюміній. Його назвали крилатим металом. За од­накових об'ємів зі сталлю алюміній та його сплави мають май­же втричі меншу масу. Відповідно конструкції, виготовлені з алюмінієвих сплавів, наприклад крила літака та обшивка фю­зеляжу, значно легші. Якщо маси двох катерів — сталевого та з алюмінієвих сплавів однакові, то у другого буде більший об'єм. На його борту може розміщуватися більше пасажирів і вантажів. Нині в літакобудуванні, космічній техніці та судно­будуванні широко використовують вуглепластикові матеріали. У вуглепластика велика міцність, проте він легший за алюмі­ній (за умови їх однакових об'ємів).

Тіла однакового об'єму, виготовлені з різних речовин, зо­бражено на мал. 3.18, а, а тіла, виготовлені з тих самих речо­вин, але однакової маси, — на мал. 3.18, б.

Очевидно, що тіла, виготовлені з однієї й тієї ж речовини, об'єми яких розрізняються у два, три, чотири рази, у стільки



Мал. 3.18

само разів розрізнятимуться за масою. Це означає, що відно­шення маси однорідної речовини до її об'єму — величина ста­ла для будь-яких об'ємів і мас цієї речовини.

Фізичну величина, що чисельно дорівнює відношенню маси однорідної речовини до її об'єму, називають густиною цієї речовини.

У фізиці густину позначають грецькою літерою р (ро). Ос­кільки масу позначають літерою т, а об'єм — літерою V, то

т

можна записати: р - V- •

Густина речовини чисельно дорівнює масі речовини в одиниці об'єму.

У СІ одиницею маси є 1 кг, об'єму — 1 м3, відповідно, оди­ницею густини є кілограм на кубічний метр — 1 .

м3

На практиці часто користуються й іншими одиницями гус-

1 г , г 0,001 кг кг .

тини, зокрема — 1—- : 1 —- = - 1000 —- . Іоді

т = 36 т = 36 000 кг,

V = 50 м3

см3 см3 0,000 001 м3 м3

хкт = 1000 г 3 = 0,001 Г

м3 1 000 000 см3 см3

Задача 1. Визначити густину бензину марки А-95, що міститься в цистерні, якщо відомо, що його маса 36 т, а об'єм 50 м3.

Ми знаємо, що

т

Р - ?

р-v,

р = 36000 = 720 кз.

50 м3 м3

кг

Відповідь: р = 720 —з

м3

Пригадайте: тіла складаються з молекул, маси яких дуже малі. Тому маса тіла визначається сумою мас усіх молекул, з яких воно складається.

Густина тіла чисельно дорівнює масі одиниці об'єму тіла, отже, дорівнює сумі мас молекул, які містяться в одиниці об'єму його речовини.

Густина різних речовин неоднакова. Знаючи густину тіла, можна з'ясувати, з якої речовини його було виготовлено. Зна­чення густин різних речовин визначають дослідним шляхом, крім того, їх можна знайти в довідниках. Нижче у табл. 3.1 — 3.3 наведено приклади густини деяких речовин, що перебува­ють у твердому, рідкому та газоподібному станах.

Таблиця 3.1. Густини деяких речовин у твердому стані

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Густина | |  | Густина | |
| Речовина | г | кг | Речовина | г | кг |
|  | 3 | 3 |  | 3 | 3 |
|  | см | м |  | см | м |
| Алюміній | 2,7 | 2700 | Олово | 7,3 | 7300 |
| Береза суха | 0,7 | 700 | Парафін | 0,9 | 900 |
| Бетон | 2,2 | 2200 | Пісок (сухий) | 1,5 | 1500 |
| Бурштин | 1,1 | 1100 | Платина | 21,5 | 21 500 |
| Граніт | 2,6 | 2600 | Свинець | 11,3 | 11 300 |
| Дуб (сухий) | 0,8 | 800 | Скло (віконне) | 2,5 | 2500 |
| Залізо | 7,8 | 780 | Срібло | 10,5 | 10 500 |
| Золото | 19,3 | 19 300 | Сосна (суха) | 0,4 | 400 |
| Корок | 0,24 | 240 | Фарфор | 2,3 | 2300 |
| Латунь | 8,5 | 8500 | Цегла | 1,6 | 1600 |
| Лід | 0,9 | 900 | Цинк | 7,1 | 7100 |
| Мідь | 8,9 | 8900 | Чавун | 7,0 | 7000 |
| Нікель | 8,9 | 8900 | Ялина (суха) | 0,6 | 600 |

Таблиця 3.2. Густини деяких речовин у рідкому стані

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Густина | |  | Густина | |
| Речовина | г | кг | Речовина | г | кг |
|  | 3 | 3 |  | 3 | 3 |
|  | см | м |  | см | м |
| Бензин | 0,71 | 710 | Молоко | 1,03 | 1030 |
| Вода (за 4 °С) | 1,0 | 1000 | Нафта | 0,8 | 800 |
| Вода морська | 1,03 | 1030 | Ртуть | 13,6 | 13 600 |
| Гас | 0,8 | 800 | Сірчана кислота | 1,8 | 1800 |
| Ефір | 0,71 | 710 | Спирт | 0,8 | 800 |

Таблиця 3.3. Густини газів за температури 0 °С і тиску 760 мм рт. ст.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Густина | |  | Густина | |
| Речовина | г | кг | Речовина | г | кг |
|  | 3 | 3 |  | 3 | 3 |
|  | см | м |  | см | м |
| Водень | 0,00009 | 0,09 | Оксид вуглецю (IV) | 0,00198 | 1,98 |
| Гелій | 0,00018 | 0,18 | Повітря | 0,00129 | 1,29 |
| Неон | 0,00090 | 0,9 | Пропан | 0,002 | 2,0 |

Знаючи об'єм і густину речовини тіла, можна легко визна­чити його масу.

Задача 2. З граніту виготовили колону об'ємом 6 м3. Яка маса цієї колони?

В умові задачі є лише значення об'єму колони і вказівка на те, що її виготовлено з граніту. Згідно з відповідною таблицею

кг

густина граніту становить 2600 —- .

м

кг

Те, що р =2600—-, означає, що кожний м

кубічний метр граніту має масу 2600 кг, тоб­то шість кубічних метрів граніту матимуть масу в 6 разів більшу. Тому, щоб визначити масу колони, потрібно її густину помножи­ти на об'єм:

т = рУ,

тобто т = 2600 ^ • 6 м3 = 15 600 кг = 15,6 т.

м3

Відповідь: т = 15,6 т.

Щоб знайти масу тіла за відомими густиною речови­ни та об'ємом, потрібно густину речовини помножити на об'єм тіла.

Знаючи масу і густину тіла, можна обчислити його об'єм. Задача 3. Вантажний автомобіль самоскид привіз на бу­дівництво 4,5 т піску. Який об'єм цього піску, якщо його гус­

тина 1500 ?

|  |  |
| --- | --- |
| V = | 6 м3, |
| Р = | 2600 К3  м3 |
| т — | \_ ? |

м3

т = 7,5 т = = 7500 кг,

р = 1500 К3

м

Оскільки у маси піску 1500 кг об'єм 1 м[[6]](#footnote-6), то для визначення об'єму піску масою 4,5 т = = 4500 кг потрібно масу всього піску поді­лити на масу 1 м3 піску:

т

V =

Р

4500 кг 1500 К3

V — ?

= 3 м3

тобто V =

м3

Відповідь: V = 3 м3.





Щоб знайти об'єм тіла за відомими масою і густи­ною речовини, потрібно його масу поділити на густину речовини.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Супертанкер "Крим", виготовлений на суднобудівному заводі "Затока" (м. Керч), за один рейс може перевозити 150 000 т нафти. Із скількох цистерн, кожна об'ємом 50 м3, складався б потяг для переве­зення такої кількості нафти? Яка була б його довжина, якщо довжина однієї цистерни становить 25 м?
2. Залізна куля масою 800 г має об'єм 125 см3. Чи є у цієї кулі по­рожнини?
3. Використавши виготовлені вами терези, визначте густину цукру та кухонної солі. Для проведення експерименту скористайтеся коробоч­кою з-під сірників або іншою невеликою ємністю. Після проведення екс­периментів акуратно висипте сіль і цукор у ємності, в яких вони знахо­дилися до досліду. Яке ще обладнання вам потрібно для виконання зав­дання? Порівняйте отриманий результат із табличними даними:

кг кг

густина кухонної солі 2150—2170 —з , цукру — 1500—1600 —.



м м

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Визначення густини речовини (твердих тіл і рідин)

Завдання: 1. Визначити густину твердого тіла.

2. Визначити густину невідомої рідини.

Прилади і матеріали: важільні терези з важками; мензурка; тверде тіло неправильної форми (наприклад, фарфоровий ролик або алюмінієвий циліндр); нитка; посудина з рідиною, густина якої невідома.

Підготовка до проведення експерименту

* 1. Пригадайте, що таке густина речовини.
  2. Які фізичні величини потрібно знати, щоб визначити густи­ну тіла?
  3. Продумайте структуру та підготуйте таблицю для запису результатів вимірювань:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва речовини | Маса тіла | | Об'єм тіла | | Густина речовини | |
| г | кг | см3 | м3 | г  3  см | кг  3  м |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* + 1. Виміряйте масу тіла на терезах у грамах і виразіть її у кі­лограмах.
    2. За допомогою мензурки визначте об'єм тіла в кубічних сан­тиметрах і запишіть його в кубічних метрах.
    3. Обчисліть густину речовини тіла і виразіть її в одиницях СІ. Результати вимірювань та обчислень занесіть до таблиці.
    4. Скориставшись порожньою посудиною і терезами, визначте масу невідомої рідини. Зверніть увагу на те, що масу рідини мож­на визначити як різницю мас посудини з водою та порожньої по­судини.
    5. Скориставшись мензуркою, визначте об'єм рідини.
    6. Результати вимірювань запишіть до складеної вами таблиці.
    7. За відомою формулою знайдіть густину рідини в грамах на кубічний сантиметр та в кілограмах на кубічний метр.
    8. Зробіть відповідні висновки щодо визначення густини різ­них речовин.

§ 28. СИЛА

Результат взаємодії тіл може бути різним. Коли іграшко­вий автомобіль натрапляє на стінку, він зупиняється. Пісок, розсипаний на його шляху, або килимок лише зменшують швидкість іграшки. Це означає, що дія стінки на іграшковий автомобіль більша, ніж дія килимка.

Тіла можуть діяти одне на одне не лише за безпосередньо­го контактування. Сталева кулька, що котиться повз магніт, на відстані зазнає його дії і змінює напрямок руху (мал. 3.20). Випущена з рук книжка, камінець або м'яч падають на Зем­лю. З власного досвіду ми знаємо, що Земля притягує до себе всі тіла.

Якщо до пружини причепити тягарець (мал. 3.21) і відпу­стити, він спочатку почне падати. На нього діє Земля, притя­гуючи до себе. Тягарець, у свою чергу, починає діяти на пру­жину. Проте й пружина, розтягуючись, також починає діяти на тягарець. Врешті-решт дії пружини і Землі на тягарець компенсуються і він зупиниться. Це означає, що дія з боку тягарця на пружину стала рівною дії пружини на тягарець. Якщо причепити два тягарці, все повториться так само, але& І1

Мал. 3.20 Мал. 3.21

пружина розтягнеться вдвічі більше. Очевидно, що дія Землі на два тягарці вдвічі більша. Вдвічі більшою стала й дія двох тягарців на пружину.

Фізична величина, яка кількісно характеризує дію

одного тіла на інше, називається силою.

Використовуючи поняття сили, про результат досліду з тягар­цями можна сказати так: на два тягарці з боку Землі подіяла вдвічі більша сила.

Розглянувши у § 26 дію пружини на візок, ми з'ясували: чим більша маса візка, тим повільніше змінюється його швид­кість. Повторимо досліди, збільшуючи розтяг пружини. Тим самим ми збільшуватимемо силу, з якою пружина діє на візок. Виявляється, що чим більша сила, тим більших швидкостей набуває візок за один і той самий час: сила тим більша, чим більшою є зміна швидкості тіла унаслідок їх дії.



Поставте на візок гирю масою, наприклад, 5 кг. Вдарте по ній молотком уздовж можливого напрямку руху візка. Він ледь зрушить з місця. Якщо ж просто штовхати візок паль­цем протягом кількох секунд, ви надасте йому значно більшої швидкості. З подібними явищами ми часто зустрічаємось у повсякденному житті. Цю закономірність використовують спортсмени. Щоб кинути спортивне ядро, маса якого біль­ша за 7 кг, на значну відстань, атлет намагається якомога дов­ше діяти на нього. Чемпіон Олімпійських ігор у Пекіні укра-



Мал. 3.22 Мал. 3.23

їнський атлет Ю. Білоног штовхнув ядро за відмітку 21 м (мал. 3.22). Поштовх ядра рукою і поштовх візка пальцем три­вають значно довше, ніж удар молотком чи ногою. Тому тіло, навіть великої маси, встигає набути значної швидкості.

Результат прикладання сили значною мірою визна­чається часом їі діі.

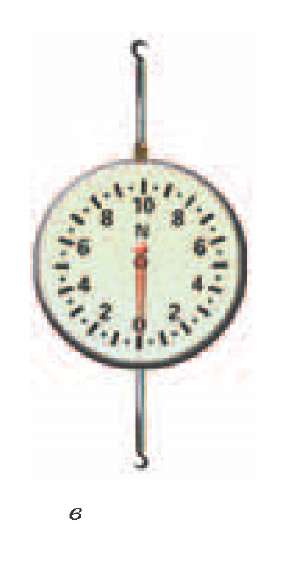
Чим триваліша дія, тим менша сила потрібна для зміни швидкості тіла, і, навпаки, чим менше часу потрібно для зміни швидкості тіла, тим більшою повинна бути прикладена сила.

Двигуни вантажного й легкового автомобілів (мал. 3.23) можуть розвинути однакову силу тяги. Проте легковий авто­мобіль масою близько 1,4 т розганяється з місця до швидкості 100 км/год за 5 с, а вантажівці, маса якої у 20 разів більша, для досягнення такої самої швидкості потрібно кілька десят­ків секунд.

Значення сили тим більше, чим більшою є зміна швидкості тіла унаслідок їі дії, чим більша його маса і менша тривалість їі діі.

Силу, як правило, позначають латинською літерою У тих випадках, коли на тіло діють кілька сил, для їх позначен­ня можуть використовуватися й інші літери або позначення у вигляді індексів.

Одиниця сили. Те, що числове значення сили, час її дії та маса тіла визначають зміну швидкості тіла, можна покласти в основу вимірювання сили як фізичної величини. Одиницею сили в СІ є ньютон (1 Н).



1 Н дорівнює силі, внаслідок дії якої тіло масою 1 кг за 1с змінює свою швидкість на 1 М

с

Наприклад, якщо тіло масою 1 кг змінило швидкість за 1 с

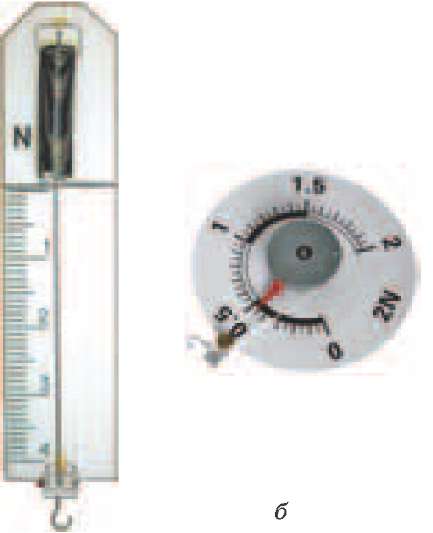
• к м а м .

від 5 — до о — ,то це означає, що на нього діяла сила 1 Н.

с с

Для вимірювання сил використовують прилади, які нази­вають динамометри (від грец. — сила, цєтрєю — вимі­рюю). Вони можуть бути різні за конструкцією, принципом дії, призначенням. На мал. 3.24, а—в зображено динамометри, які використовують для вимірювання сил на уроках фізики.

Закон, який встановлює зв'язок між силою, з якою під час взаємодії одне тіло діє на інше, і зміною швидкості тіла під ді­єю цієї сили відкрив І. Ньютон. Це другий основний закон ме­ханіки — другий закон Ньютона.



Мал. 3.24

а

Другий закон Ньютона. Якщо узагальнити резуль­тати дослідів і спостережень, то можна дійти виснов­ку: сила, внаслідок дії якої тіло змінює свою швидкість, є тим більшою, чим більші маса тіла і зміна його швид­кості під дією сили та чим менший час має вона діяти для зміни швидкості тіла. Об'єднавши ці висновки, матема-

„ т(и - и0) „

тично це можна записати так: р = — — сила дорів-

г

нює добутку маси тіла на зміну його швидкості, поділеному на час дії сили. Розкривши дужки, одержимо

р = ти - тио

г

Характеристики руху тіла значною мірою залежать від маси тіла та його швидкості. Тому величину, що дорівнює до­бутку маси тіла на швидкість, І. Ньютон назвав кількістю руху тіла. На сьогодні добуток ти у фізиці називають імпуль­сом тіла. Права частина у формулі показує, на скільки зміню­ється імпульс тіла за 1 с, або як швидко змінюється імпульс тіла під дією прикладеної до нього сили.

Наведена формула є скороченим записом другого закону Ньютона, який можна сформулювати так:

Сила, що діє на тіло, дорівнює швидкості зміни його ім­пульсу.

За масою тіла, часом дії сили, його початковою і кінцевою швидкостями можна легко визначити силу, яка діяла на тіло. Нехай на тіло масою т = 5 кг протягом часу г = 10 с діяла си­ла. За цей час швидкість тіла змінилася від швидкості и0 = = 5 м/с (початкова швидкість) до и = 10 м/с (кінцева швид­кість). Зміна швидкості становить: и — и0 = 10 м/с —5 м/с = = 5 м/с. Тоді силу, що діяла на тіло, знаходять так:

, , 5 кг • 5 м

р = ти - ти0 = т(и - и0) = с = 2 5 Н.

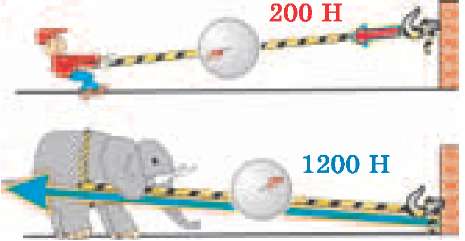
г г 10 с ' '



Якщо ж відомо масу тіла, силу, що діє на нього, і час її дії, можна визначити, як зміниться швидкість тіла та знайти її числове значення у той чи інший момент часу.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. У чому може виявлятися результат дії сили на тіло?
2. В яких одиницях визначають силу в СІ?



1. Як називаються прилади для вимірювання сил?

§ 29. СИЛА - ВЕКТОР. ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ СИЛИ

Залежно від того, в якому напрямку ви дієте на двері, во­ни зачиняться або відчиняться. Від того, в якому напрямку ви вдарите по м'ячу, що котиться, він збільшить швидкість, зу­пиниться або змінить напрямок свого руху. Напрямок сили визначає також характер зміни швидкості. Якщо сила спрямо­вана проти вектора швидкості тіла — його швидкість зменшу­ється, якщо напрямок сили збігається з напрямком швидко­сті — швидкість тіла зростає.

Визначення сили, що діє на тіло, передбачає й визначення їі напрямку.

Фізичні величини, які характеризуються не лише число­вим значенням, а й напрямком, як ви знаєте, називають век­торами і позначаються стрілкою. Довжина стрілки відображає числове значення сили, а її напрямок — напрямок сили. Зо­бражаючи на одному й тому самому малюнку сили, які діють на тіла, необхідно враховувати їх значення. Для цього обира­ють масштаб відображення одиниці сили або певного її значен­ня. Вектор більшої сили має бути довшим у стільки само разів, у скільки її числове значення більше. Якщо лю­дина тягне за мотузку, при­кладаючи силу 200 Н, а слон — 1200 Н, то вектор сили слона має бути довшим



у 6 разів (мал. 3.25). Мал. 3.25

Вектор сили позначають тією самою літерою, але зі стрілоч­кою: Р .

Точка прикладання сили. Си­ли під час безпосередньої взаємо­дії тіл діють по всій поверхні їх дотику. Молоток, що б'є по

гвіздку, діє на усю поверхню його шляпки. Штовхаючи шафу, ми діємо на неї долонями обох рук або плечем і руками. Про­те, якщо площа дотику порівняно невелика, можна вважати, що силу прикладено лише до однієї точки тіла. Наприклад, можна вважати, що трос, яким буксирують автомобіль, діє лише в точці, в якій він прив'язаний. Сила, яка діє на тяга­рець, що висить на нитці, прикладена лише в точці, де нитка прив'язана до тягарця. Ці точки й розглядаються як точки прикладання сил.

Поставте на стіл будь-який предмет, що має форму парале­лепіпеда на меншу грань, наприклад дерев'яний брусочок або сірникову коробку. Загостреним кінчиком олівця подійте на одну з бічних граней біля самої поверхні стола. Брусочок зру­шить з місця й почне ковзати по поверхні. Якщо ви будете під­німати кінчик уздовж грані, продовжуючи натискати на неї, настане момент, коли брусочок почне перевертатися (мал. 3.26). Результат дїі сили залежить від точки прикладання сили.



Мал. 3.26

Вектори сил зображають так, щоб вони починалися в точці прикладання сили. Залежно від того, де на тілі знаходиться точка прикладання сили, результат дії сили може бути різним: шафа перекидається замість того, щоб ковзати по підлозі; м'яч опиняється за межами поля замість того, щоб потрапити у воро­та супротивника.



Спочатку ми розглядатимемо лише ті випадки, коли можна легко вказати точку прикладання сили.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Чому не можна зрушити з місця автомобіль показаним на мал. 3.27 способом? Чому кулька для гри в крокет унаслідок удару мо­лотком такої самої сили набуває значної швидкості?

* 1. Чому сила є векторною величиною?
  2. Наведіть приклади, які свідчать про те, що результат дії сили залежить від точки її прикладання.
  3. Тіло за 5 с, протягом яких діяла на нього сила, збільшило свою

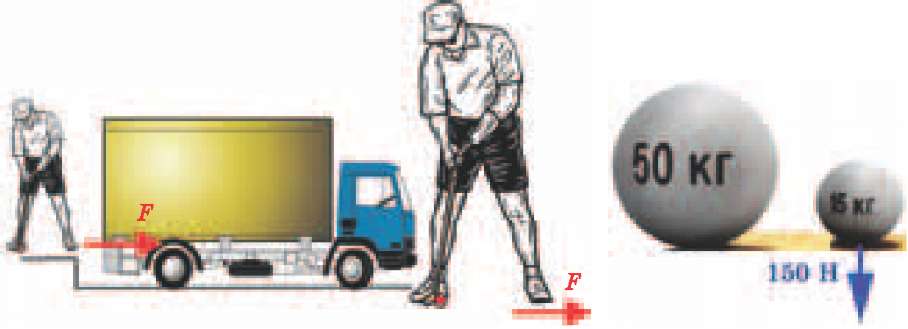
м

швидкість на 5 — . Це саме тіло внаслідок дії іншої сили за той самий с м

час збільшило швидкість на 2 — . в якому випадку на тіло діяла більша

с

за значенням сила й у скільки разів?



Мал. 3.27 Мал. 3.28

* 1. На мал. 3.28 зображено два тіла різної маси та силу, з якою тіло масою 15 кг діє на підставку. Визначте модуль (числове значення)

і зобразіть силу, з якою тіло масою 50 кг діє на підставку.

* 1. Зобразіть в однаковому масштабі сили 15 Н, 25 Н, 50 Н (масштаб: 1 см = 5 Н).

§ 30. СИЛА ТЯЖІННЯ

До цього часу ми розглядали випадки взаємодії тіл, яка відбувалася під час їхнього безпосереднього дотику. Проте ті­ла можуть взаємодіяти й на відстані за відсутності між ними безпосереднього контакту. З одним таким випадком взаємодії на відстані ми маємо справу повсякчасно. Ви добре знаєте, що будь-яке підняте над землею і випущене з рук тіло намагаєть­ся впасти на неї. Випустіть із рук м'яч чи підкиньте його вго­ру — він обов'язково впаде на поверхню Землі. Підстрибніть, відштовхнувшись від Землі, за мить ви знову повертаєтесь на її поверхню. Це відбувається тому, що Земля діє на всі тіла силою, яка називається силою земного тяжіння. Завдяки

цій силі ми можемо ходити, грати у футбол, їздити в автомобілі й не боятися відлетіти й за­губитися в космічному просторі. Саме завдяки силі тяжіння утримується повітряна оболон­ка — атмосфера, так необхідна для підтримання життя на Землі.

Як визначають силу тяжіння? Сила, з якою Земля притягує до себе тіла, тим більша, чим більша маса тіла. У цьому легко переконатися, піднімаючи тіла різної маси. Коли атлет утри­мує підняту гирю, він прикладає до неї силу, яка дорівнює силі земного тяжіння, що діє на цю гирю (мал. 3.29). Адже, щоб тіло (гиря, книжка на столі) перебувало в спокої, дії усіх сил мають бути скомпенсовані. Чим більша маса гирі, тим більшу силу слід прикласти атлету, щоб її утримати. Отже, чим більша маса тіла, тим більша сила тяжіння діє на нього.

Є ще одна важлива особливість дії сили зем­ного тяжіння. Тіла, незалежно від їх маси, якщо їх впустити з однакової висоти, одночасно впадуть на поверхню Землі за відсутності опору повітря. Це означає, що усі тіла, які вільно падають, за рівні проміжки часу однаково змі­нюють свою швидкість. Тому сила тяжіння виз­начається лише масою тіла. Одним із перших, хто експериментально перевірив цю здогадку, був Г. Галілей. Для проведення дослідів він викори­став мушкетну кулею і гарматне ядро. Скидаю­чи їх одночасно з похилої Пізанської вежі, він . "І переконався, що маленька куля і велике гармат-

^В^ не ядро досягають поверхні Землі одночасно.

Цим самим він довів, що зміна швидкості падаючих тіл за однакові проміжки часу не Мал. 3.30 залежить від їх маси.

Мал. 3.29

Ще більш переконливим є дослід, запропоно­ваний І. Ньютоном (мал. 3.30). У скляну трубку, запаяну з одного кінця, поміщають шротинку, шматочок корка і пір'їну. Перевернувши трубку так, щоб тіла в ній могли вільно пада­ти, переконуються: першою впаде шротинка, потім корок, по­тім плавно опускається пір'їна. Якщо ж з трубки відкачати повітря, то пір'їна й корок падають так само швидко, як і шротинка.

Сила тяжіння за однакові проміжки часу змінює швидкість усіх тіл, що падають однаково, якщо на їх рух не впливає повітря.

За результатами вимірювань виявилося, що біля поверхні Землі за відсутності повітря усі тіла під час падіння за 1с

м

збільшують свою швидкість на 9,8—. Це стале для всіх тіл

с

значення позначають літерою g і називають прискоренням

9,8^ м

вільного падіння: g = — = 9 , 8 —- .

1с с2

Пригадайте, 1 Н — це сила, під дією якої тіло масою 1 кг

за 1с змінює свою швидкість на 1 м . Отже, тіло масою 1 кг

с

Земля притягує із силою у 9,8 разів більшою — 9,8 Н. Тіло ма­сою 2 кг притягуватиметься до Землі із силою 19,6 Н.

Відповідно, щоб знайти силу тяжіння, яка діє на тіло будь-якої маси поблизу Землі, необхідно масу тіла помно­жити на 9 , 8 — , або 9,8 —— , тобто кг с

^ = mg.

тяж °

Скориставшись цією формулою, можна легко визначити масу тіла т, на яке діятиме сила тяжіння 1 Н:

^ 1 Н т = = = 0,102 кг = 102 г.

g 9,8 — кг

Сила 1 Н чисельно дорівнює силі тяжіння, яка діє на тіло ма­сою у 9,8 раза меншою за 1 кг — це приблизно 0,102 кг = 102 г.

Відчути дію сили, що дорівнює 1 Н, дуже просто. Для цьо­го достатньо покласти на долоню гирьку або тягарець масою 100 г.

Ç-^ Але не тільки Земля притягує до себе різні тіла. М'яч, дощова крапля, осінній лист, що падає з дерева, при­тягують Землю з такою самою силою, як і Земля їх. Завдяки силі тяжіння Місяць рухається навколо Зем­лі, а Земля та інші планети навколо Сонця. Припущення про те, що падіння земних тіл і рух планет мають однакові причини, висловлювали багато вчених. Ще давньогрецький філософ Анаксагор вважав, якби Місяць не рухався, то він впав би на Землю, як падає кинутий камінь. Проте І. Ньютон першим не лише зрозумів, що кинутий з великою швидкістю камінь за від­сутності опору повітря рухався б "...подібно тому, як планети описують в небесному просторі свої орбіти", а й відкрив закон, який дав можливість визначати сили взаємодії між усіма без винятку тілами Всесвіту. Ці сили називають силами всесвіт­нього тяжіння або силами гравітації (від лат. gravitas — тяжіння). Закон, відкритий І.Ньютоном, сьогодні відомий як закон всесвітнього тяжіння:

Всі тіла взаємодіють між собою із силами, прямо пропор­ційними добутку їх мас й обернено пропорційними квадрату відстані між ними.

^ „ „mm

Формула цього закону має вигляд: F = G —[[7]](#footnote-7)—— , де m1 і m2 —

r [[8]](#footnote-8)

маси тіл, що взаємодіють; r — відстань між цими тілами; G — гравітаційна стала, яка чисельно дорівнює силі, з якою взаємо­діють два тіла масами 1 кг, якщо вони знаходяться на відста­ні 1 м.

Пояснити дію сил тяжіння можна тим, що з кожним із тіл пов'язано особливу форму матерії — гравітаційне поле. Саме завдяки гравітаційному полю передається дія одного тіла на інше. Поле, створюване одним тілом, діє на інше і навпаки. Падіння тіл на Землю пояснюється тим, що на них діє гравіта­ційне поле Землі.

Якщо сила, з якою Земля притягує до себе різні тіла, така сама, як і сила, з якою тіло (дощова крапля, м'яч, кам'яна брила, що зірвалася в урвище) притягує Землю, то чому ми не спостерігаємо змін у русі Землі? Проте пригадайте, що під час взаємодії тіл зміна їх швидкості обернено пропорційна масам цих тіл. Розглянемо падіння масивної кам'яної брили. Нехай її маса становить m = 1 000 000 кг. Маса Землі —



брили

М3емлі = 5 976 000 000 000 000 000 000 000 кг. Отже, за кожну се­кунду її швидкість збільшиться в

1 000 000 кг 1

1. 976 000 000 000 000 000 000 000 кг 597 600 000 000 0 00 000

разів. Помітити такі зміни практично неможливо.

На інших планетах та їх супутниках на тіла теж діють си­ли тяжіння. Проте їх значення інші. На найбільшій планеті Со­нячної системи — Юпітері на кожне тіло діє сила у 2,55 раза більша, ніж на Землі. Місяць притягує до себе тіла із силою у



1. разів меншою порівняно із Землею.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

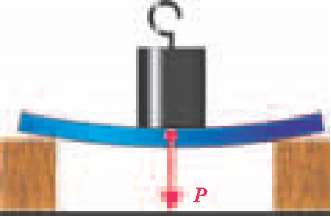
який час рух припиниться. Тягарець і пружина перебувати­муть у стані спокою. Це означає, що дія пружини на тягарець компенсувала дію сили тяжіння. Але пружина залишається деформованою (розтягнутою). Розтяг (деформація) пружини — наслідок того, що на неї, у свою чергу, з боку тягарця діє си­ла.

Звєрніть увагу!

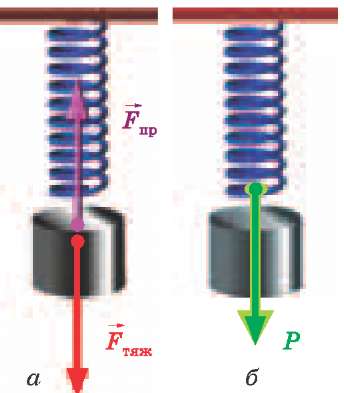
На тягарець діють дві сили: сила тяжіння Землі — Гтяж і сила з боку деформованої пружини — Гпр (мал. 3.31, а). Унаслідок дії сили тяжіння тягарець діє на пружину, розтягуючи її. Силу, з якою тягарець діє на пружину, позначено на мал. 3.31, б літерою Р. Якщо замінити пружину ниткою, дротиною, або іншим підвісом, усе буде так само, лише їх розтяг буде майже непомітним.

Проведемо інший дослід. На два брусочки покладемо лінійку так, як це показано на мал. 3.32. Поставимо посередині лінійки гирю. Як і в попередньому випадку з пружиною, лінійка під ді­єю гирі прогнеться — деформується. Якщо лінійку замінити дошкою або поверхнею стола, то гиря діятиме на них з такою са­мою силою. Різниця буде лише в тому, що деформацію дошки чи поверхні стола ми можемо не помітити. Будь-яке тіло внаслідок притягання до Землі діє на опору або розтягує підвіс.





Мал. 3.32



Мал. 3.31

Силу, з якою тіло внаслідок притягання до Землі розтягує підвіс або діє на горизонтальну опору, називають вагою тіла.

Вага тіла, як і будь-яка сила, є векторною величиною. Як­що відносно Землі тіло перебуває у спокої або рухається рів­номірно і прямолінійно, вага направлена перпендикулярно до горизонтальної поверхні або вздовж підвісу і прикладена до під­вісу або опори.

Можна зробити висновок: сила тяжіння, що діє на тіло, і вага тіла однакові за значенням і однаково направлені. Відтак, вага тіла дорівнює силі тяжіння Р = -тяж = mg. Може виникну­ти питання: навіщо потрібне поняття "вага тіла", якщо вона дорівнює силі тяжіння? Дійсно, вага тіла в розглянутих нами випадках за значенням дорівнює силі тяжіння, що діє на тіло. Проте це не завжди так. По-перше, сила, з якою тіло діє на опору чи розтягує підвіс, і сила земного тяжіння діють на різ­ні тіла і мають різні точки прикладання. Сила тяжіння діє безпосередньо на тіло, а вага цього тіла — на опору (поверх­ню стола, сидіння стільця) або підвіс (пружину, нитку, трос).

По-друге, значення ваги тіла за різних умов руху тіла і опо­ри (підвісу) може відрізнятися від значення сили тяжіння, що діє нього. Тіло може навіть втрачати свою вагу.

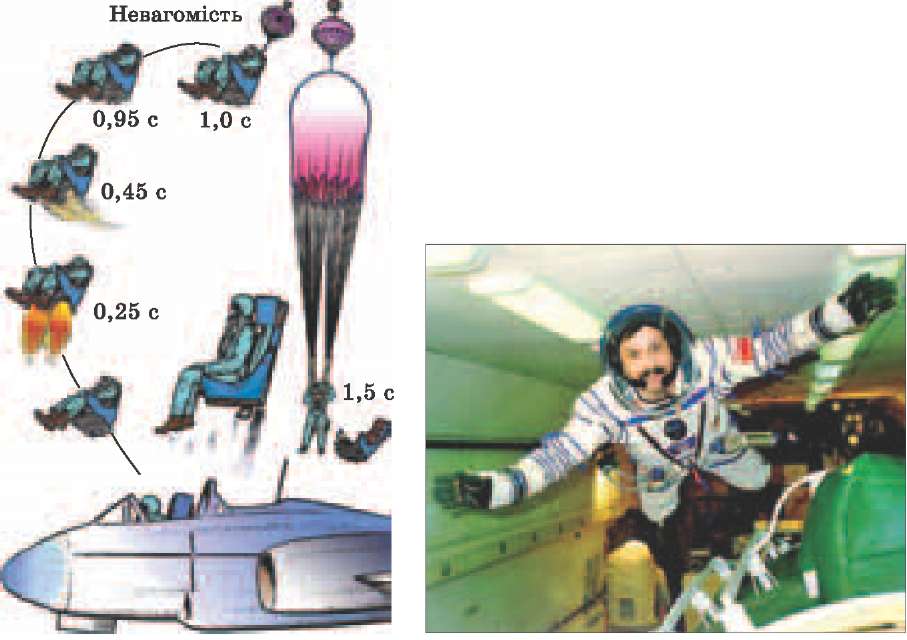
Різняться вага тіла і сила тяжіння також своєю природою. Сила тяжіння характеризує властивість тіл притягуватися од­не до одного. Вага тіла — це результат прояву його пружних властивостей.

Невагомість. Візьміть пружину або гумову нитку за один кінець і прикріпіть до неї тягарець. Пружина розтягнеться. Відпустіть пружину, щоб вона разом із тягарцем могла вільно падати. Ви помітите, що під час падіння деформація пружини припинилася. Отже, коли пружина і тягарець рухаються лише під дією сили притягання Землі, то тіло втрачає вагу і перестає діяти на підвіс.

Стан тіла, за якого воно перестає тиснути на опору або

розтягувати підвіс, називають невагомістю.

У стані невагомості протягом короткого часу перебуває льотчик, який катапультувався з літака (від моменту припи­нення дії ракетних зарядів катапульти до розкриття парашу­та), а також й будь-яке тіло під час вільного падіння (мал. 3.33). Підстрибнувши вгору або просто зістрибнувши з якогось підвищення, ви теж на якусь мить, до моменту приземлення, відчували втрату своєї ваги. Тривалий час у невагомості пере-



Мал. 3.33

Мал. 3.34

бувають космонавти на космічній станції, виведеній на навко­лоземну орбіту (мал. 3.34). В усіх цих випадках: льотчик ра­зом із кріслом, космічна станція і космонавти, людина, що стрибнула, відбувається лише під дією сили тяжіння Землі.





Мал. 2.66

Те, що тіло, вільно падаючи під дією сили тяжіння, втрачає вагу, можна переконатися за допомогою такого досліду. Набірну гирю підвішують на шнурі, перекинутому через горизонтально закріплений у штативі стрижень так, щоб її було легко опускати вниз та піднімати вгору (мал. 3.35). Між тягарцями набірної гирі по­міщають один кінець тоненької паперової стрічки (наприклад, клаптик стрічки серпан­тину). Інший її кінець затискають у лапці штатива. Якщо гирю повільно опускати, при­тримуючи шнур, стрічка паперу розірветься.

Замініть розірвану стрічку новою — такою самою, як і попе­редня. Піднімають гирю так, щоб стрічка провисла, і відпуска­ють шнур, щоб гиря вільно падала. Стрічка паперу висмику­ється з-поміж тягарців і залишається цілою, якою б не була маса тягарців. Отже, під час падіння тягарці не тиснуть на неї.

Якщо пружину (гумову нитку), на якій підвішено тяга­рець, різко потягти за другий кінець угору, її розтяг збіль­шиться. Це означає, що сила, з якою діє тягарець на пружи­ну, тобто його вага, збільшилася.

Стан тіла, за якого вага тіла переважає силу тяжіння, — це перевантаження.



Незначні перевантаження ми відчуваємо в момент, коли ліфт починає рухатися вгору або, рухаючись униз, різко зупи­няється. Значно більші перевантаження виникають у момен­ти, коли ми, зістрибнувши з деякої висоти, торкаємось поверх­ні підлоги чи землі й за частки секунди зменшуємо свою швидкість, якої набули під час падіння. Значних переванта­жень зазнають льотчики в момент спрацювання зарядів ката­пульти, коли їх разом із кріслом буквально вистрілює з літа­ка, космонавти під час розгону ракети після старту і під час гальмування для посадки на Землю.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що називають вагою тіла?
2. За якою формулою можна визначити вагу тіла, яке перебуває в спокої (рівномірно рухається)?
3. У якому випадку вага тіла дорівнює силі тяжіння, що діє на нього?
4. За яких умов настає невагомість? У чому вона виявляється?
5. Що таке перевантаження?
6. Чому тіла різної маси, випущені з однієї й тієї самої висоти, досягають поверхні Землі одночасно?
7. Яка сила тяжіння діє на тіло масою 5 кг?
8. Знаючи свою масу, визначте, яка сила земного тяжіння діє на вас?
9. Яка вага 5 л гасу?
10. Сталева деталь має розміри 10 х 20 х 5 см. Яка її вага?

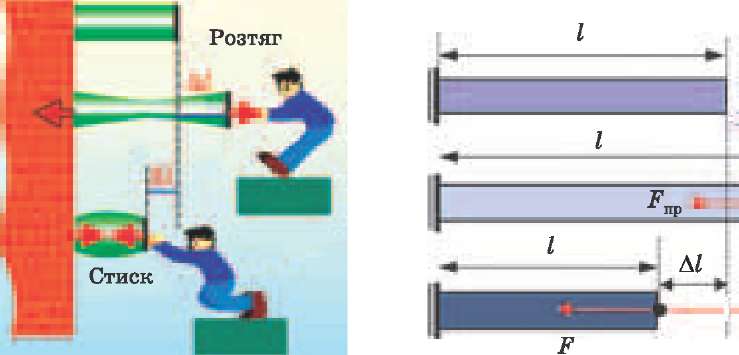
§ 32. СИЛА ПРУЖНОСТІ. ЗАКОН ГУКА

Ви пробігли по піску, пройшлись по ріллі — за вами потяг­нувся ланцюжок слідів. Залишає сліди колісний та гусеничний транспорт. Мабуть кожен із вас спостерігав за рухом потяга. Бачили, як двигтять і прогинаються під ним сталеві рейки? Але саме унаслідок деформації рейок і поверхні Землі виникає сила, яка протидіє вазі потяга, людини, машини й утримує їх на поверхні Землі. Якщо ви стискаєте м'яч, розтягуєте гумову нитку, пружину, тиснете на струну гітари, вони деформують­ся й, у свою чергу, протидіють силі, що їх деформує.

Результати дії сил, які спричиняють деформації, можуть бути різним. Стиснута гумка, розтягнута пружина, гумова нитка, зігнута сталева чи дерев'яна лінійка після припинення дії на них зовнішніх сил відновлюють свої попередні розміри і форму. Такі тіла називають пружними, а деформації, які пов­ністю зникають, — пружними деформаціями. Подіявши на шматочок пластиліну, можна виліпити фігурки, які тривалий час зберігатимуть свою форму. Зігнута алюмінієва чи мідна дротина теж не відновлює свою попередню форму. Тіла, які не відновлюють свою форму після припинення дії на них зовніш­ніх сил, називають пластичними, а деформації, яких вони зазнають, — пластичними деформаціями.

Особливістю пружної деформації є те, що зі збільшенням деформації тіла зростає сила, з якою тіло протидіє силі, яка спричинила його деформацію. Це пояснюється тим, що при деформаціях твердого тіла його частинки (атоми, молекули, іони), які знаходяться у вузлах кристалічної ґратки, зміщують­ся зі своїх положень рівноваги. Сили взаємодії між частинка­ми твердого тіла, які утримують їх на певній відстані одна від одної, протидіють цьому зміщенню. Тому за будь-якої дії зов­нішніх сил в самому тілі виникають внутрішні сили, що пе­решкоджають його деформації. Сили, які виникають в пруж­но-деформованому тілі та спрямовані проти напрямку зміщен­ня частинок тіла, називають силами пружності.

Деформація розтягу (стиску). Закон Гука. Розрізняють де­формації: кручення, зсуву, згину, але всі їх можна звести до двох основних — розтяг і стиск. Деформацій стиску зазнають,



I

М

■4 Ъ-

пр

Мал. 3.36

Мал. 3.37

Э

наприклад, фундаменти будинків, колони, пружини амортиза­торів автомобілів і мотоциклів, гвіздок у момент удару молот­ком, коли він входить у дошку, та ін. Ці деформації виника­ють, коли зовнішні сили діють на тіло вздовж однієї прямої і направлені всередину тіла. Деформації розтягу виникають у тросах підіймальних кранів, коли ті піднімають вантажі, у волосіні вудки, якою витягують спійману рибу, у пружинах динамометрів, коли зовнішні сили теж мають протилежні напрямки, але направлені від тіла (мал. 3.36).

Унаслідок деформацій розміри тіла змінюються в напрям­ку, що збігається з напрямком дії сили, прикладеної до тіла. Таке збільшення або зменшення розмірів тіла характеризують фізичною величиною, яку називають видовженням. Видов­ження показує, на скільки збільшився чи зменшився розмір тіла (наприклад, його довжина) під дією тих чи інших сил по­рівняно з початковим його станом. Одиницею видовження у СІ є 1 м. Щоб знайти видовження, необхідно від довжини дефор­мованого тіла І відняти його початкову довжину і0 (мал. 3.37). Видовження (зміну розміру), як правило, позначають двома літерами: грецькою А (дельта) і латинською І — Ді. Наприклад, довжина пружини до її розтягування становила і0 = 10 см, а розтягнутої пружини І = 15 см. Її видовження визначають так: Ді = І - і0 = 15 см — 10 см = 5 см = 0,05 м. Якщо пружину сти­скають, то її видовження від'ємне. Якщо пружину довжиною 20 см стиснули до довжини 16 см, то Ді = І - і0 = 16 см — 20 см = —4 см = —0,04 м. Зрозуміло: якщо видовження додат­не, то його довжина збільшилася і тіло зазнало деформації роз-тягу, а якщо від'ємне — довжина тіла зменшилася, воно зазнало деформації стиску.

Будь-яке тіло, з якого б матеріалу воно не було виготовле­не, під дією зовнішніх сил деформується. Видовження гумово­го шнура чи пружини ми помічаємо навіть тоді, коли до них прикладають порівняно невеликі сили. А от помітити дефор­мацію гранітної колони чи сталевої дротини майже неможли­во. Незначні деформації призводять до появи в таких тілах великих сил пружності. Властивість пружних тіл по-різному протидіяти зовнішнім силам називають жорсткістю.

Те, що в більш деформованому тілі виникають більші сили пружності, ви знаєте з власного досвіду: щоб більше розтягти чи стиснути пружину, потрібно прикласти більшу силу. Дослі­джуючи деформації розтягу і стиску пружних тіл, відомий англійський вчений Р. Гук відкрив закон, який встановлює взаємозв'язок між силою пружності та видовженням цих тіл.

Сила пружності, що виникає в пружно-деформованому тілі, прямо пропорційна його видовженню.

Закон Гука можна досить легко перевірити, якщо дослі­джувати пружне тіло, що помітно видовжується під дією при­кладених до нього сил. Скористаємось для цього пружиною, закріпленою одним кінцем на штативі. Поряд із пружиною закріпимо лінійку так, щоб її нульова позначка була на рівні нижнього гачка на пружині (мал. 3.38) Прикріпимо до пружи­ни тягарець масою 100 г і відпустимо її. Унаслідок дії тягарця

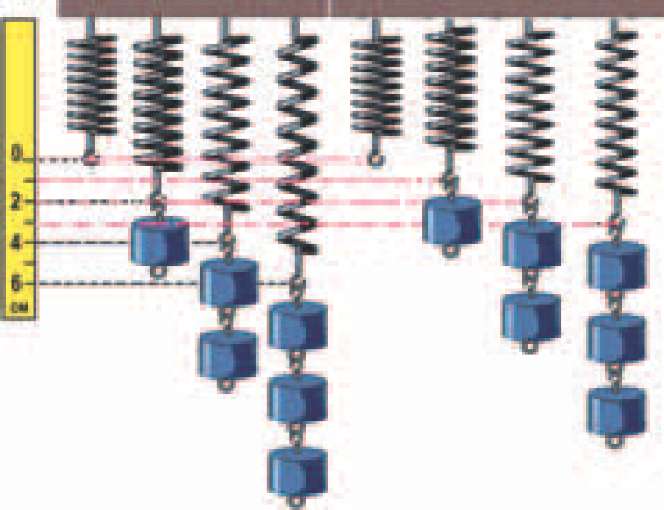
д

із силою Р = mg = 0,1 кг • 9 , 8 — = 1 Н пружина розтягнулася,

кг

в ній виникла сила пружності, яка компенсувала дію тягарця. У цьому випадку видовження пружини становить 2 см. Підві­симо ще один такий самий тягарець. Тепер видовження стано­вить 4 см. Маса тягарців зросла в два рази, у стільки само разів зросла сила, з якою вони розтягують пружину, і сила, яка виникла в пружині, щоб компенсувати дію тягарців на неї. Прикріпивши ще один тягарець і, відповідно, збільшивши у три рази силу, яка діє на пружину, переконуємось, що видов­ження теж збільшилося у три рази, тобто дорівнює 6 см.

Отже, сила пружності, що виникає в деформованій пру­жині, зростає прямо пропорційно видовженню пружини.



Мал. 3.38

Замінимо пружину на іншу і повторимо дослід. Ця пружи­на унаслідок дії кожного наступного тягарця зазнаватиме мен­шого видовження — 1 см. Під дією двох тягарців вона видов­жилася лише на 2 см. Щоб її видовження було таким самим, як і першої, слід прикладати удвічі більшу силу. Відповідно, сила пружності, яка виникає в ній, за однакового з першою пружиною видовження, удвічі більша. Це означає, що жор­сткість другої пружини удвічі більша. Проте й для цієї пружи­ни сила пружності прямо пропорційна її видовженню. У ви­гляді формули закон Гука записують так:

^ = -кАі,

де ^ — сила, що виникає в пружині; Аі — видовження тіла; к — коефіцієнт пропорційності, який називають коефіцієн­том пружності або коефіцієнтом жорсткості. Знак мінус означає, що сила пружності завжди перешкоджає видовженню тіла і направлена проти його деформації.

Коефіцієнт пружності.

Зверніть увагу!

Чим більший коефіцієнт пружності, тим більша сила пружності ви­никає в тому чи іншому тілі за однакового видовження.

ності другої пружини И- = = — = = 1 —, тобто до неї



та інших матеріалів виготовляють кузови автомобілів, по­криття для дахів, ложки, каструлі та різні предмети вжитку.

Якщо, наприклад, дріт, пружина чи інше тіло досить дов­гі, їх можна сильніше розтягти чи стиснути. Дія зовнішніх сил унаслідок взаємодії молекул передається по усій довжині тіла. Загальне видовження визначається зміною відстаней між окремими молекулами. Чим довший ланцюжок молекул, тим більшим буде його видовження за однакової зміни відста­ней між молекулами, меншою буде відстань, на яку вони змі­щуються під дією зовнішньої сили, меншою буде сила пружно­сті, що виникає в тілі. Тому чим довше тіло, тим менший його коефіцієнт пружності. За дуже малих деформацій пружини, виготовлені із таких пластичних матеріалів, як алюміній, свинець і навіть пластилін, виявляють пружні властивості.

Водночас чим більший переріз дроту, волосіні, гумового шнура, колони, тим більша кількість молекул і більша сумарна сила їх взаємодії у кожному поперечному перерізі тіла і тим більшою бу­де його жорсткість. Отже, в кожного тіла свій коефіцієнт пружності, він залежить від особливостей взаємодії молекул речовини, з якої тіло виготовлено (сталь, гума, граніт, капрон та ін.), та довжини і площі його поперечного перерізу.

Немає такої галузі техніки, будівництва, побуту, представ­ника рослинного чи тваринного світу, де б не використовува­лися, не виявлялися і не враховувалися пружні властивості різних тіл. Без знання пружних властивостей найрізноманітні­ших матеріалів, уміння їх визначати, неможливо створювати нові матеріали із наперед заданими властивостями та розвива­ти виробництво.



З власного досвіду ви знаєте, що є й інші типи деформації тіл: згин, зсув, кручення. З їх особливостями ви ознайомитеся пізніше.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Що називають коефіцієнтом жорсткості?
2. Сформулюйте і запишіть закон Гука для пружних деформацій.
   1. Від чого і як залежить коефіцієнт жорсткості тіла?

кН

* 1. Коли до пружини жорсткістю 10 — прикріпили вантаж, вона роз-

м

тягнулася на 5 см. Яка маса вантажу?

* 1. Довжина спіральної циліндричної пружини передньої підвіски ко­ліс автомобіля у вільному стані становить 36 см, а під дією сили 4,5 кН вона стискається до 21 см. Знайти жорсткість пружини.
  2. На скільки подовжиться риболовна волосінь жорсткістю 0,5 кН/м під час вертикального підняття рибини масою 200 г?
  3. Під дією сили 5 Н пружина видовжилася на 5 см. Який коефіцієнт жорсткості цієї пружини? Яким стане видовження пружини, якщо до неї прикріпити гирю масою 1 кг?

§ 33. ВИМІРЮВАННЯ СИЛ. ПРУЖИННІ ДИНАМОМЕТРИ

Для вимірювання сили, як і будь-якої іншої фізичної вели­чини, необхідно встановити еталон одиниці сили і спосіб по­рівняння різних сил із цим еталоном. Динамометр — прилад для вимірювання сили, має відтворювати одиниці сили та по­казувати скільком одиницям відповідає та чи інша сила. Оди­ницею сили є 1 Н — така сила, яка діючи на тіло масою 1 кг

протягом 1 с, змінює його швидкість на 1 м . Порівнювати

с

сили за зміною швидкості тіл досить складно, адже зміна швидкості тіла залежить і від його маси. Але ми знаємо, що сила спричиняє й деформацію тіл. Сила 1 Н чисельно дорівнює силі тяжіння, що діє на тіло масою приблизно 102 г.

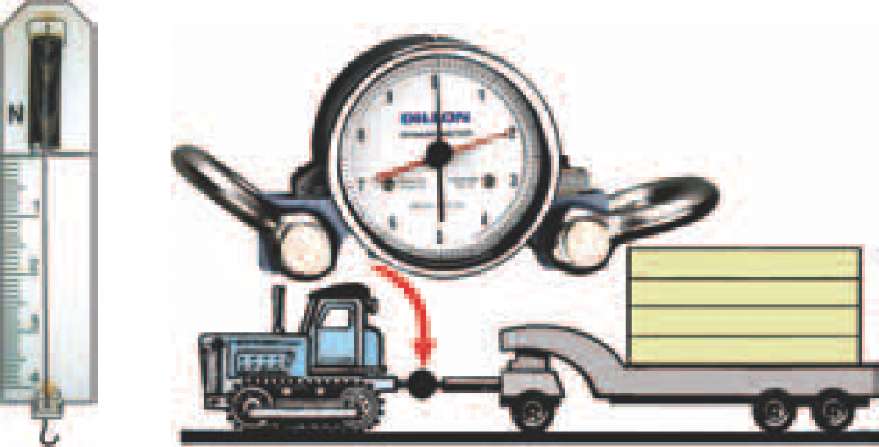
Якщо до пружини підвісити тягарець масою 102 г, то під його вагою пружина розтягнеться і сила пружності, яка вини­кне в пружині, становитиме 1 Н. (Пригадайте, вага такого тя-

д

гарця Р = mg = 0,102 кг • 9 , 8 — = 1 Н .) Якщо підвісити ще

кг

один такий самий тягарець, то розтяг пружини відповідатиме силі 2 Н. Так можна проградуювати пружину, тобто встанови­ти відповідність її певного видовження значенню прикладеної сили. Очевидно, що таке ж видовження пружини спричиняти­меться не лише вагою підвішених тягарців, а й дією руки, та



Мал. 3.39 Мал. 3.40

будь-якою іншою силою, що має відповідне числове значення. Наприклад, якщо, узявшись за кінці пружини, ви розтягнете її так само, як два підвішені тягарці, це означатиме, що ви по­діяли на неї із силою 2 Н. Те, що певне числове значення си­ли, прикладеної до пружини, відповідає певному її видовжен­ню, використовують у приладах для вимірювання сил — пру- динамометрах.

Динамометр, як будь-який вимірювальний прилад, склада­ється з трьох основних елементів: вимірювального пристрою, шкали та покажчика. Як правило, для виготовлення вимірю­вального пристрою динамометра використовують пружини, для яких у межах вимірювання сил справджується закон Гу- ка = &АІ). Оскільки сила пружності прямо пропорційна ви­довженню, то за цих умов шкала динамометра буде рівномір­ною. Тому, щоб одержати на шкалі менші поділки, наприклад 0,1 Н, достатньо поділки, які відповідають 1 Н, поділити на 10 частин.

Залежно від призначення динамометри можуть розрізняти­ся конструктивними особливостями та зовнішнім виглядом. Зображений на мал. 3.39 шкільний динамометр розрахований на вимірювання сил до 4 Н. Ціна поділки його шкали — 0,1 Н. Для вимірювання великих сил використовують спеціальні ди­намометри (мал. 3.40), якими можна вимірювати сили поряд­ку десятків тисяч ньютон.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 Дослідження пружних властивостей тіл

Завдання: 1. Скориставшись запропонованим обладнанням, дослідіть, як залежить видовження пружного тіла (пружини, гу­мової нитки або стрічки) від прикладеної сили. Побудуйте графік цієї залежності.

2. Визначте коефіцієнт пружності тіла для різних видовжень і навантажень.

Обладнання: пружина або гумова нитка; штатив з муфтою та лапкою; дощечка з гвіздком; паперова смужка; лінійка; набір тя­гарців масами по 100 г.

Підготовка до проведення експерименту

* + 1. Складіть установку для дослідження видовження пружно­го тіла від прикладеної сили. Вона може мати вигляд, як на мал. 3.41.



* + 1. Підготуйте таблицю для запису результатів вимірювань і



Мал. 3.41

обчислень та координатну сітку (наприклад, як на мал. 3.42) для побудови графіка залежності сили пружності, що виникає в тілі, від його видовження (масштаби сил і видовжень на осях координат обе­ріть самостійно.

Б, Н

1 2 3 4 М, см Мал. 3.42

0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Кількість тягарців | Сила прикладена до пружини F, Н | Видовження пружини А 1, см | Коефіцієнт пруж- Н  ності й, — м |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |

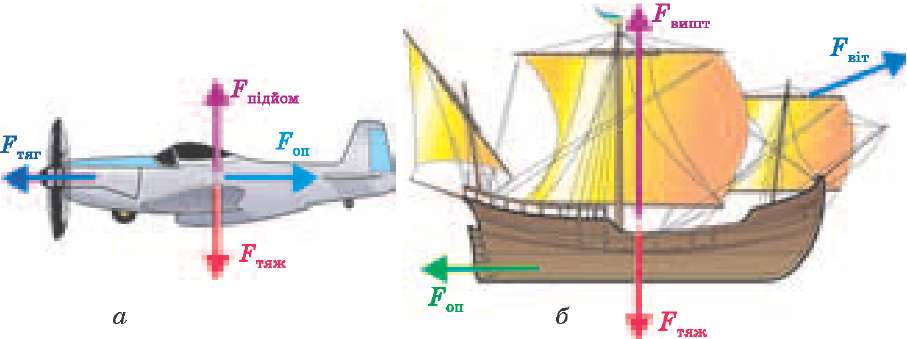
Проведення експерименту

* + - 1. Навантажуйте пружину поступово одним, двома, трьома тя­гарцями і відмічайте нові положення її нижнього гачка.
      2. Виміряйте для кожного випадку значення видовження. Ре­зультати запишіть у таблицю.
      3. За даними таблиці побудуйте графік залежності сили пруж­ності, яка виникає в пружині внаслідок її навантаження, від її видовження.
      4. Зробіть висновок щодо характеру залежності сили пружно­сті від видовження. Чи виконується закон Гука в умовах вашого експерименту?

§ 34. ДОДАВАННЯ СИЛ. РІВНОДІЙНА

Вам часто доводиться прикладати силу до того чи іншого тіла. Проте, піднімаючи портфель, чи відро з водою, тягнучи санчата, забиваючи гвіздок ми завжди відчуваємо, що одночас­но на ці предмети діють інші тіла. Це, насамперед, Земля, яка притягує до себе усе, що на ній знаходиться, повітря, опір яко­го ми відчуваємо під час руху, дошка теж чинить опір і діє на гвіздок, коли той забивають у неї. На літак, що знаходиться у повітрі, діє сила тяжіння Землі, підіймальна сила, яка утри­мує його від падіння, сила тяги двигуна, сила опору повітря (мал. 3.43, а). На вітрильник діє сила вітру, що спричиняє його рух, виштовхувальна сила води, яка не дає йому піти на дно під дією сили тяжіння Землі, сила опору води, яка перешко­джає його рухові (мал. 3.43, б).

Якщо на тіло діють одночасно кілька сил, то їх можна за­мінити однією силою, результат дії якої такий самий, як і од­ночасна дія усіх цих сил.



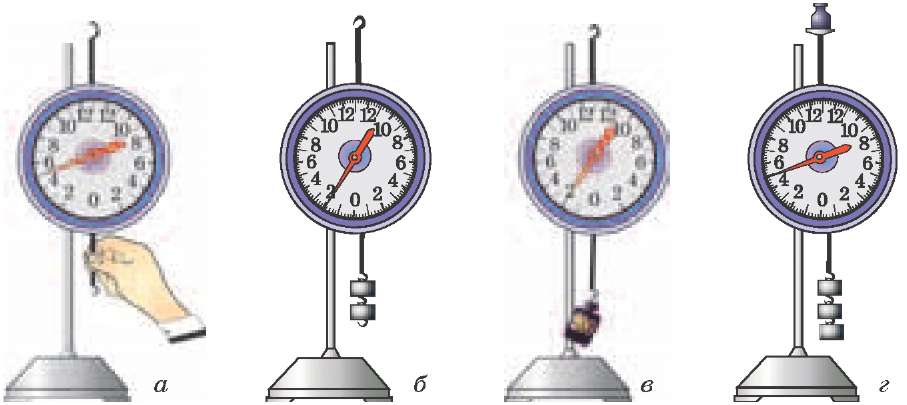
Мал. 3.43

Силу, під дією якої тіло рухається так само, як і під дією кількох одночасно діючих сил, називають рівнодійною цих сил.

Визначення рівнодійної кількох сил називають додаван­ням сил, або знаходженням їхньої суми. Сили, які замінюють їх рівнодійною, називають складовими цієї сили.

Проведемо такий дослід. Візьмемо демонстраційний динамо­метр і закріпимо його в штативі. Динамометр має шкалу з по­кажчиком і два стрижні з гачками. Потягнемо рукою донизу за нижній стрижень. Стрілка динамометра відхилиться, показую­чи значення сили, яка діє на динамометр і направлена донизу (мал. 3.44, а). Якщо натиснути на цей стрижень вгору, стрілка відхилиться в інший бік. Це вказує на те, що на динамометр діє сила направлена угору. Нижній і верхній стрижні дина­мометра з'єднані між собою, тому так само відхилятиметься стрілка й у випадку прикладання сили до верхнього стрижня.

Підвісимо до нижнього гачка тягарець масою 100 г. Згідно з показами динамометра тягарець діє на нього силою що приблизно дорівнює 1 Н і направлена униз. Прикріпимо до першого ще один такий самий тягарець. Очевидно, що він теж діятиме на гачок динамометра із силою = 1 Н. Зрозуміло, що два тягарці діють на динамометр із силою 2 Н (мал. 3.44, б). Проте таку саму силу 2 Н покаже динамометр, якщо ці два тягарці замінити однією гирею масою 200 г, яка діє із силою = 2 Н (мал. 3.44, в). Сила 2 Н чинить таку саму дію, як дві сили по 1 Н кожна, і напрямки їх збігаються.



Мал. 3.44

На верхньому стрижні динамометра закріпимо легенький столик і поставимо на нього гирю масою 200 г. До нижнього гачка причепимо три тягарці масами по 100 г кожний. У цьо­му випадку динамометр показує значення сили 5 Н. Сила 5 Н є рівнодійною (сумою) сил 2 Н і 3 Н, які діяли на динамометр в одному напрямку (мал. 3.44, г).

Рівнодійна сил, що діють в одному напрямку уздовж од­нієї прямої, дорівнює сумі цих сил і напрямок її той самий:

Ґ = р + ґ

р 1 2

Знімемо столик із верхнього стрижня і приєднаємо до ниж­нього гачка чотири тягарці. Згідно з показами динамометра сила, з якою діють тягарці, спрямована вниз і становить 4 Н. Візьмемо ще один динамометр і, зачепивши його за верхній гачок, потягнемо угору за стрижень на його корпусі. Вия­виться, що в цьому випадку покази закріпленого в штативі динамометра зменшаться. Угору прикладено силу 6 Н (верх­ній динамометр показує 6 Н (мал. 3.45, а)). Нижній ди­намометр показує 2 Н. Рівнодійна сили 4 Н, направленої униз, і сили 6 Н, направленої угору, дорівнює 2 Н і направ­лена вгору.

Отже, рівнодійна сил, що діють уздовж однієї прямої у протилежних напрямках, дорівнює їх різниці й направлена у бік більшої сили: Рр = Ґ1 — Р2.



Мал. 3.46

А що покаже нижній динамо­метр, якщо залишивши на ньому ті самі чотири тягарці, потягнути верхній динамометр угору так, щоб він показав силу 4 Н? У цьо­му випадку нижній динамометр покаже 0 (мал. 3.45, б), тобто те саме значення, що й випад­ку, коли на його стрижні не діють жодні сили. Це означає, що однакові сили, які діють на стрижні нижнього динамометра у протилежних напрямках, ком-

2 "V пенсують одна одну, їх рівнодійна

ф, -А — дорівнює 0 і стрижні залиша­

ються у спокої.

Мал. 3.45 Чи тільки стрижні динамоме­



тра залишаться у спокої, якщо рівнодійна сил, що діють на нього дорівнює 0?

Візьмемо легкий дерев'яний брусочок з гачками, прив'яже­мо до нього нитки. Перекинемо нитки через два блоки, закрі­плені на різних кінцях стола. Брусочок помістимо в кювету з водою, щоб він міг плавати. До кінців ниток прикріпимо по однаковій кількості тягарців (мал. 3.46). Зрозуміло, що у цьо­му випадку на візочок у протилежних напрямках діють дві однакові сили. їх сума дорівнює нулю. Скільки б тягарців ми не прикріплювали, якщо їх кількість з кожного боку буде одна­ковою, брусочок залишається в спокої. Коли його легенько штовхнути, він буде майже рівномірно рухатися у відповідно­му напрямку. Ви вже знаєте, якщо тіло перебуває у спокої або рівномірно й прямолінійно рухається, такий стан тіла назива­ють станом рівноваги.

Тіло перебуває в стані рівноваги, коли рівнодійна (сума) усіх сил, що діють на тіло, дорівнює 0.



4 » ►—► ► —^ < • ►

Мал. 3.47



Це інше формулювання першого закону Ньютона, який визначає умову рівноваги тіла (стану спокою або рівномірного руху). Якщо з одного боку кількість тягарців зменшити або збільшити, брусочок одразу відреагує: почне рухатися зі зрос­таючою швидкістю у напрямку більшої сили. Пригадайте: "Узяв дід ріпку за чуб, баба діда за сорочку, дочка бабу за то- рочку, собачка дочку за спідничку, киця собачку за хвостик, мишка кицю за лапку — як потягли, як потягли, так і поко­тилися." Коли мишка прийшла на допомогу, прикладена нею сила порушила рівновагу ріпки. Сила, яка утримувала ріпку в ґрунті, виявилася меншою, ніж сума сил, з якою діяли ті, що її тягли (мал. 3.47).

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Яку силу назичвають рівнодійною кількох сил, що діють на тіло?
2. Що розуміють під терміном "додавання сил"?
3. За яких умов тіло може перебувати в рівновазі?
4. На одне й те саме тіло одночасно, уздовж однієї прямої і в одно­му напрямку діють сили Р1 = 10Н і Р2 = 5 Н. Визначте модуль рівнодій- ної цих сил.
5. Яким буде значення (модуль) і напрямок рівнодійної сил F1 = = 20 Н і F2 = 8 Н, що діють на тіло одночасно і уздовж однієї прямої, коли їх напрямки протилежні?
6. Літак летить на висоті 3000 м над Землею зі сталою швидкістю

км

v = 800 . Що можна сказати про значення рівнодійної усіх сил, які

год

діють на літак у польоті?

1. У грі з перетягування каната, беруть участь чотири учні. Два з них тягнуть канат у один бік, прикладаючи сили 350 Н і 380 Н, а два інші — у другий бік, прикладаючи сили 340 Н і 410 Н. В якому напрямку руха­ється канат? Яка результуюча сила діє на нього?

§ 35. ТЕРТЯ. СИЛА ТЕРТЯ. КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Ще одна снла, яку ми з дитинства постійно використовує­мо і враховуємо, — це сила тертя. Таємницю механічного ру­ху, яку намагалися розкрити ще стародавні філософи, було з'ясовано Г. Галілеєм, І. Ньютоном й іншими вченими лише після того, як було виявлено роль тертя. Пересуваючи меблі, катаючись на велосипеді чи ковзанах, малюючи олівцем, взу­ваючи черевики, йдучи до школи, ми завжди маємо справу із проявами сил тертя. В усіх цих випадках, коли одне тіло ру­хається по поверхні іншого, виникає сила, яка намагається пе­решкодити його рухові — це і є сила тертя.

Силу, яка перешкоджає рухові одного тіла по поверхні іншого й спрямована проти напрямку руху, називають силою тертя.

Закони тертя. Дерев'яний брусочок з гачком покладемо на поверхню стола. Зачепивши гачок на бруску за гачок динам­ометра, потягнемо його так, щоб прикладена до бруска сила діяла паралельно поверхні стола (мал. 3.48). Помічаємо, що покази динамометра збільшуються, а брусочок залишається на місці. Це означає, що крім сили яка діє на брусок із боку динамометра, на нього діє й інша сила яка урівноважує дію динамометра. Це і є сила тертя ^тер. Очевидно, що ця сила діє на брусок з боку стола і прикладена вона до поверхні бруска, яка контактує із столом. Оскільки брусок при цьому залиша­ється у спокої, цю силу називають силою тертя спокою.



Мал. 3.48

Збільшуючи силу, яка діє на брусок, помічаємо, що брусок продовжує залишатися в спокої доти, поки прикладена до нього сила ^ не досягне певного значення. Із збільшенням сили ^ збільшується і сила тертя спокою, залишаючись увесь час такою, що дорівнює прикладеній силі. Як тільки прикладена сила стає більшою за деяку максимальну силу тертя спокою, брусок почи­нає рухатися (змінює свою швидкість). Отже, сила тертя спокою може досягати лише певного максимального значення.

Зачепивши динамометр за інший гачок на бруску і, потяг­нувши його у протилежному напрямку, можна помітити, що брусок починає рухатися тоді, коли до нього прикладено таку саму силу.

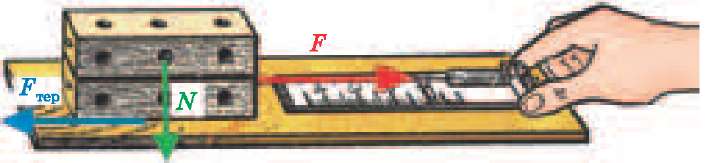
Сила тертя спокою дорівнює за значенням тій зов­нішній силі, яка намагається викликати ковзання одно­го тіла по поверхні іншого, але направлена протилежно до неї.

Коли сила тертя спокою досягає максимального значення, подальше збільшення сили, з якою діють на брусок, призво­дить до порушення рівноваги й тіло починає ковзати по по­верхні стола.

Силу тертя, яка виникає під час ковзання одного тіла по поверхні іншого й направлена проти напрямку швидкості, називають силою тертя ковзання.

Коли брусок набув швидкості, сила, з якою його тягнуть рівномірно, лише компенсує силу тертя ковзання. Тому ди­намометр показує дещо меншу силу, ніж у момент, коли бру­сок рушає з місця. Сила тертя ковзання дорівнює максималь­ній силі тертя спокою.

Від чого залежить сила тертя ковзання? Навантажимо бру­сок так, щоб його вага зросла удвічі (покладемо на нього ще



Мал. 3.49

один такий самий брусок (мал. 3.49)). Це означатиме, що він з удвічі більшою силою притискається до поверхні. Виявляєть­ся, щоб так само рівномірно рухати брусок, необхідно прикла­дати удвічі більшу силу. Продовжуючи навантажувати брусок, з'ясуємо, що чим із більшою силою брусок притискається до поверхні, тим більшою стає сила тертя ковзання: Р = цЫ. Тут N — це сила, з якою тіло притискається до поверхні, напра­влена перпендикулярно до поверхонь, що дотикаються (якщо поверхня горизонтальна, значення цієї сили дорівнює вазі тіла N = Р = т£)\ ц — коефіцієнт пропорційності між силою тертя і силою, з якою тіло притискається до поверхні, по якій воно ковзає. Його називають коефіцієнтом тертя ковзання.

Змінимо поверхню, по якій рухається брусок (поклавши на стіл спочатку скло, а потім гумовий килимок). Виявляється, що за тих самих навантажень бруска сила тертя його ковзан­ня по склу менша, а по гумовій поверхні значно більша за си­лу тертя по поверхні стола. Під час руху по різних поверхнях сила тертя тим більша, чим більше навантажено брусок, про­те коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт тертя ковзання) у кожному з цих випадків різний. Він залежить від типу повер­хонь, які дотикаються. Коефіцієнт тертя ковзання можна знайти, поділивши значення сили тертя на значення сили, з якою брусок притискається до поверхні, по якій він ковзає: Р

ц = . Коефіцієнт тертя ковзання показує, у скільки разів

N

значення сили тертя менше чи більше ніж значення сили, що притискає тіло до поверхні, по якій воно ковзає.

Як правило, коефіцієнт тертя ковзання менший за оди­ницю, тобто сила тертя найчастіше менша за силу, з якою тіло притискають до поверхні. Нижче наведено приблизні зна­чення коефіцієнтів тертя залежно від типу поверхонь, які до­тикаються під час ковзання одного тіла по поверхні іншого:

Метал по металу (крім пари сталь/сталь) 0,15—0,20

Дерево по металу 0,20—0,50

Дерево по льоду 0,035

Сталь, яка заточена, по льоду (ковзани) 0,015

Лід по льоду 0,028

Гума по пластику 0,2

Шина по сухому асфальту 0,50—0,75

Шина по льоду 0,15—0,25

Точильний камінь по сталі 0,94

Поклавши брусок на іншу грань, площа якої менша, і ви­мірявши сили тертя ковзання за тих самих навантажень бру­ска, з'ясуємо: сили тертя за однакових навантажень не зал­ежить від площ поверхонь, що дотикаються.

Результати проведених дослідів свідчать наступне:

1. Сила тертя ковзання прямо пропорційна силі, з якою тіло притискається до поверхні, по якій ковзає.
2. Сила тертя ковзання не залежить від площ повер­хонь, що дотикаються.
3. Коефіцієнт тертя ковзання залежить від власти­востей поверхонь (якості їх обробки, матеріалу).

Слід зауважити, що сила тертя діє не тільки на брусок. Та­ка сама за природою сила тертя, але направлена у протилеж­ний бік, діє на поверхню, по який рухається тіло.

Дослідження тертя, які тривали понад 300 років, підтвер­дили справедливість цих трьох законів тертя ковзання, від­критих у XVII—XVIII ст. французькими вченими Гійомом Амонтоном та Шарлем Кулоном. Важливою особливістю сил тертя, яка відрізняє їх від гравітаційних сил та сил пружнос­ті, є те, що вони залежать від відносної швидкості руху тіл. Із збільшенням швидкості вони, як правило, зменшуються. Окрім того, діючи на поверхні обох тіл, які дотикаються, вони завжди направлені протилежно до напрямку відносних швид­костей цих тіл.

Чому виникає сила тертя? Ви мабуть помічали, що сила, яку потрібно прикладати, щоб пересувати один предмет по по­верхні іншого, а відтак, і коефіцієнти тертя ковзання залежать від стану цих поверхонь. По гладенькому склу переміщувати дерев'яний брусок значно легше, ніж по шорсткій поверхні.

Однією з причин виникнення сил тертя є те, що навіть коли сила, що притискає поверхні, які труться, одна до одної,велика, вони дотикаються не по всій поверхні. Навіть за найкращої обробки залишаються незначні нерівності. Нерів­ності однієї поверхні зачіплюються за нерівності іншої. У виступах виникають сили пружності, які перешкоджають руху одного тіла по поверхні іншого (мал. 3.50). Під час ковзання виступи зачіплю­ються, обламуються. У місцях контакту молекули починають рухатися швидше. Усе це призводить до стирання й нагрі­вання поверхонь, які труться.

Іншою причиною виникнення сил тертя є взаємодія моле­кул тіл, що дотикаються. Якщо поверхні тіл добре відполіро­вані, то відстані між молекулами стають настільки малі, що починають виявлятися сили взаємодії між ними.

Шкідливість і корисність сил тертя. Сили тертя призводять до стирання поверхонь, які взаємодіють. Зношуються одяг і взуття, з'являються проміжки між деталями машин і механіз­мів. Тертя перешкоджає рухові тіл. Тому в техніці й побуті застосовують різні способи зменшення сил тертя. Поверхні нама­гаються зробити гладенькими, при виготовленні деталей, які труться, підбирають такі пари матеріалів, коефіцієнт тертя яких найменший. Так, у багатьох випадках для зменшення тертя валів, які обертаються, використовують підшипники ковзання. Частину такого підшипника, що безпосередньо контактує з валом (її називають вкладишем), виготовляють з матеріалів, для яких коефіцієнт тертя між ними і валом малий, наприклад з бронзи. У проміжках між валом і вкладишем вводять мастило.



Мал. 3.50



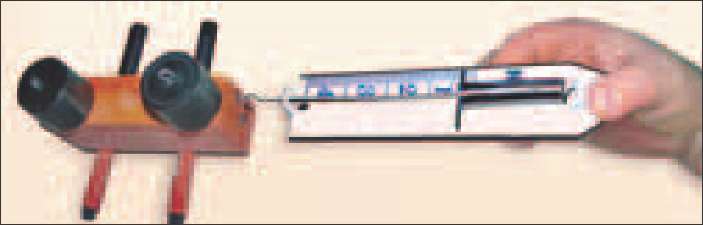
Сили тертя виникають і під час руху тіл у рідинах та газах. їх називають силами в'язкого тертя. Коли тіло пла­ває в рідині, його можна зрушити з міс­ця, приклавши навіть дуже малу силу. У рідинах і газах відсутнє тертя спокою. Шари рідини досить легко переміщують­ся один відносно одного. Тому для змен­шення тертя ковзання поверхні тіл зма­щують. Мастило заповнює нерівності поверхонь, що труться, утворюючи тонкий Мал. 3.51



проміжний шар (мал. 3.51). За наявності шару мастила по­верхні деталей майже перестають безпосередньо контактувати між собою. Тертя ковзання змінюється на в'язке тертя, яке значно менше, ніж сухе тертя ковзання.

У багатьох випадках тертя корисне і його намагаються збільшити. Узимку під час ожеледиці, коли тертя між підош­вами черевиків і дорожнім покриттям зменшується, для запо­бігання падінню пішоходів тротуари посипають піском. На слизькій дорозі автомобіль стає некерованим, щоб збільшити тертя між колесами автомобілів і дорогою, використовують зи­мові шини зі спеціальним протектором, обв'язують їх ланцю­гами. Тертя необхідне, щоб вантажі трималися на стрічці транспортера (мал. 3.52), якір утримував судно. За відсутності тертя одяг розсипався б на окремі нитки. Щоб локомотив міг рухати потяг, між його колесами і рейками мають виникати значні сили тертя, а між колесами вагонів і рейками тертя по­винно бути якомога меншим.

Тертя кочення. З давніх-давен люди помічали, що котити тіло округлої форми значно легше, ніж тягнути. Результатом цього відкриття стало винайдення колеса. Якщо дерев'яний брусок, з яким ми проводили досліди, покласти на круглі олів­ці, то для його переміщення по поверхні стола потрібно при­кладати зовсім незначну силу (мал. 3.53).



Мал. 3.53

Силу, що протидіє коченню одного тіла по поверхні іншого, називають силою тертя кочення.

Сила тертя кочення значно менша, ніж сила тертя ковзан­ня. Тому, за можливості, тертя ковзання намагаються змінити на тертя кочення. Для зменшення тертя валів, які оберта­ються, тертя між колесами та їх осями, а також для збіль­шення їх довговічності широко використовують кулькові та



Мал. 3.54



роликові підшипники (мал. 3.54). Внутрішнє кільце підшипника виго­товляють із міцної сталі й насаджу­ють на вал. Зовнішнє кільце закріплю­ють у корпусі машини чи механізму. Під час обертання вала внутрішнє кільце котиться на кульках або роли­ках, які розміщені між зовнішнім і внутрішнім кільцями. Підшипники кочення зменшують силу тертя до 30 разів. Кулькові та роликові підшипники використовують у найрізноманітніших машинах: автомобілях, електродвигунах, велосипедах, різноманітних верстатах, електроінструментах тощо.

Намагання збільшити швидкість руху транспортних машин за рахунок зменшення тертя сприяли винай­денню апаратів із повітряним змащенням — апаратів на повітряній подушці. Костянтин Ціолковський у 1927 р. у своїй праці "Опір повітря і швидкий потяг" описав проект потягу на повітряній подушці. На сьогодні існує багато транспортних засобів, які рухаються над поверхнею завдяки такій подушці. Повітряна подушка утворюється між їх дном і поверхнею землі, води чи шляхопроводу унаслідок дії спе­ціальних вентиляторів, які нагнітають повітря під днище транспортного засобу. Він піднімається над поверхнею води чи дороги і, не маючи безпосереднього контакту з ними, може роз­вивати велику швидкість. На мал. 3.55 зображено корабель на повітряній подушці. Він здатний розвинути швидкість до

60 вузлів (понад 100 км/год). Цей корабель може рухатися над водою і над суходолом. Потяги на повітряних і магнітних подуш­ках піднімаються над полотном монорейкової дороги лише на кілька сантиметрів, проте унаслідок повітряного змащення мо­жуть розвивати швидкість до 500 км/год (мал. 3.56)



Завдання. Визначити коефіцієнт тертя ковзання дерева по де­реву.

Обладнання: трибометр [[9]](#footnote-9) (гладенька дощечка або дерев'яна лі­нійка); дерев'яний брусок; набір тягарців; динамометр (мал. 3.57).



Мал. 3.57

Підготовка до проведення експерименту Підготуйте таблицю для занесення результатів дослідів:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Вага бруска  Рі, н | Вага наванта­ження (тягар­ців) Р2, Н | Притискальна сила  (спільна вага тя­гарців і бруска) Р, Н | Сила тертя  Ргер, Н | Коефі­цієнт тертя ц |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

1. Виміряйте вагу бруска та тягарців.
2. Виміряйте силу тертя ковзання бруска по горизонтальній дошці трибометра без навантаження.
3. Послідовно навантажуючи брусок спочатку одним, потім двома і трьома тягарцями, виміряйте сили тертя для кожного ви­падку.
4. Для кожного окремого досліду порівняйте силу тертя з ва­гою тіла. Зробіть висновок щодо залежності сили тертя від ваги тіла (притискальної сили).
5. За результатами дослідів визначте значення коефіцієнтів тертя в кожному випадку.
6. Чи можна середнє значення одержаних за результатами дослідів коефіцієнтів тертя вважати найбільш близьким до дій­сного значення коефіцієнта тертя ковзання для даних поверхонь тіл? Якщо ні, то яке з одержаних значень коефіцієнта тертя мож­на вважати найточнішим?
7. Зробіть відповідні висновки.



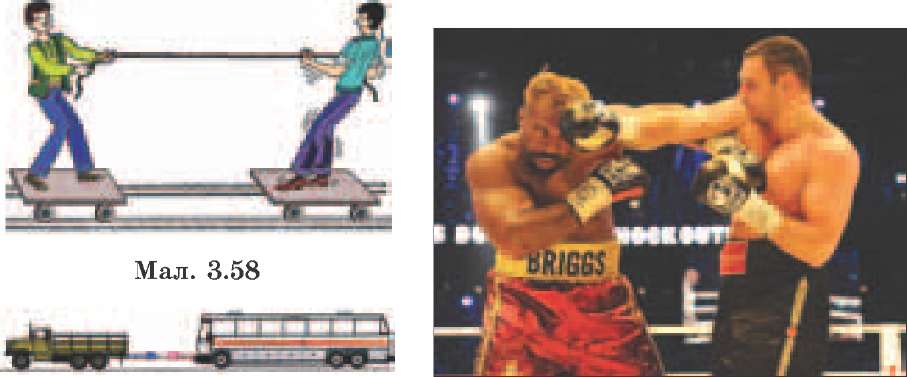
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. Які сили називають силами тертя спокою, ковзання?
  2. Які причини виникнення тертя?
  3. Як можна збільшити, зменшити сили тертя?
  4. Від чого і як залежить сила тертя ковзання?
  5. Як можна визначити силу тертя ковзання?
  6. Від чого залежить значення коефіцієнта тертя ковзання?
  7. Як показати, що сила тертя ковзання залежить від притискальної сили?
  8. Поясніть, чому для зменшення тертя ковзання деталі змащують?
  9. Як довести, що сила тертя кочення набагато менша за силу тертя ковзання?
  10. Навіщо перед тим, як вкрутити шуруп у тверду деревину, його змащують милом?
  11. Хлопчик масою 40 кг катається на ковзанах. Визначте, яка сила тертя виникає між ковзанами і льодом.
  12. Тіло масою 1 кг знаходиться на горизонтальній площині, його коефіцієнт тертя ковзання по даній площині дорівнює 0,3. На тіло діє горизонтальна сила 2 Н. Чому дорівнює сила тертя? Чому дорівнювати­ме сила тертя, якщо прикладена горизонтальна сила становитиме 4 Н? Вважати, що д = 10 м/с2.
  13. Дерев'яний брусок масою 2 кг тягнуть рівномірно по горизон­тальній площині за допомогою пружини. Жорсткість пружини 100 Н/м. Коефіцієнт тертя ковзання бруска по поверхні — 0,3. На скільки видовжується пружина?

§ 36. ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ

Розглядаючи взаємодію тіл, ми неодноразово звертали ува­гу на те, що тіла, діючи одне на одне, змінюють свою швид­кість та деформуються. При цьому вони можуть набувати різ­них швидкостей і їх деформації теж можуть бути різними. Чи означає це, що під час взаємодії значення сил, з якими кожне з тіл діє на інше, можуть розрізнятися. Щоб перевірити це, виконайте дослід. Візьміть в обидві руки по однаковому демон­страційному динамометру, зачепіть їх гачки один за одного і починайте розтягувати. Спробуйте потягнути один із динамо­метрів з більшою силою. Виявиться, що покази обох динамо­метрів завжди однакові: стрілки динамометрів відхиляти­муться на однакову кількість поділок, але у протилежних на­прямках. Ще переконливішим буде результат досліду, якщо ви з товаришем станете на ролики й спробуєте кожний своїм динамометром притягти іншого до себе. Динамометри пока­жуть однакові значення сил, прикладених кожним із вас. Крім того, один з вас може тільки тримати свій динамометр, однак сили, з якими ви дієте один на одного, будуть рівні за числовим значенням і протилежні за напрямком (мал. 3.58).

Закон, який описує особливість взаємодії тіл, відомий як третій основний закон механіки, або третій закон Ньютона.



Мал. 3.59 Мал. 3.60

Сили, з якими взаємодіють два тіла, рівні за значенням, протилежні за напрямком і діють уздовж однієї прямої.

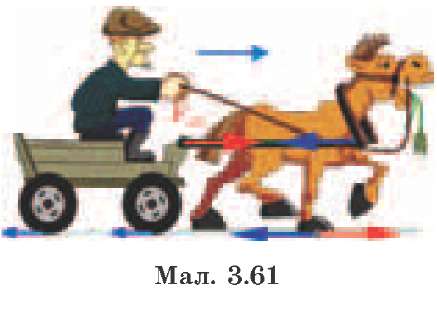
У всіх випадках взаємодії (буксир тягне баржу, один авто­мобіль буксирує інший (мал. 3.59), людина тягне човна чи пе­ресуває меблі в кімнаті) тіла взаємодіють із силами, рівними за числовим значенням і протилежними за напрямком. Футбо­ліст, б'ючи по м'ячу, боксер, наносячи удар по боксерській

груші чи супротивнику (мал. 3.60), зазнають у відповідь дії та­\*

кої самої сили .

У § 35 ми з'ясували умову рівноваги тіла: якщо на тіло уз­довж однієї прямої діють дві сили, рівні за значенням і проти­лежні за напрямком, то тіло перебуває в рівновазі, тобто пово­дить себе так, ніби ніякі сили на нього не діють. Чому тоді по­чинає рухатися віз, коли його тягне кінь, автомобіль, що його тягне за собою на буксирі інший автомобіль, м'яч, по якому вдарив футболіст?

Розглядаючи взаємодію тіл, слід ураховувати дуже ва­жливу особливість сил, які виникають під час взаємодії. Згі­дно з третім законом Ньюто­на, сила, з якою кінь діє на віз (буксир на баржу, футбо­ліст на м'яч), дорівнює за значенням і протилежна за напрямком силі, з якою віз діє на коня (мал. 3.61) (бар­жа на буксир, м'яч на футбо­ліста). Проте не можна забу­вати, що результат дії сили залежить і від точки її прикладання. Коли м'яч спокійно лежить на траві, на нього діє сила тяжіння і сила, яка до­рівнює їй за числовим значенням, але протилежно на­правлена, від поверхні газону. Силу, з якою футболіст б'є по м'ячу, прикладено до м'яча, а силу, з якою м'яч діє на фут­боліста, прикладено до ноги футболіста. Тобто під час взає­модії сили прикладаються до різних тіл. Тому вони не компенсують одна одну. М'яч збільшує свою швидкість унаслідок дії ноги, а нога зменшує швидкість унаслідок дії на неї м'яча. Випадок з конем і буксиром дещо складніший. Кінь, щоб тягнути віз, повинен штовхати Землю, яка у свою чергу з такою ж силою штовхає коня (його ноги). Сила, з якою кінь діє на Землю і, відповідно, Земля діє на коня, мо­же бути (якщо вантаж на возі не занадто великий) достат­ньою, щоб зрушити воза. Тому, хоч кінь і віз діють один на одного з однаковими за значенням і протилежними за на­прямком силами, але не слід забувати про взаємодію коня й Землі. Саме сила, з якою Земля діє на коня, визначає його силу тяги.



Дією третього закону Ньютона можна пояснити, чому під час взаємодії тіла набувають різних швидкостей, і визначити ці швидкості. Під час взаємодії зміна швидкості тіл обернена до їх мас. Сили під час взаємодії однакові за значенням, отже, зміна швидкості тіла за час взаємодії буде тим більшою, чим менша його маса. Особливістю взаємодії тіл є і те, що сили, з якими тіла діють одне на одне, мають однакову природу.





Мал. 3.62

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

ці залишиться лише заглибина (мал. 3.63). Сила, прикладена до гвіздка, одна й та сама, а результат різний.

Проведемо простий дослід. Заб'ємо у кути дощечки чотири цвяхи так, щоб вони виступали однаково з обох боків. Якщо покласти цю дощечку голівками цвяхів на пісок і поставити на неї гирю, то голівки цвяхів лише трохи зануряться в ньо­го. Коли ж дощечку перевернути, то навіть без навантаження гострі кінці цвяхів заглиблюються в пісок. А якщо поставити на неї ще й гирю, то цвяхи зануряться по саму дощечку (мал. 3.64).

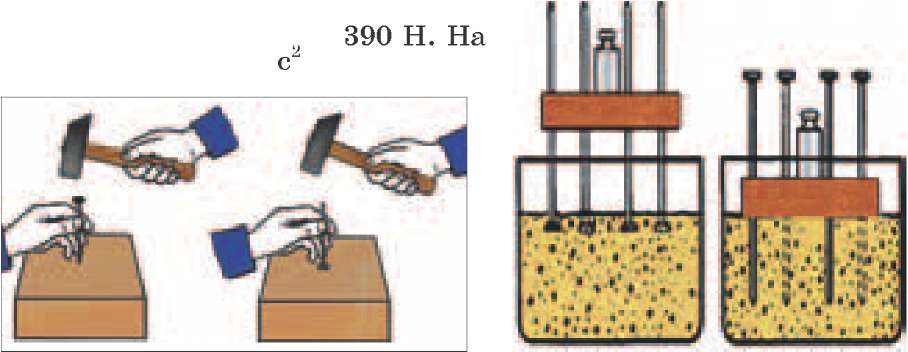
Отже, результат дії сили залежить не лише від її значення, а й від площі поверхні, на яку вона діє. Порівняти дію сил на різні за площею поверхні можна, якщо визначити силу, яка діє на кожну одиницю площі цих поверхонь. Наприклад, у гу­сеничного трактора площа дотику гусениць із землею стано­вить 1,5 м2, а його маса — 5,5 т. Площа обох підошов хлопчика масою 40 кг дорівнює приблизно 200 см2 = 0,02 м2. Вважа­тимемо, що вага трактора і хлопчика рівномірно розподіляєть­ся по площі їх дотику із землею. Визначимо, з якою силою діятимуть на одиницю площі поверхні Землі, наприклад 1 см2, трактор і хлопчик. Для цього знайдемо вагу кожного з них і поділимо відповідно на площу гусениць і підошов.

м

Визначимо вагу трактора: ртр = т^ = 5 500 кг • 9 , 8 — ~

« 55 000 Н. Тоді на кожен квадратний сантиметр поверхні Землі

55 000 Н „ \_ Н гусениці трактора тиснутимуть із силою , = 3 , 7 -



15 000 см2

см

Визначимо вагу хлопчика: Рхл = м

= т g = 40 кг • 9 , 8

Мал. 3.63

Мал. 3.64

кожен квадратннн сантиметр площі поверхні він діє із силою

390 Н Н ъ = 1,95 . Йдучи, хлопчик піднімає одну ногу, пло-

200 см2 см2

ща його опори зменшується удвічі й на кожен квадратний сан­тиметр поверхні він діє із силою навіть більшою, ніж трактор: 3,9 Н.

Сила, з якою діє колесо легкового автомобіля на кожен ква­дратний сантиметр покриття дороги, досягає 20 Н. Тому він і не може проїхати там, де гусеничний трактор досить легко до­лає бездоріжжя.

Щоб характеризувати дію сил на поверхні різної площі, у фізиці використовують фізичну величину, яку називають тиск. Тиск показує, яка сила за тих чи інших умов діє на кожну одиницю площі поверхні перпендикулярно до неї.

Тиском називають фізичну величину, яка дорівнює відношенню сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні.

Силу, яка діє на поверхню тіла перпендикулярно до не'і, спричиняючи певний тиск, ча­сто називають силою тиску.

Якщо відомий тиск і площа по­верхні, на яку діє цей тиск, можна визначити силу тиску, яка діє на цю поверхню. Для цього тиск (силу, що діє на одиницю площі поверхні) необхідно помножити на площу: Р = рБ.

Збільшення і зменшення тиску.

Результат дії сили визначається не лише її значенням, напрямком дії, точкою прикладання, а й площею поверхні, на яку діє ця сила. Щоб збільшити тиск, можна збільшити силу, яка діє на поверхню, або зменшити площу цієї поверхні. Щоб зменшити тиск, можна зменшити силу або збільшити площу, на яку вона діє.

Ці способи збільшення і зменшення тиску широко викори­стовують у природі, повсякденному житті, техніці. Комар (мал. 3.65) легко проколює шкіру людей і тварин. Жало кома­ра подібне до голки медичного шприца. Його діаметр стано­вить усього 0,01 мм. Тому тиск, який чинить жало, перевищує тиск, який чинить навантажений залізничний вагон на рейки. Аналогічно діють шипи й голки різних рослин і тварин, які вони використовують як засоби захисту.

Лось може легко пересуватися по болотистій місцевості там, де не може пройти ні людина, ні кінь. Це відбувається за рахунок великої площі його копита. Незважаючи на те, що маса лося може перевищувати 500 кг, на кожен квадрат­ний сантиметр широкого копита лося припадає лише 400 г його маси. Визначте, який тиск у паскалях чинить лось на поверхню.



Блез Паскаль

У побуті й техніці теж використовують різні методи збіль­шення і зменшення тиску. Леза різального інструмента ста­ранно загострюють. Це дає змогу досягти кращого ефекту під час обробки різних матеріалів. Проте будинки та інші споруди для зменшення їх тиску на поверхню Землі зводять на широ-



Мал. 3.65 Мал. 3.66

ких фундаментах. Щоб зменшити дію важких сільськогоспо­дарських машин на ґрунт, використовують спеціальні широкі шини, спарені колеса (мал. 3.66), гусениці, а залізничні рей­ки монтують на шпалах.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

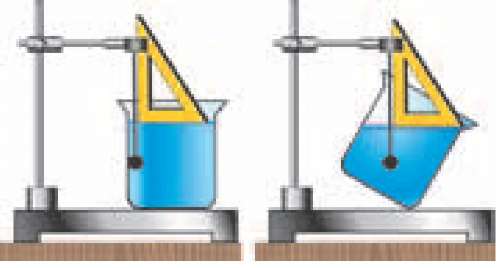
§ 38. ТИСК РІДИН

Досі ми розглядали взаємодію твердих тіл. Проте тверді тіла дуже часто взаємодіють також із рідинами і газами. На від­міну від твердих тіл рідини і гази не мають власної форми. Рі­дина, налита у склянку, набуває її форми, взаємодіє з її дном та стінками, діючи на них по всій поверхні дотику. У цьому можна легко переконатися, наливши рідину у поліетиленовий пакет або пластикову пляшку. Натиснувши пальцем на стінки чи дно пакета, ви відразу відчуєте силу її тиску. Греблі гідро­станцій, дамби, стінки труб водогонів, корпуси кораблів і під­водних човнів зазнають тиску рідин. Тиски, створювані ріди­нами, можуть бути дуже великі. На глибині 100 м на поверхню корпуса підводного човна діє тиск більш як 1 000 000 Па. Це рівносильно тому, що на кожен 1 м2 поверхні поклали вантаж масою 100 т. Тому необхідно вміти визначати й вимірювати тиск рідин.

Проведемо простий експеримент. Наллємо у гумову пові­тряну кульку воду. Кулька збільшиться в об'ємі — видовжить­ся й розшириться. Це означає, що з боку рідини не лише на її дно, а й на бічну поверхню діє сила тиску. Дію сили тиску на дно будь-якої посудини пояснити просто. На кожну частку рідини, що перебуває в полі тяжіння Землі, діє сила тяжіння. Під дією цієї сили кожний шар рідини тисне на розташовані під ним шари. Відповідно, на дно посудини діє вага усього стовпа, налитої в неї рідини.

Тиск рідин, обумовлений їх вагою, називають гідроста­тичним тиском.

Розглянемо найпростіший випадок. Рідина знаходиться в прямокутній посудині з плоским дном, що стоїть на горизон­тальній поверхні (мал. 3.67). Унаслідок текучості рідини її по­верхня завжди горизонтальна (мал. 3.68). Тому відстань від по­верхні рідини до дна Н (глибина) скрізь однакова. Рідина своєю вагою діє на опору — дно посудини, в яку її налито, а отже, чи­нить певний тиск. Сила, з якою рідина тисне на дно посудини, дорівнює її вазі: ^ = Р = mg, де т — маса рідини. За відомими густиною рідини р та її об'ємом V можна легко визначити її масу: т = рV. Щоб знайти об'єм рідини в посудині, слід

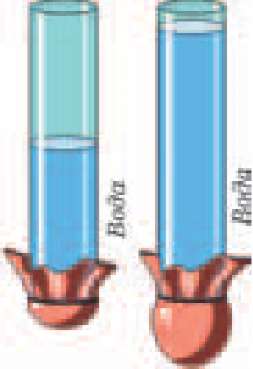


Мал. 3.68

висоту Н стовпчика рідини в посудині помножити на площу дна посудини 5 : V = НБ, тоді Г = Р = mg = рУ^1 = pgНS.

Тепер легко одержати формулу для визначення тиску, який чинить рідина на дно посудини. Для цього силу, з якою рідина діє на дно (її вагу), необхідно поділити на площу дна:

= pgh,



рgНS

р = 5 =

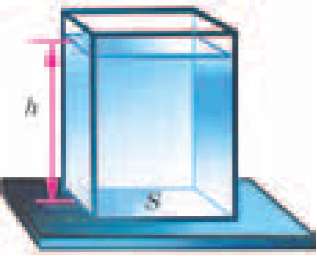
або

р = pgh.

Яких висновків можна дійти щодо вагового тиску рідини на дно посудини? З одержаної формули випливає, що тиск на дно посудини залежить від висоти стовпчика налитої ріди­ни та її густини.

Перевіримо це на досліді. Візьмемо скляну трубку; один з її отворів затягнемо гумовою плівкою. Наливатимемо в неї во­ду (мал. 3.69). Чим вищий рівень рідини у трубці, тим більше прогинається гумова плівка.

Якщо в одну трубку із затягнутим плів­кою дном налити воду, а в другу таку саму трубку налити до такого самого рівня роз­чин солі, густина якого більша за густину води, тиск на дно трубки із розчином вия­виться більшим (мал. 3.70).

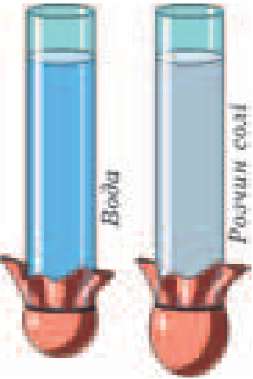


Мал. 3.67

Зверніть увагу й на те, що у формулу не входить маса рідини. Отже, тиск рідини на дно посудини не залежить від маси рі- Мал. 3.69 дини, налитої в посудину, її форми та

об'єму. Цей висновок відомий під назвою "гідростатичний парадокс". Для його пе­ревірки використовують посудини, в яких однакова площа нижнього отвору, але різ­ні форма й об'єм. їх по черзі встановлю­ють у спеціальний прилад так, що дном цих посудин слугує одна й та сама гумова плівка. Коли в посудину наливають ріди­ну, гумова плівка під дією ваги рідини прогинається й тисне на важіль, який за­кінчується стрілкою. Якщо у ці посудини наливати воду до однакового рівня, то стрілка встановлюється на одній і тій са­мій позначці, хоч об'єми (а отже, і вага) налитої в них води різні (мал. 3.71).

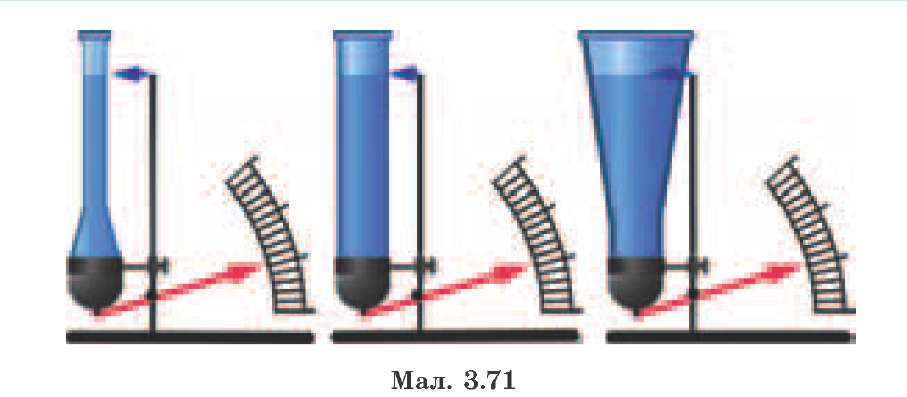
Легко переконатися, що рідина тисне не лише на дно, а й на стінки посудини, і цей тиск зростає з глибиною. Для цього на різній висоті у циліндричній посудині можна зробити неве­ликі отвори й налити в неї воду. Вода струменями почне виті­кати з цих отворів. Чим ближче отвір до дна посудини, тим більшою буде довжина струменя (мал. 3.72).



Мал. 3.70

Сили тиску з боку рідини діють на будь-яку поверхню твер­дого тіла, що межує із нею: дно, стінки посудини, в якій пе­ребуває рідина, поверхні занурених у них тіл. Цим силам при­таманна низка особливостей.

1. За своєю природою сили тиску рідин — це сили пружності.



Унаслідок дії силн тяжіння мо­лекули верхніх шарів тиснуть на нижчі, намагаючись зміститися у напрямку дії цієї сили. Проте від­стані між молекулами рідин порів­нянні з розмірами молекул, і сили взаємодії між ними значні. Неве­лике зменшення відстані між мо­лекулами рідини зумовлює стрім­ке збільшення сил відштовхуван­ня. Рідини майже нестисливі. На дно і стінки посудини діє результуюча сила взаємодії усіх молекул рідини, зумовлена силою тяжіння, яка діє на кож­ну молекулу.

1. Сили тиску з боку рідини завжди перпендикулярні до поверхні, на яку діють.

Подивіться на мал. 3.72. Струмені води, що б'ють з отво­рів, біля стінки посудини перпендикулярні до неї.

1. Сили тиску розподілені по всій поверхні зіткнення твердого тіла з рідиною, тому вони залежать від розмі­рів цієї поверхні.



Щоб знайти силу, з якою рідина тисне на дно посудини, не­обхідно тиск, що чинить рідина на дно, помножити на площу дна посудини: ^ = рБ = pghS.

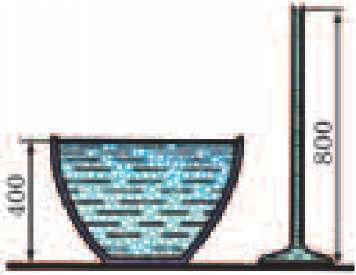
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

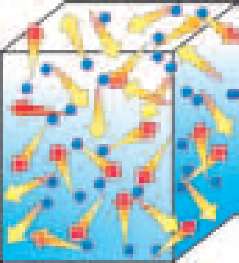
* 1. Чому тверде тіло зберігає свою форму, а рідина набуває форми посудини, в яку її налито?
  2. Від чого і як залежить тиск рідини на дно посудини?
  3. Запишіть формулу для визначення тиску рідини на певній глибині.
  4. Чи правильне твердження: сила, з якою рідина тисне на дно посудини, може бути більшою від ваги рідини і меншою за неї?



Мал. 3.72

* 1. Воду налили в склянку так, що відстань від дна склянки до поверхні води становить 8 см. Який тиск чинить вода на дно склянки?





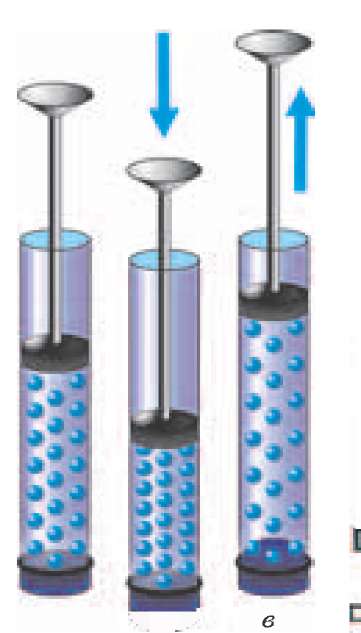
Мал. 3.74

ша швидкість руху молекул газу, тим з більшою силою кожна з них діє на стінки посудини в момент зіткнення, а також частішими стають їх зіткнення зі стінками. Щоб переконатися в залежності тиску газу від його температури, виконайте про­стий дослід. Наступіть на порожню пластикову пляшку з-під мінеральної води так, щоб вона сплюснулася, і закрутіть її гор­личко кришечкою. Помістіть деформовану пляшку під стру­мінь гарячої води або занурте в гарячу воду. Пляшка відно­вить свою форму. Облийте її холодною водою — вона знову де­формується.

2. Тиск газу залежить від об'єму посудини, в якій знаходиться.

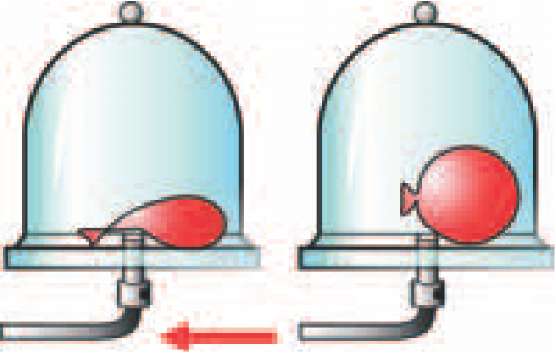
Коли ми стискаємо надуту гумову кульку чи натискаємо на ручку велосипедного насоса, закривши його вихідний отвір, то відчуваємо збільшення протидійної сили. У закритій посудині кількість молекул газу не змінюється. Зменшення об'єму по­судини призводить до того, що збільшується кількість моле­кул у кожній одиниці об'єму [[10]](#footnote-10). Тому кількість ударів молекул об стінки за одиницю часу зростає. Чим до меншого об'єму стиснуто газ, тим більший його тиск. Чим більший об'єм однієї й тієї самої маси газу, тим менший тиск він створює на стінки посудини.

Виконаємо експеримент. З одного боку скляної трубки до середини введемо поршень (мал. 3.75, а). Інший вільний кінець закриємо гумовою плівкою. У трубці знаходиться повітря. Поки трубка була відкритою, кількість молекул у кожному кубічному сантиметрі повітря в трубці і ззовні була однако­вою. Нічого не зміниться й після закріплення на ній гумо­вої плівки. Тиск повітря всередині трубки і тиск, що чинить на плівку повітря ззовні, однакові. Тому рівнодійна сил тиску зовнішнього повітря і повітря в трубці дорівнює 0, і плівка пе­ребуває у спокої. Якщо натиснути на поршень, то об'єм змен­шиться, а число молекул у кожному кубічному сантиметрі по­



а і^Т б

Мал. 3.75



Мал. 3.76

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Як пояснити тиск газу на підставі вчення про рух молекул?
2. Від чого і як залежить тиск газів?
3. Як залежить тиск газу від його густини?
4. Чому тиск газу залежить від температури?
5. Чому в багатьох випадках, визначаючи тиск газу в посудині, не враховують тиск, створюваний вагою цього газу?

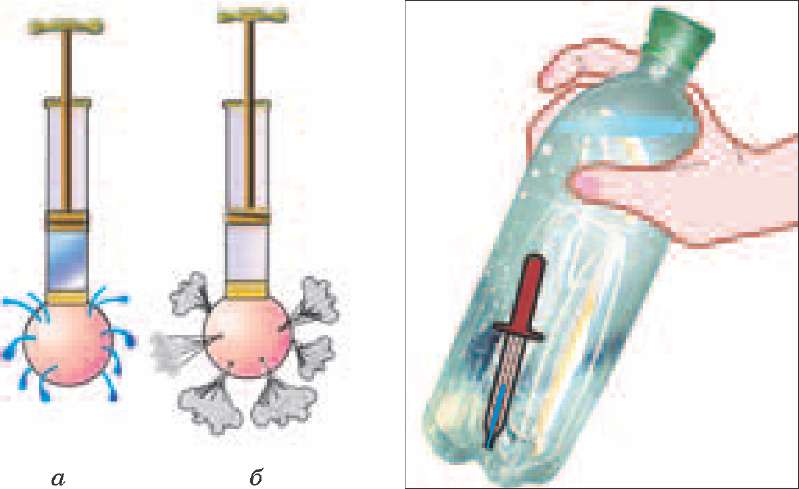
§ 40. ЗАКОН ПАСКАЛЯ

Якщо у пластиковій пляшці у різних місцях проколоти кілька отворів, налити води, закрутити пробку й натиснути на стінки, то в усі боки з отворів почнуть вириватися струмені. Ці струмені біля отворів завжди перпендикулярні до поверхні, незалежно в якому місці й в якому напрямку ви натиснете на пляшку. Очевидно, що той додатковий тиск, який ми створю­ємо на рідину, в закритій посудині передається нею в усіх на­прямках. Так само передають тиск і гази. Для спостереження передачі тиску рідинами й газами можна скористатися прила­дом, який винайшов Б. Паскаль, — кулею Паскаля. Куля Пас­каля — це трубка з поршнем, на вільному кінці якої закріпле­но кулю з маленькими отворами. Якщо вийняти поршень і на­лити в прилад воду, а потім вставити поршень і натиснути на його ручку, то з отворів у кулі в різні боки вирвуться струме­ні води (мал. 3.77, а).

Замість рідини кулю Паскаля можна заповнити димом. То­ді з отворів вириватимуться струмені задимленого повітря (мал. 3.77, б).



Досить просто переконатися, що діючий на рідину або газ зовнішній тиск передається не лише на стінки посудини, а й у кожну точку рідини або газу. Наберіть у піпетку підфарбо­вану воду так, щоб вона заповнила частину її скляної трубки. Помістіть піпетку у прозору пластикову пляшку, заповнену водою, і закрутіть кришечкою (мал. 3.78). Повертаючи пляш­ку, її можна легко перемістити у будь-яку точку рідини. На-



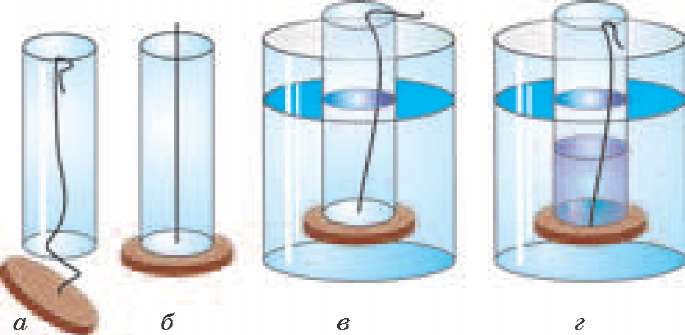
Мал. 3.77 Мал. 3.78

тиснувши на стінки пляшки, ви помітите, що рівень води у піпетці змінюється. Тиск, створений рукою на стінки пляш­ки, через воду в пляшці діє на гумовий ковпачок і воду в пі­петці, а через них передається повітрю в піпетці. Повітря лег­ко стискається, тому його об'єм зменшується. Цей дослід можна повторити, частково, виливши воду з пляшки. Пові­тря, що залишилося, так само однаково передає тиск у кож­ну точку свого об'єму.

Тиск, який діє на рідину або газ, що знаходяться в закритій посудині, передається в кожну точку рідини або газу без змін.

Це твердження, сформульоване Б. Паскалем у 1663 р., є ос­новним законом гідростатики і аеростатики (від грец. Иу^г — вода, аег — повітря, БІаІіке — вчення про рівновагу), — роз­ділів фізики, що вивчають умови рівноваги рідин і газів та їх дії на занурені в них тіла.

Згідно з законом Паскаля, на одному й тому самому рівні у рідинах і газах тиск однаковий в усіх напрямках, сила тиску на однакову за площею поверхню однакова і вгору, і вниз.



д

Мал. 3.79

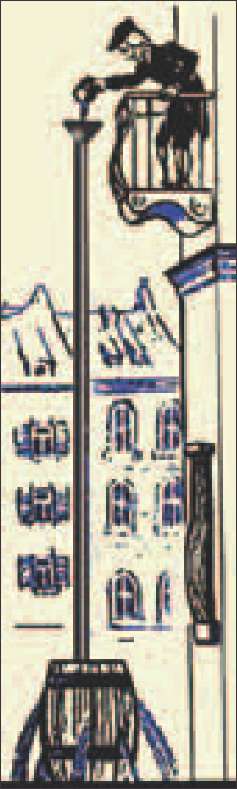


Візьмемо скляну трубку й легкий диск на нитці (мал. 3.79, а). Натягнувши нитку, одержимо посудину із дном, що відпадає (мал. 3.79, б). Зануримо цю посудину в склянку з водою. Те­пер можна не тримати нитку — дно не відпадає (мал. 3.79, в). Це пояснюється тим, що в склянці верхні шари води тиснуть на ті, які розташовані під ними, зокрема й на воду під диском. Відповідно до закону Паскаля тиск передається через цей шар води і напрямок його дії на диск спрямовано угору. Якщо те­пер наливати в трубку воду, то дно триматиметься доти, поки рівень води в трубці не наблизиться до рівня води в посудині (мал. 3.79, г). Це відбувається, тому що поки рівень води зов­ні трубки вищий, ніж у трубці, тиск на дно, яке може відпа­сти, що діє з боку води в посудині, знизу більший, ніж тиск води у трубці зверху. Коли рівні стають однаковими, тиск во­ди в трубці дорівнюватиме тиску в посудині на рівні дна труб­ки. Дно під дією на нього сили тяжіння відпаде (мал. 3.79, 5).



За законом Паскаля працюють найрізноманітніші гідра­влічні пристрої: гальмівні системи автомобілів, гідравлічні преси й підйомники, водогони, шлюзи, гідравлічні домкрати та ін.

"Діжка Паскаля". Досліджуючи невідповідність між масою налитої в посудину води і силою, з якою ця ма­са тисне на дно у різних посудинах, Паскаль виконав дослід, що одержав назву "діжка Паскаля". За його



Мал. 3.80



вказівкою міцну дубову діжку вщерть на­повнили водою й наглухо закрили криш­кою. У невеликому отворі у кришці гер­метично закріпили вертикальну скляну трубку, довжина якої відповідала рівню другого поверху. Знаходячись на балконі, Паскаль почав наповнювати трубку водою. Не встиг він вилити й десяток кружок, як раптом, на здивування цікавих, які ото­чили діжку, вона із тріском лопнула (мал. 3.80). Її розірвала незрозуміла сила. Цей дослід переконав Паскаля в тому, що сила, яка спричинила розрив діжки, зов­сім не залежить від маси води в трубці. Вся справа у висоті стовпчика води, якою було заповнено трубку. Виявилася й дивна властивість води — передавати тиск, ство­рюваний на її поверхню, по всьому об'єму, кожній точці стінки й дна діжки. Так, на підставі цього й інших дослідів Паскаль дійшов до відкриття закону: "Тиск, при­кладений до поверхні рідини, передається кожній точці її об'єму без зміни свого по­чаткового значення".

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ



Мал. 3.81 Мал. 3.82

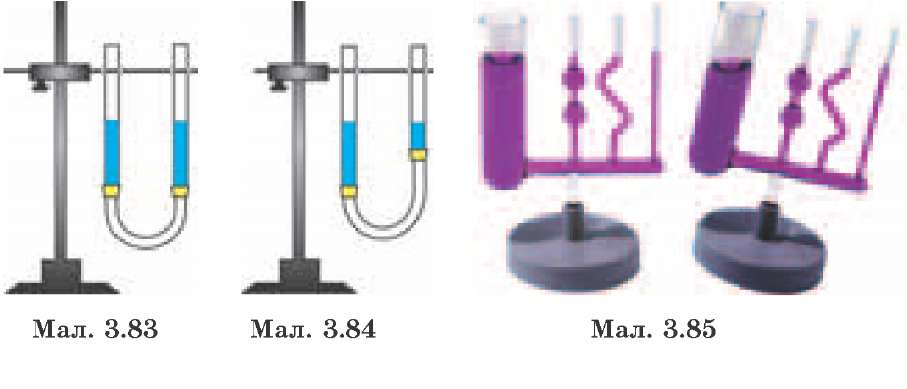
1. Чому мильна бульбашка має форму кульки?
2. Поясніть, чому наливається вода в склянку, коли хлопчик дме в одну з трубок (мал. 3.82).
3. Який тиск у камері колеса автомобіля, якщо на поршень насоса площею 12 см[[11]](#footnote-11) діє сила 240 Н?
4. Прийнявши висоту трубки 4 м (балкон другого поверху), а площу поверхні стінок діжки 2 м2, оцініть силу з якою діяла вода на стінки діжки в досліді Паскаля?

§ 41. СПОЛУЧЕНІ ПОСУДИНИ

Один із проявів закону Паскаля — це закон сполучених по­судин.

Сполученими посудинами називають посудини, які з'єднані між собою в нижній частині і можуть вільно об­мінюватися рідиною.

Дві скляні трубки з'єднаємо між собою гумовою трубкою (мал. 3.83). Якщо в будь-яку з них налити рідину, наприклад воду, то наповнюватиметься й інша. В обох трубках поверхні рідин встановляться на однаковому рівні. Цей рівень не зміню­ватиметься, навіть якщо одну з них піднімати чи опускати (мал. 3.84). Так само поводить себе рідина й у випадках, коли сполучені посудини мають різну форму й об'єм і навіть вста­новлені під кутом до горизонту (мал. 3.85).

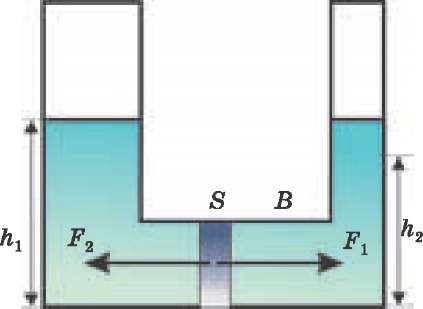


У сполучених посудинах будь-якої форми поверхні од­норідної рідини встановлюються на одному рівні (за умови, що тиск повітря над рідиною однаковий).

Чому рівні однорідної рідини в сполучених посудинах зав­жди однакові? Розглянемо дві посудини різного перерізу, з'єд­нані між собою трубкою. Уявимо, що в трубку, яка їх з'єднує, вставлено перетинку, що може вільно рухатися (мал. 3.86), але щільно прилягає до її стінок.

Перетинка перебуватиме в рівновазі, якщо діюча на неї си­ла тиску рідини, що знаходиться в одній посудині, дорівнює си­лі тиску, з якою діє на неї рідина з боку другої посудини, тобто ^ = Тиск у рідині залежить від рівня (висоти стовпчика) рі­дини та її густини і передається в усіх напрямках однаково. Си­ли тиску, що діють на перетинку з обох боків, дорівнюють до­бутку тиску рідини на площу перетинки: = р^ = pgh1S, = р2Б = рgh2S. Оскільки ^ = = ґ2, то р^^ = р^^. Площа перетинки з обох боків однако­ва, однакова й густина рідини в обох трубках. Тому, поділив­ши обидві частини рівності на р^, одержимо h1 = h2. Зрозу­міло, що й за відсутності пере­тинки ефект буде такий самий.

А чи однакові будуть рівні ^ ^



рідин у сполучених посудинах, Мал. 3.86

якщо налити в них рідини різної густини (рх і р2), які не змішуються між собою? Це може бути, наприклад, машинне мастило і вода. Обидві рідини залишатимуться в стані спо­кою (перебуватимуть у рівновазі) доти, поки сила тиску на воду з боку мастила ^ дорівню­ватиме силі тиску яку чинить вода на ма­стило = (мал. 3.87). Визначимо ці сили: = руБ = р^, = р2Б = = Р2^2, = р2шк2.

Виконавши перетворення, одержимо

= Р^ Ь Рі '



Якщо в сполучені посудини налити рідини різної густи­ни, то висоти стовпчиків цих рідин у кожній із посудин обернено пропорційні до їх густин за умови, що тиски над поверхнями рідин у посудинах однакові.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. Які посудини називаються сполученими?
  2. Наведіть приклади сполучених посудин.
  3. Як розміщуються вільні поверхні однорідної рідини в сполучених посудинах?
  4. Як розміщуються вільні поверхні різнорідних рідин у сполучених посудинах?

М

л2

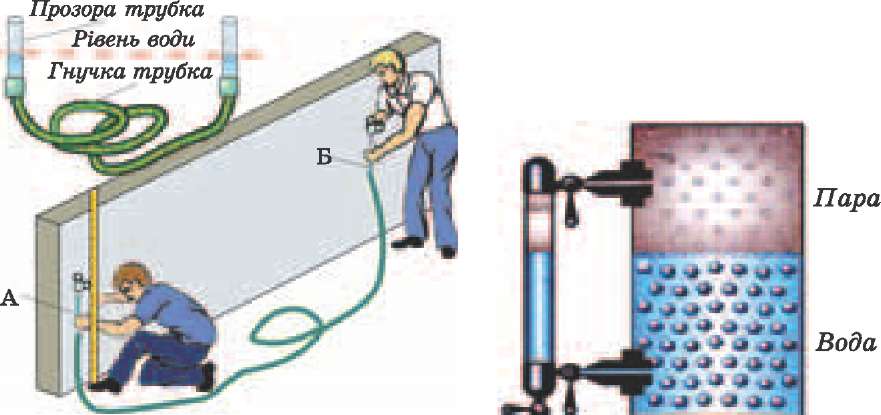
І

Мал. 3.87

* 1. Чи справджується закон сполучених посудин у невагомості?
  2. У ліве коліно сполучених посудин налито воду, у праве — гас. Ви­сота стовпа гасу 20 см. На скільки рівень води в лівому коліні нижчий, ніж верхній рівень гасу у правому?

§ 42. ЗАСТОСУВАННЯ СПОЛУЧЕНИХ ПОСУДИН В ТЕХНІЦІ

Прикладами сполучених посудин, якими ми часто кори­стуємося, є чайник, садова лійка та ін. У носику чайника і в самому чайнику рівень води однаковий. Тому, нахиливши чай-

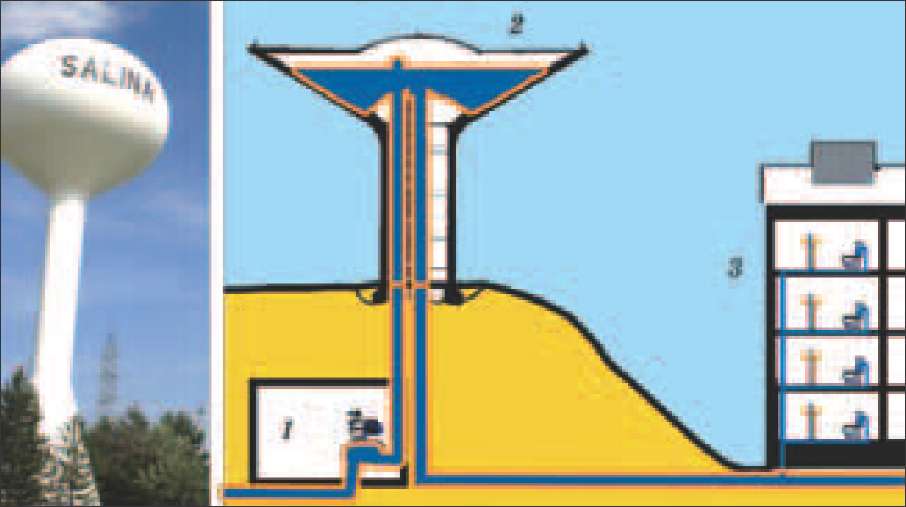


Мал. 3.88 Мал. 3.89

ник і опустивши його носик нижче від цього горизонтального рівня, можемо налити воду в склянку чи чашку. На цій же особливості сполучених посудин ґрунтується дія водяного рів­ня, яким користуються для проведення горизонтальних ліній під час виконання будівельних робіт. Такий рівень являє со­бою дві прозорі скляні або пластикові трубки, з'єднані довгою гнучкою трубкою. Позначивши необхідний рівень на стіні чи на місцевості, піднімають або опускають трубку б, домагаю­чись, щоб рівень води у трубці А збігався з відповідною відміт­кою на стіні будинку чи лінійці (мал. 3.88). Тоді за рівнем во­ди у трубці Б роблять другу відмітку й проводять горизонталь­ну лінію.

За законом сполучених посудин діють водомірні скляні трубки на парових котлах (мал. 3.89) і покажчики рівня води в чайниках. Щоб вода піднімалася в квартири, розташовані на різних поверхах будинків, у системах постачання води (водо­гонах) використовують водонапірні башти. У башті (мал. 3.90) розташовують великий бак 2, в який за допомогою насоса 1 за­качують воду. Бак з'єднують із водопроводом, що подає воду в будинки 3.

Ще одним прикладом застосування сполучених посудин є шлюзи. Щоб скоротити шлях суднам від однієї водойми до ін­шої, будують канали. Рівні води у водоймах, які з'єднують ка­налами, можуть бути різними. Так, рівень води в озерах, че-



Мал. 3.90

рез які проходить Панамський канал (з'єднує Тихий та Атлан­тичний океани), на 26 м вищий, ніж рівень води в океанах. То­му судна потрібно піднімати до рівня озер і опускати перед ви­ходом в океан. У багатьох країнах світу, у тому числі й Укра­їні, на великих ріках побудовано потужні гідроелектростанції, греблі яких перегороджують русла річок, утворивши штучні моря. Рівень води в морях перед греблями (верхній б'єф) інко­ли на десятки метрів вищий, ніж у річках нижче від гребель (нижній б'єф). Для піднімання і опускання суден на каналах і біля гребель будують шлюзи.

На мал. 3.91 показано один із шлюзів Панамського каналу, що має три камери. Усі вони з'єднані між собою і водоймами, вище й нижче від шлюзу, спеціальними перепускними труба­ми, через які вода з однієї камери може перетікати в іншу. Між камерами шлюзу встановлюють ворота, які відкриваються, ко­ли рівень води у них вирівнюється. Тоді судно може перейти з однієї камери в іншу. Якщо судну необхідно опуститися з верхньої водойми до нижньої, воно заходить у першу шлюзо­ву камеру, вхідні ворота якої відкриті і рівень води у ній та­кий самий, як і у водоймі. Потім вхідні ворота закриваються, а затвори перепускних труб, по яких з першої шлюзової каме­ри вода перетікає у другу, відкриваються. Рівень води у пер-





Мал. 3.92

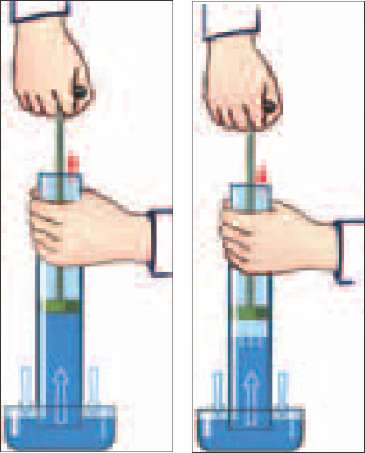
шіи камері разом із судном опускається, а в другій — підніма­ється. Коли вода в них досягає однакового рівня, відкривають­ся ворота між камерами і судно переходить у другу камеру. Так само здіИснюється перехід у третю шлюзову камеру. Після відкриття затворів вода з цієї камери витікає в нижню водоИ- му, судно опускається, відкриваються вихідні ворота і воно продовжує свіИ рух. Піднімання здіИснюється у зворотному порядку.

В Україні на гідроелектростанціях Дніпровського каскаду теж побудовано шлюзи для проходу суден (мал. 3.92). Здебіль­шого вони однокамерні. Судно після входу в камеру і закрит­тя воріт відразу опускається чи піднімається до потрібного рів­ня (з рівня водосховища до рівня води за греблею).

§ 43. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК

Наша Земля не є закритою посудиною, проте має повітря­ну оболонку — атмосферу, яка складається з суміші газів. Ви­никає питання: чому повітря земної атмосфери не розсіюється в космічниИ простір? Причиною існування атмосфери є сила тяжіння Землі. Адже вона діє на будь-які тіла, у тому числі И на молекули газів. Чим ближче молекула до поверхні Землі, тим більша сила тяжіння діє на неї. Під дією сили тяжіння молекули, які летять у напрямку від Землі, зменшують своюшвидкість, а ті, які спрямовано до Землі, прискорюються. Тому, на­віть хаотично рухаючись, молеку­ли повітря внаслідок дії сили тя­жіння утримуються біля поверхні Землі, а не розсіюються в косміч­ному просторі. Атмосфера Землі, як і будь-який газ, чинить тиск на всі тіла, що знаходяться в ній. Про тиск атмосферного повітря біля земної поверхні нас інформують у кожному метеорологічному повідо­мленні про погоду.

Переконатися в тому, що нав­колишнє повітря чинить тиск на тіла, які в ньому перебувають, мож­на досить просто. Зануримо відкритий кінець скляної трубки з поршнем у воду і потягнемо за ручку поршня — вода підні­меться по трубці за поршнем (мал. 3.93). Зануримо у склянку з водою прозору трубку. Закриємо пальцем отвір і почнемо піднімати трубку. Вода з неї не виливатиметься, а піднімати­меться разом із трубкою. Якщо внутрішній діаметр трубки становить кілька міліметрів, вода не виливатиметься, навіть коли трубку повністю вийняти зі склянки. Проте, як тільки ви приберете палець, що закриває верхній отвір, — вода витече. Проведемо інший експеримент. У пластикову пляшку наллємо воду. Віділлємо трохи води з пляшки в склянку або блюдечко і, швидко перевернувши пляшку, зануримо її горличко у на­литу воду. Вода перестане витікати з пляшки.



Мал. 3.93 Мал. 3.94

У цих дослідах виявляється дія атмосферного тиску. Коли ми піднімаємо поршень у трубці, можливими є два випадки: поршень дотикається до поверхні води в трубці або між пор­шнем і поверхнею води є незначний повітряний зазор. У пер­шому випадку, коли ми починаємо піднімати поршень, він перестає тиснути на воду. Проте на поверхню води в посудині діє тиск повітря, який, згідно з законом Паскаля, передається в усі точки рідини і діє в усіх напрямках однаково. Під дією сили, яка виникає внаслідок тиску, створюваного атмосферним повітрям, вода піднімається за поршнем. Якщо ж під поршнем у трубці після її занурення в посудину залишалося повітря

(мал. 3.94), то після підняття порш­ня об'єм його збільшується. Унас­лідок цього тиск повітря в трубці стає меншим, ніж тиск, який чи­нить навколишнє атмосферне повіт­ря на воду у посудині, і вода починає теж підніматися по трубці доти, поки гідростатичний тиск її стовп­чика в трубці і тиск повітря, що залишилося, не зрівняються з атмо­сферним тиском.

У випадках із трубкою і пляш­кою все пояснюється аналогічно. Вода внаслідок дії сили тяжіння на­магається вилитися з трубки (пляш­ки). Через це об'єм повітря, що залишилося в ній, збільшується, а його тиск швидко зменшується, і атмосферний тиск, що діє на поверхню води, перешкоджає її виливанню.

Дослід Торрічеллі. Властивість рідини підніматися за пор­шнем і утримуватися в перевернутих посудинах, закритих з одного боку, люди помітили давно і використовували в насо­сах для підняття води, ліверах для переливання і дозування рідин, піпетках і шприцах, медичних банках та інших при­стосуваннях. Ці явища пояснювали на підставі твердження Аристотеля: "Природа не терпить порожнечі".

Так тривало до 1640 р., коли герцог Тосканський задумав прикрасити терасу свого замку фонтаном. Воду необхідно було піднімати з озера, яке знаходилося значно нижче, ніж тераса. Були виготовлені насоси великої довжини. Проте фонтан так і не запрацював. З'ясувалося, що вода піднімалася за поршнем лише приблизно на 10 м. Потім під поршнем утворювалася порожнина. Виявлялося, що природа боялася порожнечі лише до 10 м. До вирішення цієї проблеми залучили Г. Галілея. Він одним із перших висловив думку про те, що вода піднімається за поршнем, позаяк повітря своєю вагою тисне на воду в озері (до цього вважалося, що повітря невагоме).



Остаточно вирішити цю проблему вдалося учневі Г. Галілея італійському фізику та математику Еванжелісто Торрічеллі (1608—1647 рр.). Для проведення дослідів замість скляноїтрубки довжиною 10 м, заповненої водою, яку досить складно виготовити, він використав скляну трубку довжиною 1 м, за­повнену ртуттю. (Густина ртуті у 13,6 раза більша за густину води.) Один кінець трубки запаяли, налили в неї ртуть, зак­ривши отвір пальцем, опустили в чашу із ртуттю. Коли палець прибрали, ртуть частково вилилась із трубки, а частково за­лишилась у ній на рівні приблизно 760 мм. Це означало, що вага стовпчика ртуті висотою 760 мм, яка залишилася в труб­ці, урівноважувалася силою тиску з боку ртуті в чашці. У свою чергу, ця сила виникає внаслідок дії на поверхню ртуті в чашці тиску атмосферного повітря. Рівень висоти стовпчика ртуті в трубці не змінюється, якщо трубку нахиляти. Так уперше було виміряно атмосферний тиск (мал. 3.95).

Атмосферний тиск можна легко обчислити. Знайдемо спо­чатку, який тиск створює стовпчик ртуті висотою к = 760 мм:

кг м

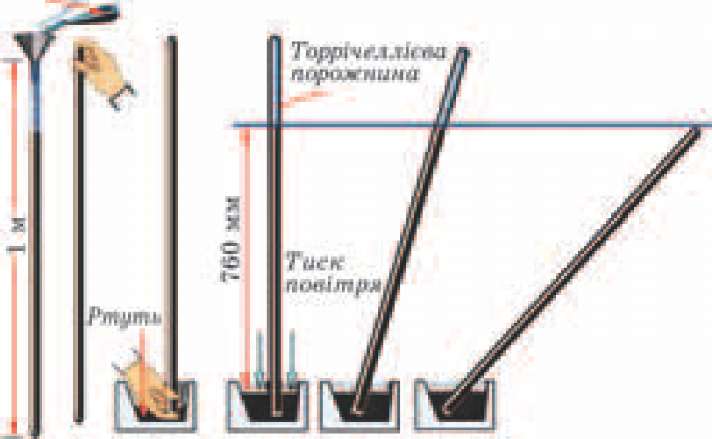
р = ^к = 13 600 -- • 9,8 — • 0760 м = 101 325 Па.

м3 с2

Отже, атмосферний тиск, що урівноважує тиск ртутного стовпчика висотою 760 мм, теж становить р = 101 325 Па.

7 1 атм

Ртуті,/-



Мал. 3.95

Часто як одиницю атмосферного тиску використовують 1 мм рт. ст. = 133,3 Па. Саме у таких одиницях повідомляють нам тиск у прогнозах погоди.

Трубка і чашка, наповнені ртуттю, — першиИ у світі при­лад, якиИ дав можливість вимірювати атмосферниИ тиск. Піз­ніше цеИ прилад удосконалили, приладнавши шкалу, і назва­ли барометр.

Залежність атмосферного тиску від висоти над Землею.

Дослідами Е. Торрічеллі зацікавився Б. Паскаль, якиИ продов­жив дослідження атмосферного тиску. Він виготовив трубку довжиною понад 10 м. Наповнюючи її водою, вином, олією, переконувався, що чим більша густина рідини, тим меншою залишається її висота в трубці. Тоді вже було відомо, що з під­няттям угору повітря стає більш розрідженим. Отже, чим вище над Землею, тим меншим стає атмосферниИ тиск. Паскаль виміряв тиск біля підніжжя гори, а також піднявшись на її вершину. На вершині гори висота стовпчика ртуті виявилася маИже на 100 мм меншою.

Так і має бути. Адже на молекули повітря атмосфери діє си­ла тяжіння Землі. Тому верхні шари повітря атмосфери тиснуть на нижні. На відміну від рідин гази легко стискаються і густи­на повітря в нижніх шарах атмосфери більша. Якщо в рідинах густину води на всіх глибинах можна вважати однаковою, то густина атмосферного повітря з висотою змінюється. Тому вико­ристовувати відому формулу гідростатичного тиску р = pgh для визначення атмосферного тиску не можна. На рівні моря за тем-

кг

ператури 0 °С вона становить приблизно р пов = 1 , 3 —3- . У верх-

м

ніИ частині атмосфери Землі густина повітря дуже мала і тиск дуже низькиИ.

Ви, мабуть, бачили в кінофільмах, як за тих чи інших си- туаціИ відбувається розгерметизація літака, що летить на ве- ликіИ висоті. Тиск повітря за бортом літака значно меншиИ, ніж у Иого салоні. Люди не можуть дихати таким повітрям — починають задихатися. Тому в салоні підтримується тиск такиИ, як і на поверхні Землі.

За нормальний атмосферний тиск прийнято тиск, що відповідає тиску ртутного стовпчика висотою 760 мм; 760 мм рт. ст. = 101 325 Па. ТакиИ тиск спостерігається на рівні моря за температури 0 °С.

Із підняттям на кожні 12 м тиск до висоти близько 1 км зменшується приблизно на 1 мм рт. ст. Потім тиск зменшується повільніше.

Зміна атмосферного тиску відбувається і через зміни пого­ди. Це пояснюється тим, що повітря є сумішшю газів. До його складу входить кисень, азот, водяна пара, вуглекислий газ та інші гази. Кожен з цих газів вносить свою частку в загаль­ний тиск повітря. Під час зміни погоди в тому чи іншому міс­ці на Землі змінюється кількість водяної пари в повітрі. Це од­на з причин коливань атмосферного тиску, що сигналізує про зміну погоди.

Магдебурзькі півкулі. Отто фон Герике — бургомістр С^Ейй міста Магдебург — був освіченою людиною. У травні 1654 р. він поставив дослід, який переконливо дово- див існування атмосферного тиску.

Для проведення досліду підготували дві металеві півкулі, які щільно прилягали одна до одної. У одній з півкуль була трубка для відкачування повітря. Півкулі склали разом, розмі­стивши між ними для герметичності шкіряне кільце, і відка­чали повітря з порожнини, яка утворилася між ними. На пів­кулях були закріплені міцні металеві кільця. У ці кільця впрягли по вісім коней із кожного боку, які потягли півкулі у протилежних напрямках, намагаючись їх роз'єднати. Проте, як не понукали коней, роз'єднати півкулі не вдалося. Коли ж всередину впустили повітря, півкулі розпалися без жодного зу­силля (мал. 3.96).



Мал. 3.96

Розділ 3. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Чому молекули газів, які входять до складу атмосфери, не розсіюються в космічний простір?
2. Чому молекули газів, які входять до складу атмосфери, не пада­ють на Землю унаслідок дії на них сили тяжіння?
3. Чим пояснюється існування атмосферного тиску?
4. Опишіть досліди, які підтверджують існування атмосферного тиску.
5. Чому не можна визначати атмосферний тиск так само, як і тиск рідини на дно та стінки посудини?
6. Як змінюється атмосферний тиск із висотою над Землею?
7. Із запаяної з одного боку товстостінної скляної труби відкачали повітря, закрили її корком із вставленою трубкою. Потім занурили кінець тонкої трубки у воду й відкрили кран — утворився фонтан (мал. 3.97). Поясніть це явище.
8. Поясніть дію медичного шприца.
9. На мал. 3.98 зображено саморобну автопоїлку для курей, яку ви­готовлено з пляшки, прикріпленої до паркана, і мисочки, в яку витікає вода з пляшки. Поясніть дію цієї автопоїлки.
10. Визначте силу тиску, яка діє на поверхню стола, довжина якого 1,2 м, а ширина 60 см (вважати, що атмосферний тиск дорівнює 105 Па).
11. Розрахуйте силу, з якою атмосферне повітря тисне на поверхню розкритого перед вами зошита.



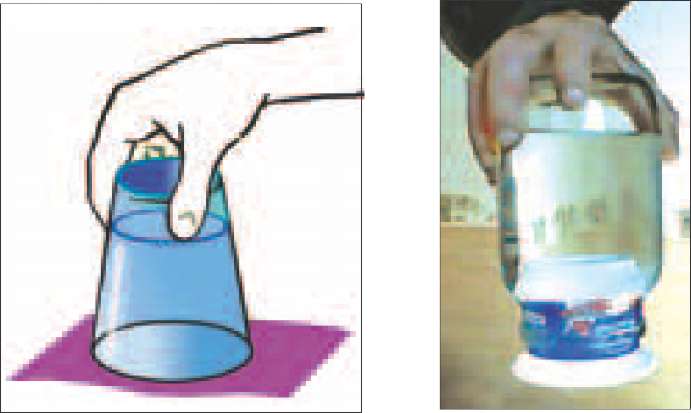


Мал. 3.98

Мал. 3.99

Мал. 3.97

1. Налийте у банку воду, накрийте її блюдечком і переверніть. Поставте блюдце на горизонтальну поверхню. Вода, трохи пролившись у блюдечко, залишиться в банці. Можна навіть горлечко банки підняти



Мал. 3.100

над денцем блюдечка, підклавши тоненьку тріску або сірник (мал. 3.99). Поясніть цей дослід. (Щоб не розлити воду, якщо експеримент не вдасться, перевертайте банку над мискою або раковиною.)

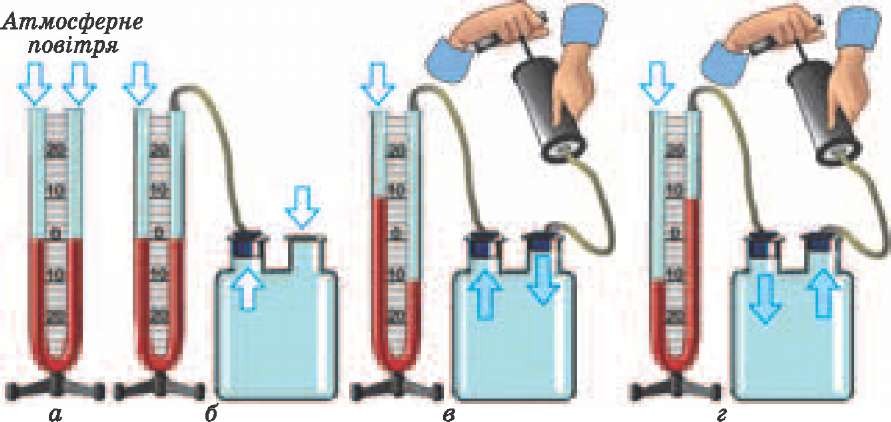
13. Налийте в склянку (краще гранчасту) воду і накрийте вирізаним з паперу клаптиком, який повністю закриє стакан по верхньому обідку, трохи виступаючи за нього. Притримуючи клапоть долонею, переверніть склянку дном догори і заберіть долоню (мал. 3.100, а). Вода не вилива­тиметься. Що утримує воду в склянці? (Дослід проводьте над ракови­ною або мискою.) Подібний дослід можна провести із банкою та пла- стиковим стаканчиком (мал. 3.100, б). Можна навіть не видаляти його вміст.

§ 44. МАНОМЕТРИ

Гідростатичний тиск у рідині на тій чи іншій глибині, зу­мовлений дією сили тяжіння, можна досить просто визначити за висотою її стовпчика над цим рівнем і густиною. Проте у во­догонах, нафто- і газопроводах у процесі виробництва необхід­но постійно контролювати тиск і стежити за його змінами. Певні значення повинен мати тиск повітря у шинах коліс ав­томобілів і літаків. Командир підводного човна, коли той ру­хається під водою, має слідкувати, щоб тиск води на корпус його корабля не перевищував допустимий, і утримувати певну глибину занурення.

Для вимірювання тиску рідин і газів використовують спе­ціальні прилади — манометри (від грец. шапоэ — рідкий, розріджений, шеігео — міряю). Пригадайте, будь-який вимі­рювальний прилад містить перетворювач вимірюваного пара­метра в фізичну величину, зміну якої можна легко простежити за допомогою пристрою, з якого знімаються покази (стовпчик рідини, стрілка і шкала, цифровий дисплей тощо). Основа вимірювальної системи манометрів — чутливий елемент, фі­зичні властивості якого змінюються під дією тиску. Залежно від принципу дії й конструкції чутливого елемента манометри поділяють на рідинні, поршневі, деформаційні та ін.

Рідинний манометр. Ідея використати рідину як чутливий елемент для вимірювання тиску належить Е. Торрічеллі. Най­простішим манометром є водяний манометр, зображений на мал. 3.101, а. Це дві сполучені посудини у вигляді И-подібної скляної трубки, прикріпленої до шкали. Якщо в трубку нали­ти підфарбовану воду (отвори трубки відкриті), то в обох колінах трубки поверхні рідини встановляться на одному рівні. Адже тиск, створюваний на обидві поверхні рідини навколишнім середовищем, однаковий. Приєднаємо один кінець сполученої посудини до двогорлої посудини за допомогою трубки. Ніяких змін не відбуватиметься, оскільки тиск у посудині такий самий, як і навколишнього середовища (мал. 3.101, б). Якщо тиск на поверхню рідини в одному коліні збільшити, рівень рідини в ньому знижуватиметься, а в іншому коліні підвищуватиметься.



Мал. 3.101

Так триватиме доти, поки тиск стовпчика рідини, яка підняла­ся, не компенсує зміну тиску в посудині (мал. 3.101, в).

У зображеному на малюнку манометрі різниця рівнів води у лівому і правому колінах становить 20 см, що відповідає тиску

кг м

р = ^ = 1000—^ • 9,8— • 0,4 м = 3920 Па = 2 кПа.

м с

Такого тиску можна досягти, якщо дмухнути в гумову трубку, приєднану до одного з колін манометра.

Якщо замість води в манометр налити ртуть, густина якої кг

13 600 —- , то різниця її рівнів у колінах манометра 20 см від- м

повідатиме тиску

кг м

Р = ^ = 13 600-^- • 9,8— • 0,2 м = 26 500 Па.

м с

Оскільки тиск у рідині прямо пропорційний висоті її стовп­чика, його інколи вимірюють у міліметрах і сантиметрах водя­ного або ртутного стовпчика. Записують це відповідно так: 1 мм в. ст., 1 см в. ст. або 1 мм рт. ст., 1 см рт. ст. Тобто

кг м

1 мм в. ст. = 1000^- • 9,8— • 0,001 м = 9,8 Па = 10 Па

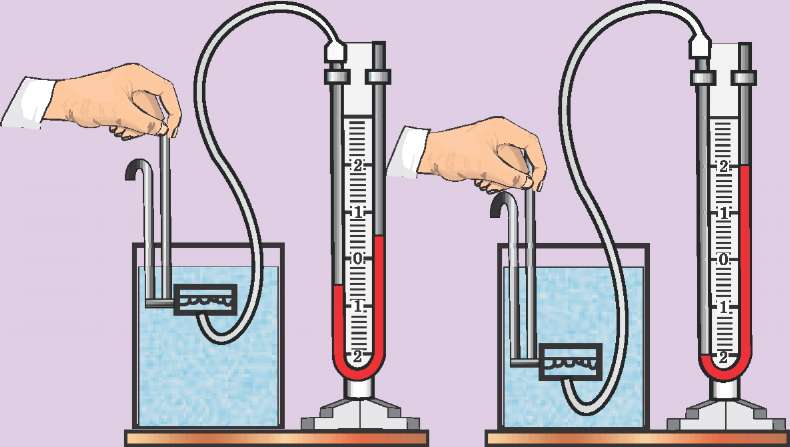
м3 с2

(1 мм рт. ст. 133,3 Па).



Зрозуміло, якщо в посудині тиск газу менший, ніж тиск навколишнього середовища, то рівень рідини у трубці, з'єдна­ній з цією посудиною, підніматиметься, поки сумарний тиск стовпчика рідини і тиск повітря в посудині не зрівняються з зовнішнім тиском, що діє на поверхню рідини у відкритому коліні манометра (мал. 3.101, г).

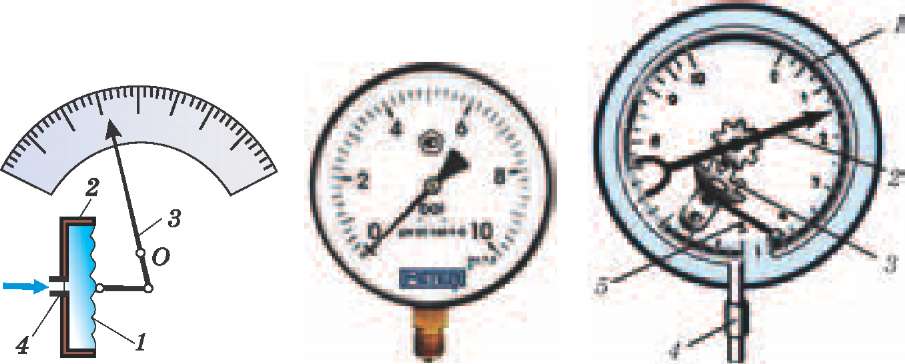
Використовуючи рідинний манометр, можна легко пе­реконатися, що тиск у рідині залежить від глибини і у різних напрямках однаковий. Для дослідження вико­ристовують спеціальну круглу коробочку-датчик тиску, з'єднану з водяним манометром (мал. 3.102). Замість кришки один бік коробочки закрито гумовою плівкою. В дні коро­бочки є ніпель. На ніпель одягають гнучку гумову або пласти- кову трубку. Інший кінець трубки приєднують до манометра.



Мал. 3.102

Натиснувши на гумову плівку — мембрану, можна зменшити об'єм повітря в коробочці і, відповідно, збільшити його тиск у ній. Це збільшення тиску через повітря в трубці передається рі­дині в манометрі. Занурюючи коробочку за допомогою дротяно­го тримача на різну глибину і повертаючи її в різні боки, мож­на визначати тиск у рідині на тому чи іншому рівні, а також спостерігати за його змінами залежно від глибини занурення.

Деформаційний манометр. За допомогою рідинних маноме­трів можна вимірювати порівняно невеликі тиски або різницю тисків у різних посудинах. Металеві деформаційні манометри дають змогу з високою точністю вимірювати як великі, так і малі тиски. Такі манометри надійні й прості за конструкцією. У них вимірювані сили тиску урівноважуються силами пруж­ності, які виникають у чутливих елементах приладів. Такими елементами можуть бути мембрани, трубчаті пружини, силь- фони та ін. Деформація цих елементів пропорційна тиску, що діє на них. Після припинення дії тиску чутливий елемент по­вертається у початковий стан. Пружний елемент за допомогою важелів з'єднують зі стрілкою-покажчиком. Коробочка, закри­та гумовою плівкою, є прикладом мембранного перетворювача тиску, який використовують в мембранних манометрах. Най­простіший мембранний манометр показано на мал. 3.103.



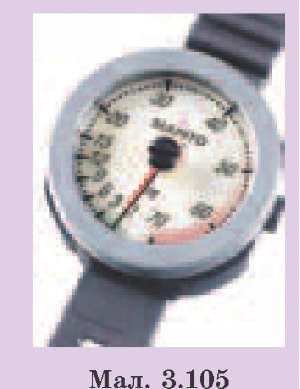
Мал. 3.103 Мал. 3.104

Тонка пружна пластинка — мембрана 1 — герметично зак­риває коробку 2. До мембрани приєднаний покажчик — стріл­ка 3, що обертається на осі о. Якщо патрубок коробочки 4 з'єднати за допомогою трубки з резервуаром чи трубопрово­дом, у яких необхідно виміряти тиск, газ (рідина) заповнить її та тиснутиме на мембрану. Мембрана прогинається, і стрілка рухається по шкалі. Кожному положенню стрілки відповідає певний прогин мембрани, а отже, і певна сила тиску. Знаючи площу мембрани, можна від сил тиску перейти до самих ти­сків. Тиск можна вимірювати й безпосередньо, якщо заздале­гідь проградуювати манометр. Для градуювання потрібно дія­ти на манометр відомим тиском і ставити на шкалі відмітки, відповідні положенню стрілки.

Для вимірювання значних тисків (сотні кіло- й мегапаска- лів) найчастіше використовують трубчасті пружинні маноме­три. Конструкцію такого манометра наведено на мал. 3.104. Його чутливим елементом є плоска (овальна) металева трубка 1. Один її кінець закріплюють у корпусі приладу і з'єднують зі штуцером 4, за допомогою якого прилад можна приєднати до ємності або трубопроводу. Другий, запаяний кінець трубки мо­же вільно рухатися. Вільний кінець за допомогою передаваль­ного пристрою, що складається з тяги 5, зубчатого сектора і зубчатого коліщати 3, з'єднується зі стрілкою 2. Якщо тиск усередині трубки зростає, трубка розгинається і рух її закри­того кінця передається стрілці. Стрілка обертається і показує значення тиску на шкалі.

Слід пам'ятати, що пружні елементи манометра (мембрана, трубка) — це пристрої, необхідні лише для виявлення і вимі­рювання сил тиску в рідинах і газах. Самі сили тиску є нас­лідком пружних властивостей рідин і газів. Такі самі сили ти­ску діяли б з боку рідини чи газу на поверхню будь-якого ін­шого тіла, розміщеного там само, де і мембрана чи трубка.

Зверніть увагу!



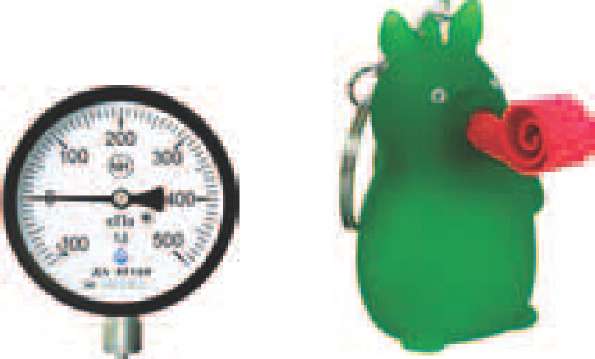


І рідинні, і металеві манометри показують, на скільки тиск рідини або газу в посудині, трубопроводі, шині автомобіля більший або мен­ший, ніж зовнішній атмосферний тиск.

Оскільки тиск у рідині залежить від глибини, то манометр можна пристосувати для вимірювання — глибини. Такі манометри назива­ють глибиноміри. їх використовують во­долази й аквалангісти для визначення гли­бини занурення відносно поверхні моря (мал. 3.105). Без глибиномірів неможливе безпечне плавання і маневрування підвод­них човнів, адже для кожного підводного човна визначена допустима глибина зану­рення.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Як називають прилади для вимірювання тиску в рідинах і газах?
2. Поясніть, як діє відкритий рідинний манометр?
   1. Яка будова і принцип дії металевого манометра?
   2. Манометр, з'єднаний із патрубком шини автомобіля, показав тиск 150 000 Па. Чи можна стверджувати, що тиск повітря у шині становить 150 000 Па? Пояснити відповідь.
   3. На мал. 3.106 зображено манометр, у якого нижня межа вимірю­вання тиску становить -100 кПа. Але тиск не може бути від'ємним. Про що тоді свідчать такі покази манометра? Який насправді тиск газу, якщо манометр покаже -50 кПа?



Мал. 3.106 Мал. 3.107

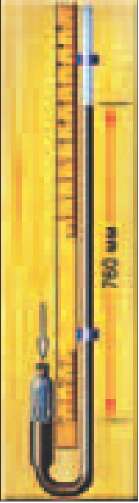
7. Щоб зрозуміти принцип дії трубчатих манометрів, зробіть іграшку, яку називають "довгий язик". Склейте трубку, накрутивши два шари па­перу, наприклад, на олівець. Заклейте один її кінець. Сплюсніть трубку і скрутіть її в спіраль. Якщо ви дмухнете в трубку, то вона розправиться. Подібні іграшки можна знайти в продажу. У них як довгий язик викори­стовують пластикові або гумові плоскі трубки (мал. 3.107). Так само по­водять себе й плоскі металеві трубки, виготовлені, наприклад, із латуні. Проте, на відміну від паперової, металеві трубки пружні і після припи­нення дії сил тиску відновлюють свою попередню форму.

§ 45. БАРОМЕТРИ

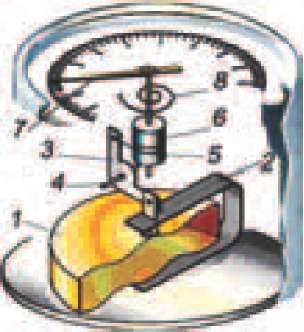
Для вимірювання атмосферного тиску використову­ють барометри (від грец. Ьагоэ — вага, шеігео — вимірюю).

Фактично барометри є одним з типів манометрів. Як і ма­нометри, їх поділяють на рідинні та деформаційні. Перший рі­динний барометр — це трубка із ртуттю та чашка Торрічеллі, за допомогою яких вперше було виміряно атмосферний тиск. У 1665 р. англійський фізик Р. Бойль удосконалив трубку Торрічеллі, перетворивши її на досить зручний прилад, який назвав барометром (мал. 3.108). Ртутні барометри і на сьогод­ні використовуються для вимірювання атмосферного тиску, зокрема як зразкові прилади. Однак їх застосування інколи є складним, наприклад на суднах під час подорожей, крім того, ртуть — отруйна речовина.

Найбільшого поширення набули деформаційні бароме- три-анероїди (від грец. анероїд — безводний). Зовнішній виг­ляд барометра показано на мал. 3.109, а його будову — на мал. 3.110.



Мал. 3.108



Мал. 3.110

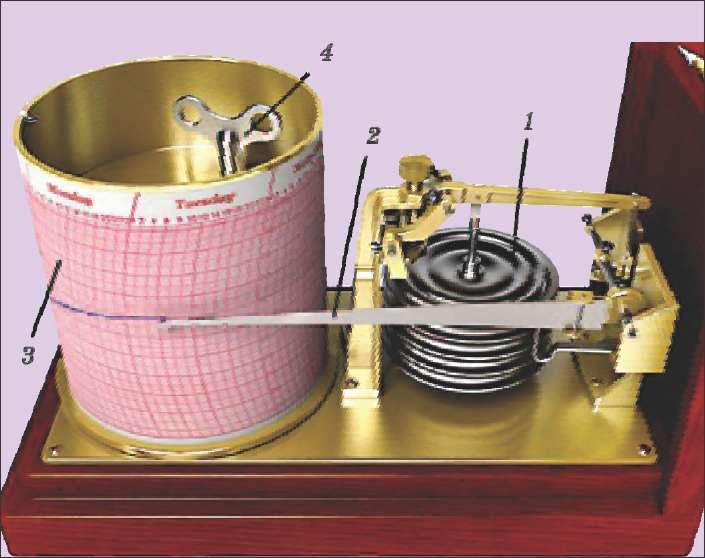
Барометр показує тиск повітря, що діє на гофровану тонко­стінну металеву коробочку 1, в якій створено розрідження (ва­куум). Щоб атмосферний тиск не сплющив коробочку, її кришка розтягується пружиною 2. Коли тиск підвищується, коробочка стискається і стискає пружину. Якщо атмосферний тиск зменшується, пружина розтягує коробочку. На практиці часто використовують декілька анероїдних коробок, з'єднаних послідовно. Рух пружини передається важелю 3, закріпленому на осі 4. До другого плеча важеля кріплять нитку (або ланцю­жок) 5, яку кілька разів обмотують навколо шківа 6, розташо­ваного на осі стрілки 7. За такої передачі стрілка може повер­татися на значний кут навіть за малих деформацій коробочки, що виникають під час змін тиску. До осі стрілки прикріплено спіральну пружину 8, яка протидіє повороту стрілки й нама­гається повернути її в початковий стан. Стрілка вказує значення атмосферного тиску на круговій шкалі у міліметрах ртут­ного стовпика та у кіло- або гектопаскалях. Шкали баромет- рів-анероїдів градуюють за ртутним барометром. Барометри- анероїди набагато компактніші й зручніші у вико­ристанні, ніж ртутні, їх покази легко зчитувати, ними можна користуватися в умовах експедицій, на морських суднах, літаках та ін.



Мал. 3.109



Якщо необхідно знати, як змінювався тиск протягом тривалого періоду (доби, місяця), використовують са­мописні прилади — барографи (від грец. Ьаго — вага, grapho — пишу). Барографи використовуються на ме­теорологічних станціях, на літаках і аеростатах для реєстрації висоти підняття за зміною тиску. На мал. 3.111 показано бу­дову поширеного анероїдного барографа. За принципом дії та­кий барограф не відрізняється від барометра. Чутливим еле­ментом барографа є кілька з'єднаних послідовно анероїдних коробочок 1. Унаслідок зміни тиску коробочки стискаються або розтягуються, їх кришка переміщується вниз і вгору. Це переміщення важелями передається записувальному при­строю, перо 2 якого безперервно креслить лінію на спеціально розграфленій стрічці, закріпленій на барабані 3. Барабан обер­тається за допомогою годинникового механізму, який заводять ключем 4. Один повний оберт барабан робить за добу або тиж­день. За часом запуску барографа та лініями на стрічці можна визначити, яким був тиск у той чи інший час доби (тижня).



Мал. 3.111

Барометри широко використовують і для вимірювання ви­соти. Такі барометри називають альтиметрами, або висотоміра­ми. Пілот літака повинен знати, на якій висоті летить його лі­так. Альпіністи в горах мають орієнтуватися, на якій висоті вони знаходяться. (Вам уже відомо, що атмосферний тиск зал­ежить від висоти підняття.) Альтиметри — це барометри, які проградуйовані в одиницях висоти (метрах, футах та ін.). По­ширеними є альтиметри-анероїди, їх циферблат та внутрішню будову наведено на мал. 3.112.



1. Як називаються прилади для вимірювання атмосферного тиску?
2. Чому в рідинних барометрах використовують ртуть, а не воду чи інші рідини?
3. Які переваги барометра-анероїда порівняно із ртутним бароме­тром?
4. Для чого використовують барографи?
5. Біля підніжжя гори барометр показує тиск 98 642 Па, а на верши­ні — 90 317 Па. Визначте за цими даними висоту гори.
6. Під час першого в світі виходу з космічного корабля у космічний простір тиск у скафандрі О. Леонова становив 0,4 нормального атмо­сферного тиску. Знайдіть числове значення цього тиску у паскалях.
7. Скляна банка (або пляшка) із вставленою в неї скляною або хлор­вініловою трубочкою та дощечка — все, що потрібно для виготовлення найпростішого барометра. Банку заповнюють водою на одну чверть і щільно закривають пробкою із вставленою в неї трубкою. Нижній кінець

трубки має бути зануреним у воду (мал. 3.113). Щоб у банку не проникало повітря, пробку необхід­но загерметизувати пластиліном або замазкою. Пе­ред тим як користуватися таким барометром, у трубку слід подути. При цьому повітря потрапить через воду в банку, і рівень води в трубці підніметь­ся. Якщо банку добре загерметизовано, то тиск у ній залишатиметься постійним, і будь-які зміни ат­мосферного тиску спричинятимуть зміни рівня во­ди в трубці. Залишиться лише проградуювати шка­лу, і приладом можна користуватися. Правда, на точність показів такого барометра впливають зміни не лише тиску, а й температури. Адже тиск повітря в банці залежить від температури. Тому прилад необхідно розмістити подалі від джерел тепла, а банку помістити в ящичок і обкласти пінопластом. Мал. 3.113

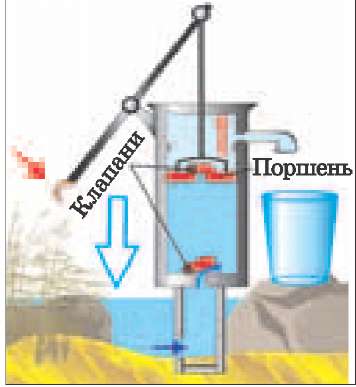
§ 46. НАСОСИ

Те, що рідина в трубці може підніматися за поршнем, лю­ди здавна помітили і почали використовувати для підняття рі­дини. Перший насос для гасіння пожеж винайдено давньо­грецьким механіком Ктесбієм (описаний вченим Героном з Александры у праці "Рпеишаїіса" (I ст. до н. е.)). Найпростіші дерев'яні насоси для підйому води з колодязів застосовувалися ще раніше. Дія насоса тривалий час підтверджувала тезу: природа боїться пустоти. Проте саме пошук відповіді на пи­тання: чому насос не може підняти воду на висоту понад 10,3 м? — привів Торрічеллі до відкриття атмосферного тиску.

Різні насоси широко використовують і сьогодні. За їх допо­могою наповнюють баки водонапірних башт, перекачують наф­топродукти, відкачують воду з шахт й ін.

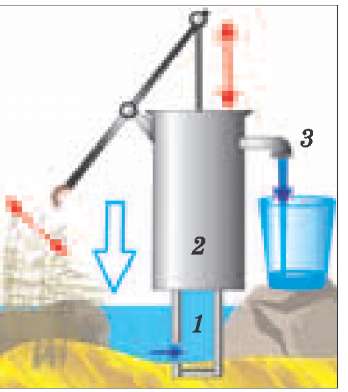


Як діє насос? Нехай необхідно підняти воду з водойми на деяку висоту (ви вже знаєте, що вода може піднятися в трубі за поршнем на висоту до 10 м). Вигляд насоса може бути, як на мал. 3.114. Якщо рухати ручку насоса униз і вгору, то по вхідній трубі 1 вода з водойми (колодязя, свердловини, ставка) підніматиметься в корпус насоса 2, а потім виливатиметься через вихідну трубу 3 у посудину, розташовану значно вище за рівень води у водоймі.



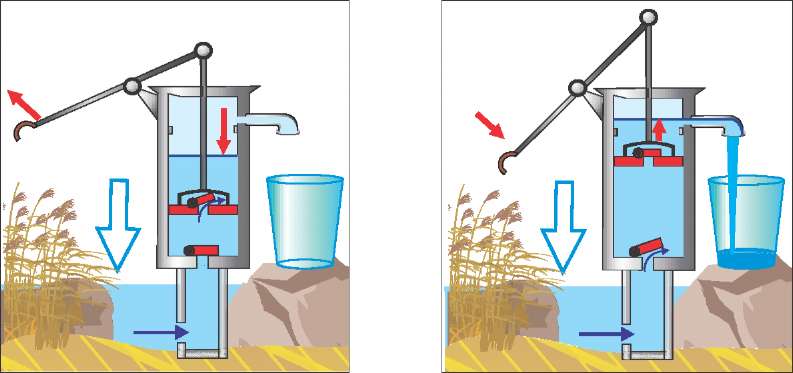
Мал. 3.115

Вода підніметься в корпус насоса, якщо в ньому створити розрідження повітря, тиск якого має бути меншим за атмо­сферний. Для цього в корпус вставляють поршень із штоком, до якого приєднано ручку. Піднімання поршня збільшує об'єм наявного в корпусі повітря, і його тиск стає меншим за атмо­сферний. Під дією сили атмосферного тиску вода з водойми че­рез вхідну трубу піднімається в корпус насоса (мал. 3.115). Щоб вода потекла з вихідної труби, вона повинна пройти крізь поршень. Для цього в поршні роблять отвір, який має бути закритий під час піднімання поршня і відкритий під час руху поршня вниз. Одночасно повинен закритися отвір, через який із вхідної труби вода надходить у корпус насоса. Інакше вона виллється назад у водойму. Для автоматичного закривання і відкривання отворів використовують спеціальні пристрої — клапани. Клапани пропускають рідину або газ лише в одному напрямку. Найпростішими є кулькові та мембранні клапани. Мембранний клапан — це пружна пластинка (гумова чи мета­лева), яка може відхилятися, пропускаючи воду в одному на­прямку. Клапаном може бути й металева кулька, діаметр якої дещо більший за отвір. Кульку вставляють у спеціальне гніз­до, яке обмежує її рух.



Мал. 3.114

Насос працює так. Коли поршень піднімається, клапан у ньому закритий і вода всмоктується в корпус через кла­пан, який вставлено на впускній трубі (впускний клапан) (мал. 3.115). Клапан у поршні закритий, оскільки тиск повітря над ним більший, ніж у корпусі. Потім поршень опускають

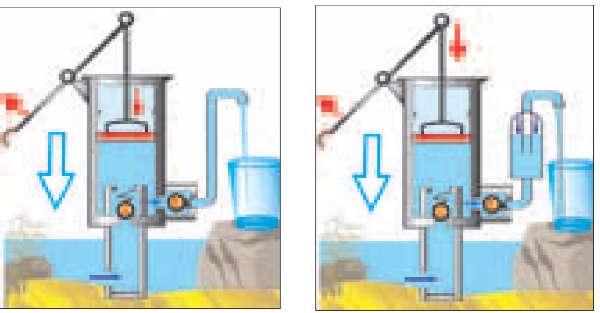


Мал. 3.116 Мал. 3.117

униз (мал. 3.116). Він тисне на воду в корпусі, і цей тиск пере­дається й на клапани. Тому впускний клапан закривається, а клапан у поршні відкривається, і вода перетікає у верхню ча­стину корпусу. Коли поршень піднімається, клапан у ньому під дією тиску стовпчика води над ним і атмосферного тиску зак­ривається, а клапан на впускній трубі відкривається. У корпус всмоктується нова порція води, а вода, що опинилася над пор­шнем, піднімається до випускної труби і виливається в посуди- ну(мал. 3.117). Отже, коли поршень рухається вгору, вода од­ночасно всмоктується в корпус насоса і виливається через ви­пускну трубку. Тому такі насоси називають всмоктувальними.

Всмоктувальні насоси можуть піднімати воду доти, поки тиск стовпа води залишатиметься менший за атмосферний тиск (близько 10 м).

Ще одну конструкцію поршневого насоса наведено на мал. 3.118. У ньому випускну трубу приєднано в нижній частині корпусу і перекрито випускним клапаном. Під час руху пор­шня вгору впускний клапан відкривається і вода засмоктуєть­ся в корпус. Коли поршень рухається в зворотному напрямку (мал. 3.119), він тисне на воду, яка потрапила в корпус, впу­скний клапан закривається, а випускний — відкривається, і вода з корпусу виштовхується у випускну трубу. Такі насоси називають нагнітальними. Нагнітальними насосами воду можна піднімати на висоту понад 10 м. їх часто оснащують по­вітряними камерами, це дає змогу досягти більш рівномірного витікання рідини (мал. 3.120).



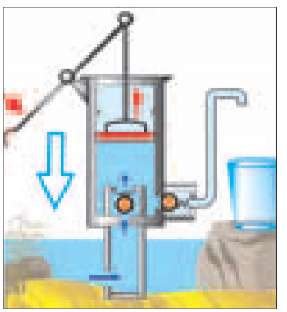
Мал. 3.119

Мал. 3.120

Усі насоси, в яких для підняття або переміщення рідин ви­користовують дію сили атмосферного тиску, побудовані за однаковим принципом. Вони мають герметичний корпус, у якому створюється розрідження, і пристрої, що по черзі від­кривають і закривають вхідну і випускну труби та переміщу­ють рідину від вхідної труби до випускної.

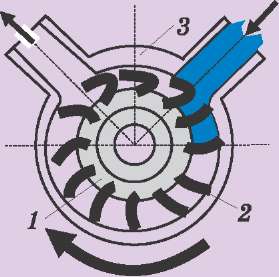
Поршневі насоси працюють досить повільно і нерівно­мірно. Проте розрідження в корпусі насоса може ство­рюватися не лише унаслідок руху поршня.

Імпелерні насоси перекачують рідину завдяки обертанню ротора 1 з гнучкими гумовими або пластиковими лопатями 2. Ротор розташований у корпусі 3 овальної форми і обертається за допомогою двигуна (мал. 3.121). Гнучкі пла­стинки, по черзі переміщуючись від вхідної труби, утворюють порожнини, об'єм яких після проходження ними впускного отвору поступово збільшується. У порожнини засмоктується рідина. Коли порожнина досягає вихід­ного отвору, лопаті витискають рідину у вихідну трубу.

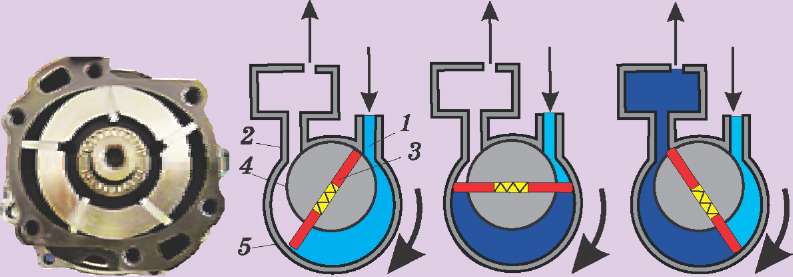


Мал. 3.118





У шиберних насосів (мал. 3.122) за­смоктування рідини в корпус з впускної труби 1 і витискання її у вихідну трубу 2 здійснюється за допомогою пластин — шиберів 3. Пластини під час обертання ротора 4 притискаються до внутрішньої поверхні корпусу 5, утворюючи в ньому порожнини, ізольовані одна від одної. Мал. 3.121

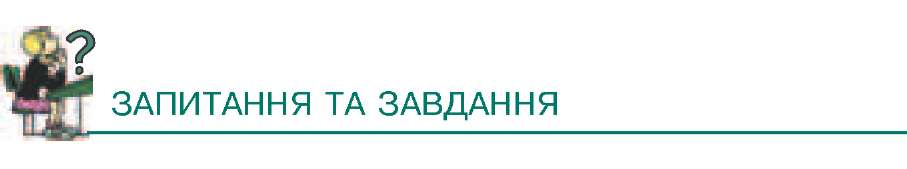


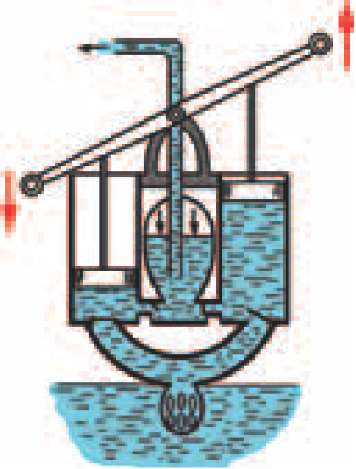
а б в

Мал. 3.122

Корпус має круглу форму, а вісь ротора дещо зміщена від цен­тра. Тому під час обертання ротора об'єм однієї порожнини по­ступово збільшується і в неї засмоктується рідина (мал. 3.142, а, б). Одночасно з цим об'єм іншої порожнини зменшується, і рідина витискається у вихідну трубу (мал. 3.122, в).

1. На якому явищі ґрунтується робота поршневого рідинного насоса?
2. Як побудований і як працює всмок­тувальний рідинний насос?
3. На яку максимальну висоту можна підняти воду, спирт, ртуть всмоктуваль­ним рідинним насосом?
4. Поясніть, як працює нагнітальний насос із повітряною камерою?
5. Чи можна використати нагнітальний насос для підняття води з глибини понад 10,3 м? Поясніть відповідь.





Мал. 3.123

1. На мал. 3.123 зображено схему двоциліндрового ручного пожежного на­соса. Як працює такий насос? У чому його перевага порівняно зі звичайним насо­сом?

§ 47. ВИШТОВХУВАЛЬНА СИЛА В РІДИНАХ І ГАЗАХ. ЗАКОН АРХІМЕДА

Спробуємо занурити у воду вирізаний із пінопласту кубик. Ми відчуватимемо, як вода намагатиметься виштовхнути його на поверхню. Якщо кубик відпустити на деякій глибині, то він стрімко вирине на поверхню води. Так само, хоч і повільніше, спливе на поверхню дерев'яний брусочок, якщо його занурити у воду й відпустити. Отже, з боку води на них діє сила, яка намагається виштовхнути їх на поверхню, — виштовхуваль­на сила. На пінопластовий кубик і дерев'яний брусочок діє си­ла тяжіння Землі, направлена вертикально вниз. Опинившись на поверхні води, тіло набуває стану спокою. Це означає, що виштовхувальна сила, яка діє на тіло, дорівнює за значенням силі тяжіння, що діє на нього, і направлена проти неї (прига­дайте умову рівноваги тіла). Ці тіла можна занурювати в інші рідини і ефект буде однаковий. Таким чином, дійшли виснов­ку: на тіло, що спливає, діє виштовхувальна сила, направлена вертикально вгору.

А чи діє виштовхувальна сила на тіла, які тонуть, напри­клад на камінець? Прикріпимо камінець до гачка динамоме­тра. Динамометр показує, що на нього діє сила тяжіння при­близно 3 Н (мал. 3.124, а). Опустимо камінець у воду. Тепер динамометр показує силу 1 Н (мал. 124, б). Сила тяжіння, з

якою діє Земля на тіло, не змінила­ся. Отже, вода діє на камінець із силою 2 Н, направленою вертикаль­но угору. Показ динамометра Г = = 1 Н — це рівнодійна сили тяжін­ня Г і сили, з якою тіло виштов-

¥

г

= г - г.

а б

Мал. 3.124

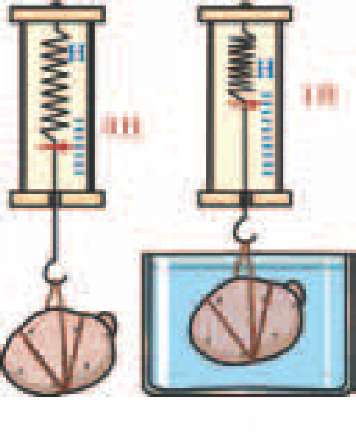
Т.ЯЇК ~

р = г

У нашому випадку

^ = 3 Н - 1 Н = 2 Н.

вишт



хується з води, - Г . Отже,

витттт '

З власного досвіду ви знаєте, що у воді підняти камінь значно лег­ше, ніж коли він лежить на бере­зі, тому що у воді на допомогу приходить виштовхувальна сила.

Закон Архімеда. Закон, за яким можна було розраховувати виштовхувальну силу, що діє на занурене в рідину тіло, відкрив давньогрецький вчений Архімед. Тому виштовхувальну силу часто називають силою Архімеда (РА).

Спочатку з'ясуємо, чому на будь-яке тіло, занурене в рідину, діє сила Архімеда. Тиск у кожній точці рідини передається однаково в усіх напрямках і залежить від глибини. Розглянемо сили тиску, які діють у рі­дині на всі поверхні зануреного в неї тіла.

Нехай тіло має форму прямокутного паралелепіпеда (мал. 3.125). На верхню грань тіла діє тиск р1 = Рр§Ь1 стовпчика рі­дини висотою Н1. Сила тиску на цю поверхню з боку рідини становить = р1Б = рр0к1Б, де рр — густина рідини; 5 — пло­ща поверхні тіла. Ця сила направлена вертикально вниз.

Тиск рідини на бічні грані змінюється з глибиною. Але на одному й тому самому рівні він однаковий. Тому сили тиску які діють на бічні поверхні, однакові й протилежно направле­ні, а їх рівнодійна дорівнює 0.

Нижня поверхня знаходиться на глибині Н2. Її площа така сама, як і верхньої грані. На нижню поверхню тіла діє сила

= р2Б = рр0к2Б, яка направлена вертикально вгору. Оскіль­ки нижня поверхня знаходиться глибше ніж верхня (к2 > й1), а їх площі однакові, то сила більша за силу Їх рівнодій­на дорівнює різниці цих сил і направлена вгору. Рівнодійна сил тиску рідини на нижню та верхню грані тіла і є тією ре­зультуючою силою, що виштовхує (або намагається виштов­хнути) тіло з рідини:

\*А = Р2 - ^ = Р1Б - р5 = р р- р рghlБ = р рц (%2 - ^)Б .

Як видно з мал. 3.125, h2 — h1 = h — висота прямокутного паралелепіпеда, а (^ — h1) Б = V — його об'єм. Остаточно мож­на записати, що

\ І ЇРі\ \

І

А,

ТТЇР

Мал. 3.125

^А = РрЦ^т.

Це і є формула для визначення виштовхувальної сили (си­ли Архімеда), яка діє на тіло, занурене в рідину. З формули випливає: сила, яка діє на занурене в рідину тіло, тим більша, чим більша густина рідини і чим більший об'єм тіла, зануре­ного в цю рідину.

Якщо в мензурку з рідиною занурити тіло, то її рівень під­вищується: тіло витискає рідину. Повністю занурене в ріди­ну тіло витискає об'єм рідини, який дорівнює об'єму тіла. Саме таким способом можна визначити об'єм тіла неправиль­ної форми. Добуток густини рідини на об'єм тіла, занурено­го в неї, дорівнює масі рідини, витиснутої тілом: ррУт = тр. Оскільки добуток тр на g — це вага рідини: тре = Рр, об'єм якої дорівнює об'єму зануреного в неї тіла, формулу для розрахунку сили, що виштовхує тіло з рідини, можна запи­сати так:

Р. = те = Р .

А р° р

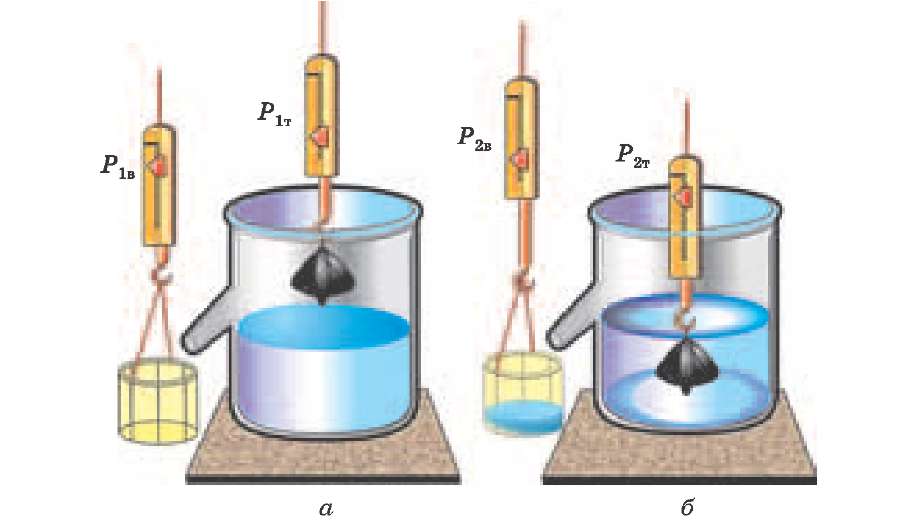
Це й є закон, який було відкрито Архімедом.

Сила, з якою рідина діє на занурене в неї тіло, дорівнює вазі витісненої тілом рідини.

Перевірити закон Архімеда можна за допомогою простого досліду. Візьмемо два однакових динамометри і до гачка одно­го з них підвісимо відерце, а до іншого — невелике тіло (мал. 3.126). Перший динамометр покаже вагу відерця Р1в, а другий — вагу тіла в повітрі Р1т. У відливну посудину наллємо до рівня отвору відливної трубки воду (мал. 3.126, а). Підста­вимо відерце під трубку відливної посудини і зануримо тіло у воду (мал. 3.126, б). Покази обох динамометрів змінюються. Так і має бути. Динамометр, до якого підвішено відерце, тепер показує вагу відерця і води, що вилилася з посудини (витиснутої тілом). На занурене в рідину тіло Р2в діє виштов- хувальна сила Р2т. Тому покази динамометра, до якого воно підвішене, зменшилися. Проте відерце з водою стало важчим настільки, наскільки зменшилися покази динамометра з тілом: Р - Р = Р - Р .

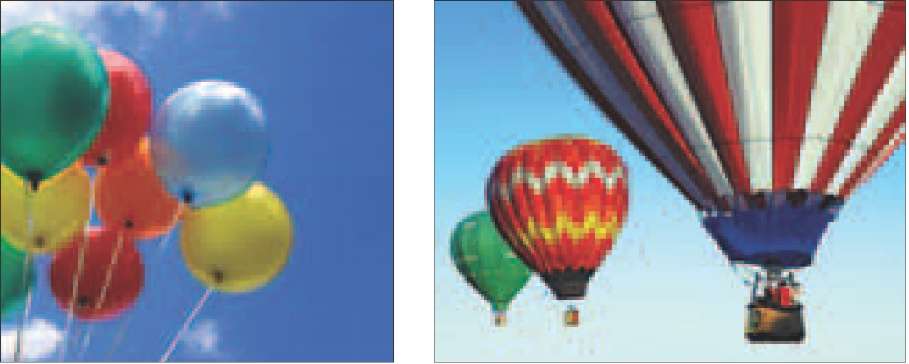
1т 2т 2в 1в

Отже, виштовхувальна сила дійсно дорівнює вазі витисну­тої тілом води.



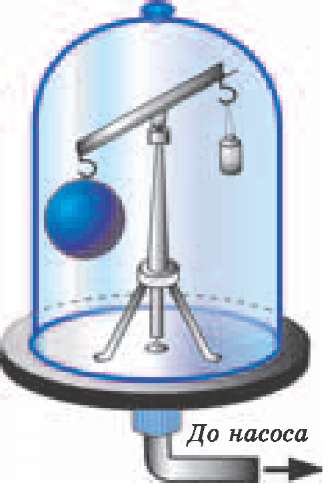
Мал. 3.126

Виштовхувальна дія газів. Архімед мабуть не здогадувався, що відкритий ним закон справджується не лише для рідин. Гази так само, як і рідини, мають вагу. Як і рідини, гази згі­дно із законом Паскаля передають тиск в усіх напрямках од­наково. Густина газів у сотні, а то й у тисячі разів менша, ніж густина рідин. Відповідно, вага однакових об'ємів рідин і га­зів розрізняється у стільки само разів [[12]](#footnote-12). Тому виштовхувальна сила газів стає помітною для тіл досить великих об'ємів. Ви мабуть неодноразово спостерігали, як зринають у небо надувні кульки, наповнені легким газом (мал. 3.127). Під дією виш- товхувальної сили атмосферного повітря піднімаються вгору повітряні кулі і стратостати, наповнені теплим повітрям або легким газом (мал. 3.128).



Мал. 3.127

Мал. 3.128



Мал. 3.129 Закон Архімеда для

Переконатися у виштовхувальній дії газу можна так. Під ковпак пові­тряного насоса поміщають важіль. На одному з його кінців закріплюють зак­риту скляну порожнисту кулю, а на іншому, для рівноваги, — маленьку гирьку (мал. 3.129). Якщо відкачати з-під ковпака повітря, то рівновага порушується: куля переважує гирьку. Оскільки об'єм кулі значно більший, ніж гирі, в повітрі на кулю діє знач­но більша сила Архімеда. Виштовху- вальну силу повітря доводиться вра­ховувати під час точних зважувань, якщо об'єм тіла значно відрізняється від об'єму гир. У результат зважуван­ня вносять відповідні поправки. рідин і газів формулюється так:

На будь-яке тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовху- вальна сила, направлена вертикально вгору, значення якої дорівнює вазі рідини або газу, витіснених цим тілом.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

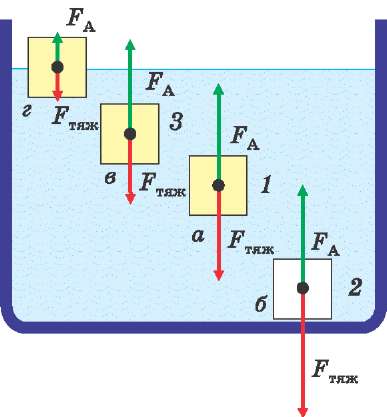
1. Які відомі вам явища свідчать про існування виштовхувальної си­ли, що діє на тіла в рідинах і газах?
2. Як, скориставшись законом Паскаля, довести існування виштовху­вальної сили, що діє на тіло, занурене в рідину?
3. За допомогою якого досліду можна показати, що на тіло, зануре­не в рідину, діє виштовхувальна сила?
4. Сформулюйте закон Архімеда?
5. Як обчислити архімедову силу? В якій воді легше плавати: морсь­кій чи річковій? Чому?
6. Два тіла однакового об'єму, виготовлені із заліза і дерева, кинули у воду. Тіло з дерева плаває так, що половина його об'єму знаходиться над водою. Залізне тіло потонуло. На яке з цих тіл діє більша виштовху­вальна сила?
7. Яку силу потрібно прикласти, щоб підняти під водою камінь ма­сою 30 кг, об'єм якого 0,012 м[[13]](#footnote-13)?
8. Яку силу потрібно прикласти, щоб підняти у воді сталевий вили­вок масою 50 кг?
9. Визначте показання динамометра, якщо тіла об'ємом 100 см3, ви­готовлені з алюмінію, заліза, свинцю, зважувати в гасі.

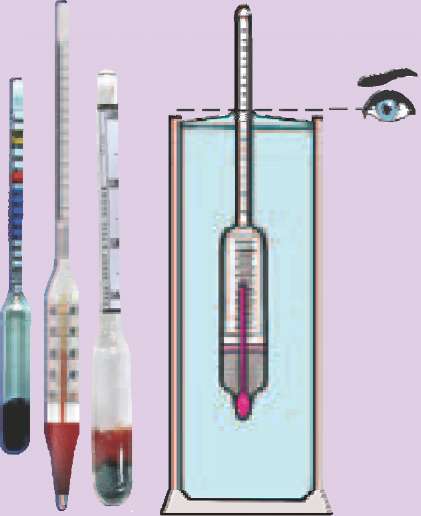
§ 48. ПЛАВАННЯ ТІЛ

Ви, звичайно, добре знаєте, що різні тіла, потрапляючи в рідину, можуть спливати на її поверхню, тонути чи плавати під поверхнею рідини. Дерев'яний брусок спливе на поверхню, навіть якщо його повністю занурити в неї, шматок пінопласту плаває у воді, майже не занурюючись, а в льодяного айсберга над поверхнею води знаходиться лише 0,1 частина його об'є­му. Камінь, цеглина, залізні тіла тонуть у воді. Які умови по­винні виконуватися, щоб тіло плавало чи тонуло?



Розглянемо тіло, повністю занурене в рідину (мал. 3.130). На нього діє сила тяжіння Ртяж, направлена вертикально вниз, і сила Архімеда Рд, направлена вгору. Ви знаєте, що за умовою рівноваги тіло перебуває в спокої, якщо рівнодійна усіх сил, які на нього діють, дорівнює 0. Тому можливі такі випадки:





Мал. 3.131 Мал. 3.132



Те, що залежно від густини рідини тіло, яке плаває, по-різно­му заглиблюється в рідину, використовують у приладах для вимірювання густини рідин — ареометрах (від грец. агаіув — рідкий, теі;гео — вимірюю).

Найчастіше, ареометри — це скляні запаяні колби у ви­гляді поплавця, в нижній ча­стині яких знаходиться тя­гар (свинцевий дріб), а у верхній, вузькій — вставлено шкалу (мал. 3.131). Оскільки густина рідин залежить від температури, деякі ареоме­три у нижній частині мають термометри. Залежно від призна­чення ареометри поділяють на лактометри (для визначення жирності молока), спиртометри (для вимірювання процент­ного вмісту спирту в рідині) та ін. Результат вимірювання гу­стини зчитують за шкалою ареометра так, як показано на мал. 3.132.



1. Яйце тоне у прісній воді, але плаває в солоній. Поясніть чому?
2. На мал. 3.133 зображено поплавець, який можна використовувати як терези. Поясніть, як діють такі терези.
3. Стальний брусок, вага якого у пові­трі дорівнює 15,6 Н, занурили у воду (мал. 3.134). Визначте значення і напря­мок сили натягу пружини.
4. Пробірку помістили в мензурку з водою. Рівень води при цьому підвищив-

Мал. 3.134 ся від поділки 100 до 120 см[[14]](#footnote-14). Скільки важить пробірка, яка плаває у воді?

1. Яку масу води витискає дерев'яний брус довжиною 3 м, шири­ною 30 см і висотою 20 см, який плаває? (Густина дерева 600 кг/м3.)
2. Візьміть невелику картоплину, щоб вона вільно входила у склян­ку. Наберіть у склянку чисту теплу воду. Опустіть у воду картоплину — вона тоне. Отже, густина картоплини перевищує густину чистої води. Насипте в склянку дві столові ложки кухонної солі і старанно розмішай­те, щоб сіль розчинилася. Картоплина спливе так, що частина її підні­меться над водою. Який висновок можна зробити з цього досліду? Для з'ясування, як змінюється густина розчину солі, скористайтеся ареоме­тром. Потроху доливаючи в склянку чисту воду, доможіться, щоб карто­плина плавала нижче від рівня води (всередині рідини). Яка умова пла­вання тіл виконується у цьому випадку?

УЗ

Мал. 3.133

1. Виготовте модель ареометра. Візьміть виписаний стрижень кулькової ручки і перевірте, чи плаває він вертикально у воді. Якщо стрижень тоне, підберіть інший, більшої довжини чи більшого діаметра. Якщо стрижень не набуває вертикального положення, наліпіть на його кінчик пластилінову кульку. Відмітьте на ньому рівень занурення у воду (густина води 1000 кг/м3). Ваш ареометр готовий. Тепер ви можете визначати, які рідини мають густину більшу за 1000 кг/м3, а які — меншу. Помістіть ваш ареометр у розчин солі чи іншої рідини. Якщо у вас



є рідина з відомою густиною (гас, олія), ви можете проградуювати свій ареометр.

Густина людського тіла приблизно дорівнює густині води. Тому людина у воді перебуває ніби в стані нева­гомості. Люди, які вміють правильно організувати своє дихання, можуть вільно лежати на воді. Адже вдихнувши повітря, вони збільшують об'єм свого тіла й спли­вають над водою.



Мал. 3.135

На нашій планеті існують водойми, в яких людина потону­ти взагалі не може (мал. 3.135). У воді цих водойм великий вміст солей і, відповідно, густина рідини більша за густину прісної води і густину тіла людини. Найбільш відомою соло­ною водоймою у світі є Мертве море — велике озеро між Ізра­їлем і Йорданією. Густина його води становить 1190 кг/м3.



Подібні водойми є й в Україні. Це, зокрема, відомий свої­ми лікувальними властивостями лиман Куяльник біля Одеси.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10 З'ясування умов плавання тіла

3. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимірювань і розрахунків, яка може мати такий вигляд:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | Об'єм витиснутої поплавцем води V, л (см3) | Маса поп­лавця т, г | Сила тяжін­ня, яка діє на попла­веЦЬ Ґтяж, Н | Сила Архіме­да н | Поведінка поплавця у воді (плаває, тоне, спливає) |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* 1. Насипте у пробірку піску трохи менше ніж до половини. Щільно закрийте її корком.
  2. Виміряйте масу пробірки та визначте силу тяжіння, яка діє на неї.
  3. Обережно опустіть пробірку-поплавець у мензурку з водою. Відмітьте результат спостереження за її поведінкою у воді.
  4. Визначте об'єм витиснутої пробіркою води та значення си­ли Архімеда, яка діє на неї.
  5. Витягніть пробірку, підчепивши її гачком, з води. Залиш­ки води на пробірці висушіть фільтрувальним папером.
  6. Повторіть дослід кілька разів, відсипаючи з пробірки по­троху піску (поки пробірка не буде плавати занурившись при­близно до половини). Щоразу відмічайте результат її поведінки у воді та визначайте значення сили Архімеда і сили тяжіння, які діють на неї.
  7. Запишіть загальний висновок щодо умов плавання тіла.

Цю лабораторну роботу можна виконати і без використання



піску. Замість піску пробірку чи інший скляний поплавець мож­на заповнювати тією ж водою. Увесь інший порядок проведення дослідів залишається той самий.

Цей цікавий дослід відомий вже майже 300 років. Його приписують французькому вченому Рене Декарту (на латинській мові його прізвище Картезій). На базі цього досліду було створено іграшку — картезіанський водо­лаз. Ви можете легко Ті виготовити за кілька хвилин. Візьміть піпетку і прозору пластикову пляшку з кришкою.

Налийте у пляшку воду майже до самого горличка. Наберіть у піпетку таку кіль­кість води, щоб вона плавала, а верх її гумового ковпачка лише на 1—3 мм ви­ступав над поверхнею води. Опустіть пі­петку у пляшку і загвинтіть кришку. Ваш водолаз готовий. Стисніть пляшку рукою і піпетка-водолаз почне опускати­ся на дно пляшки (мал. 3.136). Послабте тиск на пляшку і піпетка спливе на по­верхню. Можете одягнути на піпетку "водолазний костюм". Поясніть дослід. Для цього вам необхідно пригадати закон Паскаля і умови плавання тіл.

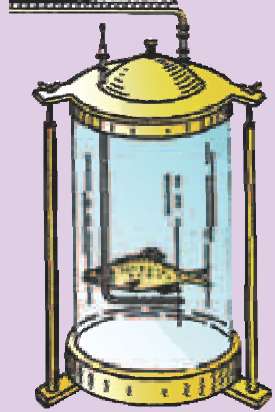


І сьогодні ще дехто вважає, що повітряний міхур потрібен рибі, щоб занурюватися і спливати. Проте давно доведено, що риба

не може за своїм бажанням роздувати чи стискати міхур. Зміна його об'єму відбу­вається пасивно, під дією зовнішнього тиску води. Міхур лише допомагає рибі в нерухомому стані зберігати рівновагу, але ця рівновага нестійка. Зміни об'єму міхура для риби не лише не корисні, а й шкідливі, оскільки можуть зумовлювати або швидке падіння на дно, або підняття на поверхню.



Мал. 3.136



Мал. 3.137

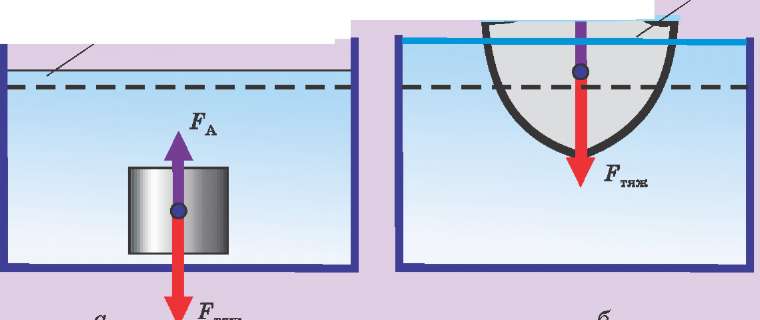
Те, що пасивна зміна об'єму міхура риб внаслідок зміни тиску води з глибиною дійсно має місце, підтверджується наступним дослідом. Рибку в приспаному ста­ні (під наркозом) помістили в закриту посудину з водою (мал. 3.137), в якій підтримувався достатній тиск, близький до тиску на глибині в природній водоймі. На поверхні води риб­ка лежить черевцем догори. Коли її занурити трохи глибше, вона знову спливе на поверхню. Якщо її занурити ближче до дна, то рибка опуститься на дно. Але існує такий шар води, де рибка залишається в рівновазі — не тоне й не спливає.

§ 49. СУДНОПЛАВСТВО. ПОВІТРОПЛАВАННЯ

Плавання суден. З давніх-давен люди використовува­ли ріки, озера, моря як шляхи сполучення. Водні шляхи й сьогодні залишаються найзручнішим і найдо­ступнішим видом сполучення. Щодня морські й річкові судна доставляють у порти мільйони тон вантажів і перевозять сотні тисяч пасажирів.

Як плавають судна? Адже їх корпуси виготовляють зі ста­лі, алюмінію й навіть залізобетону, густина яких більша за гу­стину води. Проведіть простенький дослід. Візьміть шматок пластиліну й вкиньте його в посудину з водою. Пластилін то­не, бо його густина більша, ніж густина води. Дістаньте пла­стилін з води, розімніть і зробіть з нього тонку пластинку. На­дайте їй форми човника. Якщо його опустити на воду, він тро­хи зануриться, але триматиметься на поверхні. Так само човен (корабель), виготовлений з розкатаного в лист заліза, буде пла­вати на воді. Човен (судно) плаває на поверхні води тоді, коли сила Архімеда дорівнює силі тяжіння, що діє на човен.





Об'єм води, витиснутої тілом

Запас авучості

Мал. 3.138

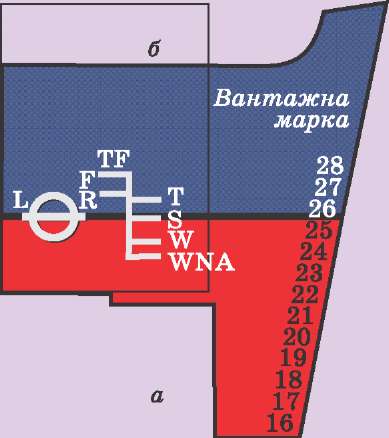
ОЧі

Будь-яке тіло, поступово занурюючись у воду, зазнає дії виш- товхувальної сили, яка зростає зі збільшенням тієї його частини, яка знаходиться під водою. Суцільний шматок заліза чи пласти­ліну, повністю занурені у воду, витискають певний її об'єм. Про­те вага витиснутої ними води менша за силу тяжіння, що діє на тіла. Тому суцільні металеві тіла тонуть (мал. 3.138, а).

Якщо тій самій масі заліза (тілу) надати такої форми, зав­дяки якій витискатиметься знач­но більший об'єм води, то під час занурення у воду настане момент, коли виштовхувальна сила буде достатньою, щоб утри­мати його на плаву (мал. 3.138, б), ще й залишається деякий "запас плавучості". Вага витіс­неної води судном, що плаває, дорівнює силі тяжіння, яка діє на судно. Тому маса води, яку витискає судно, дорівнює його масі. У судноплавстві масу во­ди, яку витискає судно, називають водотоннажністю судна.

Судно не тільки повинно саме триматися на плаву. Воно призначене для перевезення вантажів і пасажирів. Під час бу­дівництва суден їх водотоннажність визначають з урахуванням маси усіх вантажів, машин і механізмів, які на ньому можуть знаходитися. Крім того, слід враховувати, що судно не має затонути в штормову погоду, коли на нього накочуються ве­летенські хвилі й вода потрапляє на палубу, а то й у трюми. То­му значна частина корпусу судна повинна залишатися над водою (у судна має бути достатній запас плавучості). Допусти­мий рівень занурення судна позначають на ньому спеціальною лінією — ватерлінією. Як правило, частину корпусу судна, яка знаходиться нижче від ватерлінії, фарбують у червоний або зелений колір.

Глибину занурення судна називають осадкою. Для контро­лю осадки в передній (носовій) та задній (кормовій) частинах корпусу судна наносять марки занурення (мал. 3.139, а). Об'єм корпусу судна, що залишається над водою, залежить від висо­ти надводного борту і визначає запас його плавучості.



Мал. 3.139

Морськими правилами заборонено завантажувати судно понад певні норми. Густина води в різних частинах світового океану різна, тому залежно від району плавання судно може завантажуватися по-різному. Для контролю завантаженості судна на його корпусі малюють вантажну марку, яка вказує

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | |  |
|  | |  |
| Мал. 3.140 | |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Мал. 3.141 | | |
| допустиму глибину занурення під час плавання в різних місцях світового океану (мал. 3.139, б)  Щоб в аварійних ситуаціях, коли корпус пошкоджується, судно не потонуло, його всередині розділяють водонепроникни­ми вертикальними переділками та горизонтальними палубами на окремі частини — відсіки. Якщо виникає пробоїна, вода за- | | |

повнює лише той чи інший відсік, не поширюючись по всьому корпусу.

На мал. 3.140 ви бачите найбіль­ше із збудованих у світі суден — тан­кер довжиною 414 м. При повному завантаженні 555 000 т його осадка становила 28,5 м.

Вивчення океанських глибин ви­магало особливих наукових і кон­структорських рішень щодо засобів, за допомогою яких людина змогла б проникати на великі глибини. Із за­нуренням на кожні 10 м під воду тиск збільшується приблизно на 100 000 Па Мал. 3.142

порівняно з атмосферним тиском.

Судна, які плавають під водою, називають підводними човна­ми. Сучасні підводні човни (мал. 3.141) можуть плавати на глибині понад 300—400 м. Міцний корпус підводного човна здатний витримати тиск до 100 разів більший за атмосферний. Для занурення човна під воду використовують спеціальні баластні цистерни. Якщо цистерни заповнені водою, вага човна перевищує виштовхувальну силу, яка діє на нього, човен втра­чає запас плавучості й занурюється під воду. Для підняття на поверхню у цистерни подається стиснене повітря, яке витискає з них воду, і човен спливає.



Повітроплавання. Подолання сили тяжіння Землі, підняття до хмар, використання повітряного океану для подорожей і пе­ревезення вантажів приваблювали людей здавна. Спостережен­ня за підняттям угору потоків нагрітого повітря породили ідею створення повітряних куль, наповнених теплим повітрям. Саме на такій кулі, виготовленій братами Монгольф'є, 21 листопада 1783 р. було здійснено перший успішний політ людини. Побу­дована ними куля мала висоту 22,7 м і діаметр 15 м (мал. 3.142). У нижній її частині кріпилася кільцева галерея, розрахована на двох осіб. Під отвором оболонки в середині галереї було підвішено жаровню, де спалювали подрібнену соло­му, тепло від якої підігрівало повітря всередині кулі. Перший політ тривав 25 хв. За цей час повітряна куля подолала 9 км і успішно приземлилася. З того часу повітряні кулі, які підніма­ються угору на підігрітому повітрі, називають монгольф'єрами.



Мал. 3.143

Французький фізик Жак Шарль вважав, що більш ефек­тивним є використання в повітряних кулях не теплого повітря, а легких газів, зокрема водню. 1 грудня 1783 р. Ж. Шарль здійснив перший політ на аеростаті, заповненому воднем. Аеро­стати й сьогодні з успіхом використовуються для дослідження атмосфери.

Монгольф'єри і аеростати некеровані, вони рухаються в по­вітрі під впливом вітру.

У XIX ст. з'явилися нові літальні апарати — дирижаблі (від франц. dirigeable — керований). Дирижабль (мал. 3.143) — складніший апарат, хоч в основу його будови покладено саме аеростат. Головна відмінність полягає у формі та керованості. Оболонка дирижабля має обтічну форму. Обтічний корпус дає змогу розвивати досить значні швидкості і летіти у потрібному напрямку. Під корпусом підвішують гондолу з приміщеннями для пасажирів та вантажів. Дирижаблю надають руху за допо­могою гвинтів, які обертають двигуни. Дирижаблі найчастіше наповнюють гелієм, який хоч і важчий у 4 рази за водень, про­те не є займистим. Вантажопідйомність дирижабля залежить від внутрішнього об'єму оболонки і може досягати сотень тон. Сучасні дирижаблі розвивають швидкість до 200 км/год, мо­жуть перевозити за рейс сотні людей, забезпечуючи їм під час подорожі комфортні умови.

Головне в розділі "ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ"

Якщо на тіло не діють інші тіла, або дії усіх інших тіл урівноважуються, тіло зберігає стан спокою, або рухається рів­номірно й прямолінійно.

Властивість тіл зберігати свою швидкість і змінювати її тільки унаслідок взаємодії з іншими тілами називають інерці­єю (інертністю).

Маса — фізична величина, яка чисельно характеризує інерційні властивості тіл. У скільки разів більша маса тіла, у стільки ж разів менше змінюється його швидкість під час взає-

т v модії: = — .

т2 V

Фізичну величину, яка чисельно характеризує дію одного тіла на інше під час їх взаємодії, називають силою.

Сила визначається числовим значенням, напрямком і точ­кою прикладання.

Силу, під дією якої тіло рухається так само, як і під дією кількох одночасно прикладених сил, називають рівнодійною цих сил.

Рівнодійна сил, що діють в одному напрямку уздовж однієї прямої, дорівнює сумі цих сил і має той самий напрямок:

р 1 2

Рівнодійна сил, що діють уздовж однієї прямої у протилеж­них напрямках, дорівнює їх різниці й направлена у бік біль­шої сили:

р 1 2

Сили, з якими взаємодіють два тіла, мають однакову при­роду та значення, протилежні за напрямком, прикладені до різних тіл і діють уздовж однієї прямої.

Земля діє на всі тіла із силою, яка називається силою зем­ного тяжіння:

^ = т§.

тяж °

Силу, з якою тіло внаслідок притягання до Землі розтягує підвіс або діє на горизонтальну опору, називають вагою тіла.

Силу, яка виникає в пружно-деформованому тілі і направ­лена проти напрямку зміщення частинок тіла, називають си­лою пружності. Сила пружності, що виникає в пружно дефор­мованому тілі, прямо пропорційна його видовженню:

Р = -Ш.

пр

Силу, яка перешкоджає рухові одного тіла по поверхні ін­шого і направлена проти напрямку руху, називають силою тертя.

Силу тертя, яка виникає під час ковзання одного тіла по поверхні іншого і направлена проти напрямку швидкості, на­зивають силою тертя ковзання:

Ртр =

Якщо поверхня горизонтальна, то N = Р = mg.

Тиском називають фізичну величину, яка дорівнює відно­шенню сили, що діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні:

Р

р=1 •

Тиск у рідинах, зумовлений їх вагою, називають гідроста­тичним тиском:

р = РйН.

Тиск, який діє на рідину або газ, що знаходяться в закри­тій посудині, передається в кожну точку рідини або газу без змін.

На тіло, занурене в рідину або газ, діє виштовхувальна си­ла — сила Архімеда. Сила Архімеда, з якою рідина діє на за­нурене в неї тіло, дорівнює вазі витісненої тілом рідини:

РА = Рр^

Багато явищ природи мгадують нам цікаві загадки і/ зв'лсу .і енергії мі



Р, Оейман

Розділ 4

МЕХАНІЧІШ РОБОТА

§ 50. МЕХАНІЧНА РОБОТА

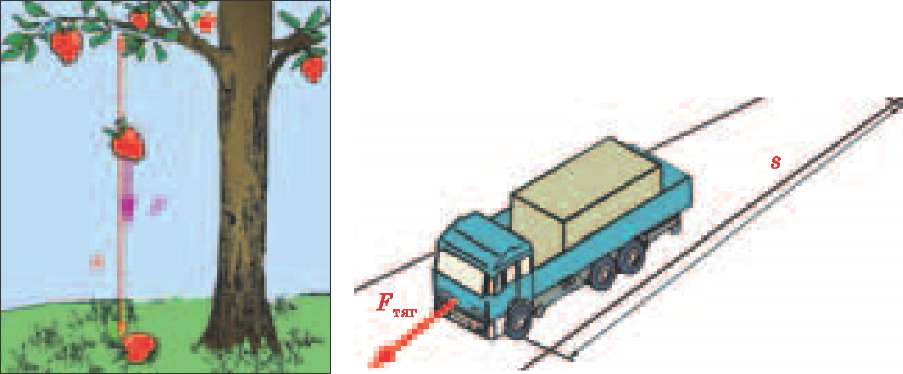
Властивості тіла у тому чи іншому стані характеризуються різними фізичними величинами. Наприклад, найголовнішим показником стану людини є її температура. Стан автомобіля у той чи інший момент залежить від швидкості руху, кількості пасажирів, маси вантажу, об'єму палива у баку, температури двигуна та ін. З часом стан тіла може змінюватися, змінюють­ся й величини, які його характеризують. Так, якщо людина захворіла, то її температура підвищується; автомобіль змінив стан — змінюється температура двигуна, кількість палива у баку, покази спідометра і одометра.

Ми розглядаємо механічні явища, тому нас (поки що) ціка­витимуть лише зміни величин, які характеризують механіч­ний стан тіл. Механічний стан тіла, що рухається, на той чи інший момент часу визначається, зокрема, силою (рівнодій- ною сил), які діють на нього, та пройденим шляхом.

На дереві висить яблуко. Його механічний стан не зміню­ється доти, поки воно не зірветься. Достигле яблуко відри­вається від гілки й падає унаслідок дії сили тяжіння. Зміна стану яблука пов'язана із зміною його положення відносно Зе­млі (гілки) і проходженням під дією сили тяжіння ^ певного шляху в (мал. 4.1).

Автомобіль, що рухається, теж змінює свій стан: унаслідок дії сили тяги ^ він змінює своє положення і проходить шлях в (мал. 4.2).

Як чисельно охарактеризувати зміну механічного стану ті­ла? Змоделюємо рух автомобіля, скориставшись брусочком

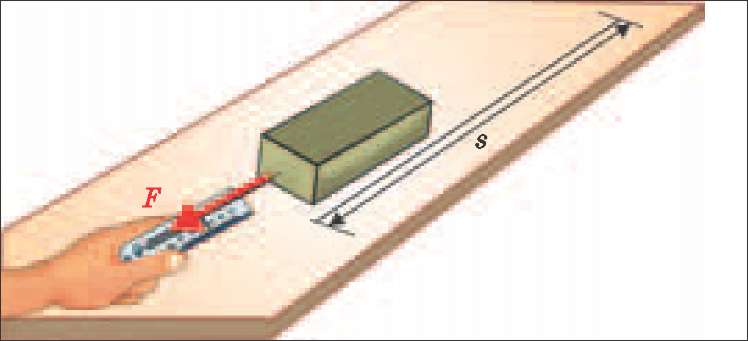


Мал. 4.1 Мал. 4.2

(автомобіль) і динамометром. Для зміни стану брусочка, що лежить на столі, потрібно подіяти на нього такою силою Б, щоб він змінив швидкість і подолав певний шлях й (мал. 4.3).

Виявляється, для зміни стану яблука, автомобіля, брусоч­ка чи іншого тіла необхідно, щоб на нього діяла сила і під її дією тіло пройшло певний шлях. Отже, зміна стану тіла, яке рухається, визначається прикладеною силою і шляхом, пройденим тілом під дією цієї сили.

Чим більша сила і чим більший шлях пройшло тіло під ді­єю цієї сили, тим більші зміни відбулися в стані тіла. Щоб чи­сельно характеризувати зміну стану тіла, використовують фі­зичну величину, яку називають роботою сили і позначають літерою а.



Мал. 4.3

Роботою в механіці називають фізичну величину,

яка визначається добутком сили на пройдений під дією цієї

сили шлях:

А = Рв.

Очевидно, щоб змінити стан гирі масою 1 кг, піднявши її на висоту 1 метр, необхідно прикласти силу 9,8 Н. Для підняття гирі масою 10 кг на цю саму висоту необхідно прикласти си­лу, у 10 разів більшу, і виконати роботу, теж у 10 разів біль­шу. Піднімаючи гирю масою 10 кг на висоту 2 м, потрібно виконати роботу удвічі більшу, тобто у 20 разів більшу, ніж для підняття гирі масою 1 кг на висоту 1 м.

Слід пам'ятати, що сила не завжди може змінювати стан тіла, навіть якщо воно переміщується. Коли автомобіль руха­ється по горизонтальній дорозі, на нього діє декілька сил, зо­крема сила тяги двигуна і сила тяжіння. Проте переміщення автомобіля (а отже, і зміна його механічного стану) відбуваєть­ся лише внаслідок дії сили тяги двигуна. Тому можна говори­ти лише про роботу сили тяги, яка забезпечує рух автомобіля по дорозі. Якою б великою не була сила тяжіння, що діє на ав­томобіль, її робота дорівнює 0. А коли з дерева відривається й падає яблуко, то під дією сили тяжіння воно проходить пев­ний шлях (висоту). У цьому випадку сила тяжіння виконує роботу. Так само, яку б силу ви не прикладали, намагаючись пересунути шафу, якщо шафа не зрушить з місця й під дією прикладеної сили не пройде певний шлях, ваша робота дорів­нюватиме 0. (Пізніше ви дізнаєтеся й про інші особливості, пов'язані з визначенням роботи різних сил.)

Одиниці роботи. Одиницею роботи в СІ є джоуль (1 Дж). Ця одиниця названа на честь Д.Джоуля, видатного англійсь­кого вченого. Оскільки в СІ одиницею сили є 1 Н, а одиницею шляху 1 м, то з формули для визначення роботи сили випли­ває: 1 Дж = 1 Н • 1 м.

1 Дж — це робота, яку виконує сила в 1 Н, перемі­щуючи тіло на 1 м.

Прикладом виконання роботи в 1 Дж є підняття гирьки масою 100 г на висоту, дещо більшу за 1 м (102 см).

Задача 1. Важкоатлет піднімає штангу масою 100 кг на висоту 2 м. Яку роботу він виконує?

т = 100 кг, Щоб підняти штангу масою т = 100 кг,

Н = 2 м необхідно прикласти силу, яка дорівнює

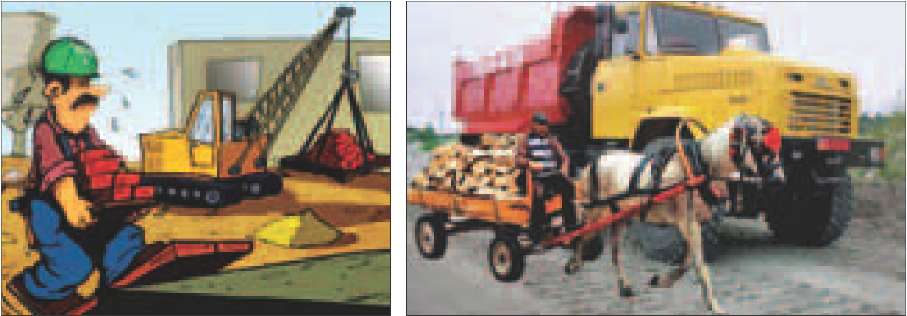
А — ?



вазі штанги р, і перемістити її на висоту



ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ



Мал. 4.4

Мал. 4.5

Швидкість виконання роботи — важлива характеристика різних машин і механізмів. Адже чим за менший час можна виконати роботу, тим продуктивнішою є машина. Швидкість виконання роботи характеризується фізичною величиною, яка називається потужність. Щоб порівняти швидкість виконан­ня робіт різними машинами та механізмами, слід порівняти роботи, виконані ними за однакові проміжки часу. Найзручні­ше порівнювати роботи, виконані за якусь певну одиницю ча­су. У такому випадку не потрібно щоразу домовлятися про час спостереження за виконанням роботи; достатньо виконану ро­боту поділити на час її виконання. Отримане значення вказу­ватиме, яка робота виконується за одиницю часу.

N =

Потужність у механіці найчастіше позначають латинською літерою N; формула для її визначення має вигляд

А

і ''

де А — робота; і — час, за який її виконано.

Потужність — фізична величина, що чисельно дорівнює відношенню роботи до проміжку часу, за який виконано цю роботу.

Потужність показує, яка робота може бути виконана за одиницю часу (1 с, 1 хв, 1 год).

Одиницею потужності у СІ є ват (1 Вт). Ця одиниця діста­ла назву на честь відомого англійського механіка і винахідни­ка Джеймса Уатта, внесок якого у створення й удосконалення парових машин є дуже значним. Оскільки одиницею роботи в

і = 2 год = 7200 с, V = 108 км/год = 30 м/с, Р = 200 кН

N — ?

Щоб дати відповідь на це питання, виконаємо деякі розрахунки. Подамо всі фізичні величини в одиницях СІ.

Потужність електровоза можна знай­ти, якщо виконану ним роботу з перемі­щення вагонів поділити на час її вико­нання:

n = а . і



Виконана робота дорівнює силі тяги електровоза, помно­женій на пройдений потягом шлях:

А = Бв.

Шлях в умові задачі не вказано, проте відомо час руху £ і швидкість V потяга. Тому 8 = Тоді

„ А л „ Бв Fvt „

N = — , А = Бв, N = — = = Fv .

£ £ £

Отже, потужність електровоза становить

м

N = 150000 Н х 30— = 4 500 000 Вт = 4,5 МВт.

с

Відповідь: N = 4,5 МВт.

Розв'язавши задачу, ми отримали ще одну формулу для визначення потужності: N = Fv. Визначати потужність за ці­єю формулою зручно, коли відома сила, під дією якої рівно­мірно рухається тіло, та швидкість його руху.

7

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

§ 52. МЕХАНІЧНА ЕНЕРГІЯ. ПОТЕНЦІАЛЬНА ЕНЕРГІЯ

Енергія. Механічна енергія. Слово енергія зустрічається в різних словосполученнях: електрична енергія, сонячна енергія, теплова енергія, атомна енергія, енергія вітру та ін. Енергія, яка утворюється під час згоряння палива в двигунах автомобі­лів, літаків, ракет, забезпечує їх рух. Електропоїзди руха­ються завдяки електричній енергії, яка виробляється на атом­них, теплових або гідроелектростанціях. Електрична енергія забезпечує виконання роботи різноманітними станками, елек­троінструментами, кухонними машинами. За рахунок елек­тричної енергії працюють комп'ютери й телевізори. Завдяки сонячній енергії існує життя на Землі.

Грецькою мовою слово енергія означає дію, діяльність. Вче­ні назвали цим словом фізичну величину, щоб кількісно ха­рактеризувати рухи і взаємодії в усіх їх проявах. Рух матерії, тобто зміни в навколишньому світі, як ви знаєте, проявляється через механічні, теплові, електричні, світлові та інші явища. Залежно від явищ розрізняють різні форми енергії.

Особливості руху тіл і частинок, з яких вони складаються, визначаються їх взаємодією. Для характеристики руху і взає­модії тіл у механіці використовують поняття механічна енер­гія. Енергія значною мірою визначає, як саме відбувається те чи інше явище.

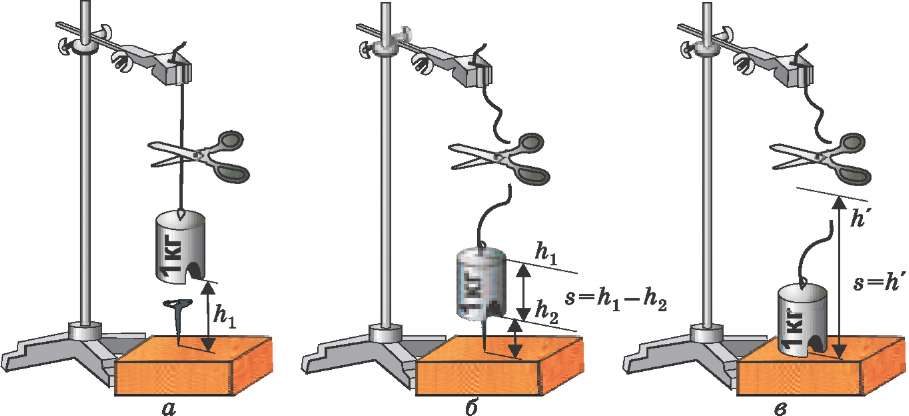
Потенціальна енергія тіла, на яке діє сила тяжіння. Вам мабуть доводилося забивати гвіздки. Щоб забити гвіздок, ми піднімаємо молоток і потім опускаємо його на шляпку гвізд­ка. Сила, з якою молоток діє на гвіздок, надає йому руху і ви­конує роботу з його забивання (мал. 4.6). Замість молотка можна використати гирю, підвішену на нитці. Якщо під нею поставити дошку із вколотим гвіздком, то гиря, падаючи,

заб'є його в дошку (мал. 4.7).





Піднятий на деяку висоту мо- ■ь лоток або гиря здатні виконати ^^Чг роботу. Чому виконується ця робо­та? Від чого залежить її резуль­тат? Проведемо дослід із гирею. ^^^^ Нехай піднята над дошкою гиря Мал. 4.6 перебуває в стані спокою, що виз-



Мал. 4.7

Н, - Е Н2.

к 1 тяж 2

начається висотою Н, та масою т (мал. 4.7, а) Переріжемо нит­ку. Під дією сили тяжіння гиря падає, її висота зменшується, а швидкість зростає. Після удару об гвіздок її стан визначаєть­ся новою висотою Н2 — відстань від голівки гвіздка до дошки (мал. 4.7, б). Падаюча гиря пройшла шлях й = Н, — Н2; гвіздок увійшов у дошку. Стан гирі змінився унаслідок роботи, вико­наної силою тяжіння. Визначимо цю роботу:

А = Ев = Е (Н, - Н2) = Е

тяж ^ 1 2 т

Повторимо дослід, піднявши гирю вище — на висоту Н'. Те­пер робота, виконана силою тяжіння з переміщення гирі, біль­ша, і гвіздок увійде в дошку глибше. Піднята вище гиря здат­на виконати більшу роботу. Якщо внаслідок падіння гирі гвіздок повністю увійде в дошку, то пройдений шлях і викона­на робота визначатимуться лише висотою підняття гирі над дошкою: А = Ев = ЕтяжН' (мал. 4.7, в) . Сила тяжіння, що діє на гирю, і висота підняття гирі над Землею визначають її здатність виконати роботу.

Величину, що визначає здатність тіла, піднятого на певну висоту над Землею, виконати ту чи іншу роботу, називають потенціальною \* енергією тіла, піднятого над Землею, і позначають Еп.

' Від лат. потенціал — можливість.

Сила тяжіння біля поверхні Землі, як знаєте, залежить від маси тіла: ртяж = mg. Якщо тіло падає на поверхню Землі, то його висота н2 дорівнюватиме 0. Пройдений тілом шлях дорів­нює висоті його підняття н. Робота, виконана силою тяжіння, у цьому випадку становить А = Еп = ртяжн = mgН. Тому для ті­ла, піднятого над Землею, потенціальну енергію визначають за формулою

еп = mgН.

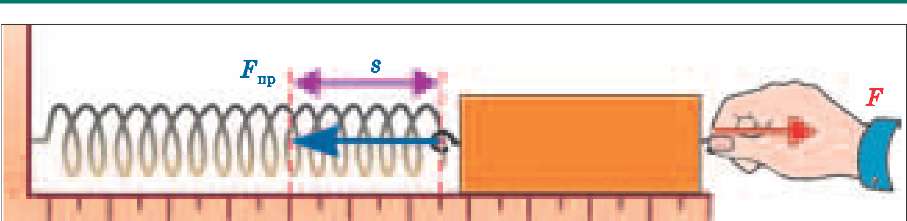
Потенціальна енергія тіла, піднятого над Землею, залежить від висоти (взаємного розташування тіла і Землі) та сили тя­жіння.

Одиницею енергії, як і роботи, у СІ є джоуль. Енергія в 1 Дж — це енергія, наприклад, тягарця масою 102 г, піднято­го на висоту 1 м.

Потенціальна енергія пружно-деформованого тіла. Прикрі­пимо до гачка брусочка, що лежить на столі, пружину і закрі­пимо її вільний кінець. Відтягнемо його так, щоб пружина видовжилась, а потім відпустимо. Скорочуючись, пружина пе­реміщує брусок на певну відстань, діючи на нього силою пруж­ності, і виконує роботу (мал. 4.8).

Зігнутий лук з натягнутою тятивою здатен послати стрілу на значну відстань і вразити нею ціль (мал. 4.9). Закручені гумові нитки надають руху моделям літаків (мал. 4.10), ко­раблів, автомобілів, виготовленим юними техніками. Хід ме­ханічного годинника забезпечує пружина. В усіх цих випадках роботу виконує сила пружності. Отже, пружно-деформовані ті­ла теж здатні виконувати роботу, тобто вони мають енергію.

Енергія, яку мають тіла внаслідок пружної деформації, називають потенціальною енергією пружно-деформованого тіла.



-40 -ЗО -20 -10 0 10 20 ЗО 40 50 60 см

Мал. 4.8



Мал. 4.9

Мал. 4.10

Від чого залежить енергія тіл, що виникає внаслідок їх пружної деформації? Неважко переконатися, що чим більша деформація (розтяг, стиснення та ін.) тіла, тим більша сила пружності виникає в ньому і тим більшу роботу воно здатне виконати. Щоб якомога далі послати стрілу, слід сильніше зіг­нути лук, натягуючи його тятиву. Більш розтягнута пружина перемістить брусочок на більшу відстань і діятиме на нього з більшою силою. Отже, енергія пружно-деформованого тіла залежить від його деформації.

Чому пружно-деформовані тіла мають енергію? Коли тіло підняте над Землею, його потенціальна енергія залежить від взаємного розташування тіла і Землі (висоти над Землею). У випадку деформації пружних тіл їх стан і відповідно енергія, яка його характеризує, теж визначаються взаємним розміщен­ням, але вже не тіл, а лише окремих їх частинок.

Потенціальною енергією називають енергію тіл, яка залежить або від їх взаємного розташування (координат), або від взаємного розташування частинок одного й того самого тіла.

Як можна визначити потенціальну енергію пружно- деформованого тіла? Розглянемо найпростіший випа­док. Ви розтягнули пружину динамометра з силою 4 Н. Яку роботу може виконати пружина динамометра,

скорочуючись до позначки 0? Для визначення роботи необхідно силу помножити на шлях: А = Рв. Шлях, пройдений гачком пружини динамометра, дорівнюватиме розтягу пружини: в = = АІ (мал. 4.8). Сила пружності під час скорочення пружини змі­нюється від 4 Н до 0. Але ми знаємо, що ця сила прямо пропор­ційна видовженню. Тому можна легко знайти середнє значен­ня сили пружності: Рс = —. Отже, А = в = Рс АІ = — АІ . При­гадайте, значення сили пружності, що виникає під час пруж­них деформацій, визначається за законом Гука: Р = кАІ (к — коефіцієнт жорсткості пружини). Підставивши визначену за законом Гука силу у попередню формулу, отримаємо

. .. кАІ.. кАІ2

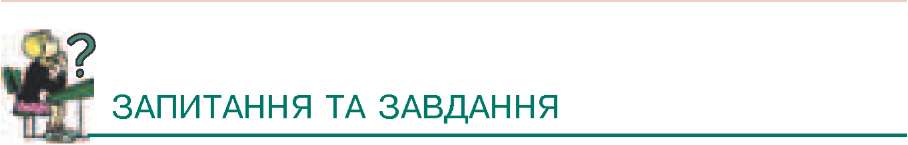
А = Р АІ = АІ = .

пр 2 2

Оскільки пружина динамометра, скоротившись до познач­ки 0, стає недеформованою й не може у цьому стані виконува­ти роботу, Ті енергію можна прийняти такою, що дорівнює 0. Тому робота, виконана пружиною під час стискання, дорів­нює Ті енергії:

кАІ2

Е = А =



1. Яка форма механічної енергії у заведеної пружини годинника?
2. Під час кладки стіни другого поверху будинку на перекриття першого поверху з висоти 1,5 м впала цеглина. Перекриття розташоване на висоті 4 м над поверхнею Землі. Маса цеглини 4 кг. Визначте:

а) яку роботу виконала сила тяжіння, під дією якої падала цеглина;

б) якою була початкова потенціальна енергія цеглини відносно пере­криття і відносно поверхні Землі; в) якою стала енергія цеглини після падіння (відносно перекриття і відносно поверхні Землі; г) чи однакову роботу виконала сила тяжіння під час падіння цеглини за оцінками муляра, який робить кладку стіни на цьому поверсі, і спостерігача, який знаходиться на поверхні Землі?

1. Кран підняв на висоту 10 м вантаж масою 1,5 т. Яку роботу ви­конав двигун крана з піднімання вантажу? На скільки і як (збільшилася, чи зменшилася) енергія вантажу?

§ 53. КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ

Потенціальна енергія визначає можливість тіла, яке знахо­диться в певному стані, виконати роботу. Проте, якби високо ми не підняли молоток чи гирю, якщо їх стан не змінювати­меться, вони ніякої роботи не виконають. Підвішена на мотуз­ці гиря, розтягнута або стиснута пружина можуть залишатися в такому стані тривалий час, не виконуючи роботи. Щоб моло­ток забив у дошку гвіздок, він має рухатися, набути певної швидкості. Розтягнута пружина для виконання роботи повин­на скоротитися, а її витки — почати рухатися. Якщо не відпу­стити натягнуту тятиву лука, стріла не вразить ціль. Це озна­чає, що рухоме тіло може виконувати роботу.

Фізичну величину, яка характеризує здатність рухомого тіла виконувати роботу, називають кінетичною [[15]](#footnote-15) енергією.

Від чого і як залежить кінетична енергія тіла? Проведіть простий дослід. Встановіть похилий жолоб так, щоб його ни­жній кінець торкався поверхні стола. На поверхні горизон­тального стола на відстані 3—5 см навпроти жолоба розташуй­те невеликий дерев'яний брусочок. Покладіть на жолоб кульку й відпустіть. Кулька, скотившись, перемістить брусочок на деяку відстань — виконає роботу. Змінюючи висоту, з якої скочується кулька, можна змінювати швидкість, з якою вона рухається в момент удару об брусочок. Виявляється, що кулька, яка рухається з більшою швидкістю, виконує більшу роботу. Куля, випущена з рушниці, пробиває товсту дошку; якщо цю кулю кинути рукою, то результат взаємодії з дошкою буде значно слабкіший. Щоб забити у вертикальну дошку гвіздок, доводиться надавати молотку досить великої швидкості. Ви можете й самі навести багато прикладів, які свідчать про те, що чим більша швидкість тіла, тим більшу роботу воно здатне виконати під час взаємодії з іншим тілом.

Скочуючи кульки різної маси з однакової висоти, можна пе­реконатися, що чим більша маса кульки, тим на більшу від­стань вона перемістить брусок і тим більшу роботу вона здатна виконати. У навантаженого автомобіля кінетична енергія знач­но більша, ніж коли він рухається без вантажу. Велику кіне­тичну енергію має потяг. Щоб змінити кінетичну енергію тіла, необхідно змінити його стан — збільшити або зменшити швид­кість. Зміна стану можлива за умови виконання роботи. Потяг, автомобіль, візок, які перебувають у спокої, можуть змінити швидкість лише тоді, коли на них протягом певного часу дія­тиме сила (сила тяги двигуна, рука людини, яка тягне візок). При цьому тіло переміщується — проходить певний шлях. Пригадайте, як повільно набуває швидкості потяг після зупин­ки. Навпаки, щоб зупинити потяг, автомобіль чи візок, які рухаються з певною швидкістю, необхідно, щоб сила діяла про­ти напрямку їх руху і виконала роботу з їх гальмування. Тому потяг, автомобіль не можуть умить зупинитися і під час галь­мування проходять значний шлях до зупинки. А от маленький іграшковий автомобіль можна і розігнати швидше, і зупинити швидше — його маса й швидкість порівняно невеликі.

Досліди і спостережувані явища свідчать: кінетична енер­гія тіла залежить від його маси й швидкості руху.

Кінетичну енергію визначають за формулою

Е = ти\*

2



Розглянемо найпростіший випадок. Нехай тіло масою т розганяють із стану спокою до швидкості V, діючи на нього постійною силою. Якої кінетичної енергії воно на­буває?

Оскільки тіло в початковий момент не мало швид­кості, то кінетична енергія, якої воно набуде після розгону до швидкості V, дорівнюватиме роботі, виконаній силою під час проходження шляху в, тобто А = Рв. Силу, яка діє на тіло і змінює його швидкість, можна визначити за другим законом

Ньютона: Р = т 0, де Р — сила, внаслідок дії якої тіло

г

змінило швидкість; v0 і V — початкова і кінцева швидкості тіла; г — час, протягом якого діяла сила. Тіло починало руха­тися зі стану спокою. Його початкова швидкість дорівнювала

0. За цих умов сила, що діяла на тіло, становить Р = т —. За

час г воно пройшло шлях в. Швидкість тіла змінювалася. Про­те пройдений тілом шлях можна визначити, помноживши середню швидкість його руху —с на час руху: в = —сг. Оскільки сила не змінювалася, можна вважати, що швидкість тіла змі­нюється рівномірно і середня швидкість дорівнює половині

значення кінцевої швидкості [[16]](#footnote-16): —с = — . Відповідно пройдений ті­лом шлях можна визначити так: в = V г = — г. Тоді А = Рв =

с 2

V V тV[[17]](#footnote-17)

= т г = .

г 2 2

Але за умов задачі набута кінетична енергія дорівнює ви­конаній над тілом роботі. Отже, ми показали, що кінетичну енергію тіла дійсно можна визначити за формулою

Е = ти'

2

Кінетичну енергію мають усі рухомі тіла: автомобіль і лі­так, м'яч, що влітає у сітку воріт, куля, випущена з рушниці.

Кінетичну енергію має вода, що рухається у водоводі гідро­станції. Завдяки цій енергії вона надає руху турбінам на гідро­електростанціях. Енергія вітру — теж кінетична енергія. Зав­дяки цій енергії рухаються вітрильники, обертаються репеле- ри вітрогенераторів.

Якщо тіло виконує роботу за рахунок кінетичної енергії, його енергія зменшується. Так, кулька, яка переміщувала бру­сок, виконувала роботу, долаючи силу тертя між бруском і столом. Сила тертя направлена проти напрямку швидкості тіла. Внаслідок цього швидкість кульки, а відтак, і її енергія відносно стола зменшувалися, і через деякий час кулька зупи­нялася. Значення її кінетичної енергії дорівнювало 0. Так са­мо автомобіль після вимкнення двигуна під дією сили тертя, направленої протилежно до напрямку його руху, втрачає швидкість. Його кінетична енергія зменшується і з часом він зупиняється.



Навпаки, якщо на тіло діє сила так, що її напрямок збіга­ється з напрямком переміщення тіла, то енергія тіла зростає. Ракета за порівняно короткий час роботи двигунів розганяєть­ся до величезної швидкості, виконує роботу проти сили тяжін­ня Землі й виводить на орбіту штучний супутник або косміч­ний корабель.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

§ 54. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ Й ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ТА ЙОГО ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Рух і взаємодія — необхідні умови існування матеріально­го світу. Якби вони зникли, світ перестав би існувати. Енергія як загальна характеристика руху і взаємодії не лише визначає здатність тіл виконувати роботу, а й кількісно доводить, що рух — це невід'ємна властивість матерії.

Кожен з вас грався з м'ячем. Впустивши добре накачаний м'яч на підлогу або асфальтовану доріжку, ви неодноразово спостерігали, як після удару об тверде покриття він підскакує майже на таку саму висоту, з якої починав своє падіння. Це є наслідком перетворень, які відбуваються під час руху та взає­модії тіл, і проявом одного з основних законів фізики — зако­ну збереження і перетворення енергії в механічних явищах.

т т

Е=1

т

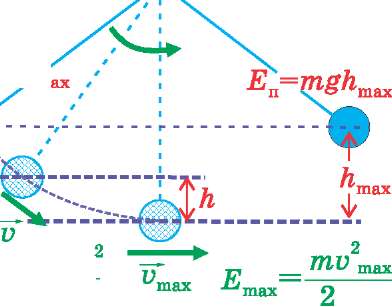
ш

Е= 0 -Еп=7П£/г

Мал. 4.11

Розглянемо рух м'яча докладніше (мал. 4.11). Спочатку м'яч перебував на висоті Н над землею (доріжкою) в стані спокою. У цьому стані його потенціальна енергія відносно землі становила Еп = mgН, а кінетична енергія нерухомого м'яча дорівнювала 0. Після того як його випустити з рук, висота і по­тенціальна енергія почали зменшуватися, а швидкість — збільшуватися, і дедалі зростати аж до моменту удару об землю. Збільшується і кінетична енергія, яка в момент удару об поверхню Землі (підлогу, асфальтову доріжку) стає максимальною. Падаючий м'яч одночасно має і потен­ціальну, і кінетичну енергії. Оскільки в момент удару висота м'яча над землею до­рівнює 0, його потенціальна енергія теж дорівнює 0. Зникла потенціальна енергія взаємодії із землею — найбільшою стала кінетична енергія. Проте м'яч, досягнув­ши землі, внаслідок взаємодії з нею де­формується, і його швидкість зменшуєть­ся до 0.

М'яч пружний. Унаслі­док деформації в ньому ви­никає потенціальна енергія пружно-деформованого тіла, завдяки якій він віднов­лює свою форму і набуває швидкості і кінетичної енер­гії, направленої вертикаль­но вгору. Кінетична енергія під час руху м'яча вгору зменшується, але збільшу­ється енергія його потенці­альної взаємодії з землею. У момент досягнення максимальної висоти підняття його потенціальна енергія набуває максимального значення, а кінетична енергія дорівнює 0. Потім усе повторюється. Як бачимо, відбувається перетворення одної форми енергії в іншу та її збереження.



E=mg,

„ , , ти E=mgh+~2

Мал. 4.12

Суму кінетичної і потенціальної енергій, які має тіло у той чи інший момент часу, називають повною механічною енергією.

з його кінетичної і потенціальної енергій: Е = Ек + Еп =

ти2

= тдп + .

2

У момент, коли маятник проходить положення рівноваги, його потенціальна енергія дорівнює 0, а швидкість і відповідно кінетична енергія набувають максимального значення. У цей момент повна енергія дорівнює його кінетичній енергії:

ти2

Е = ек тах = . Завдяки набутій кінетичній енергії тягарець

2

маятника продовжує рух і піднімається майже на ту саму висо­ту відносно положення рівноваги, а кінетична енергія тягарця знову перетворюється на потенціальну енергію тіла, піднятого над землею. Далі усе повторюється.

Зверніть увагу!

В усіх випадках відбувається перетворення енергії однієї форми в енергію іншої форми (кінетичної на потенціальну і навпаки). Повна енергія зберігається і в різні моменти часу дорівнює максимальній потенціальній енергії тіла, піднятого над землею, максимальній кіне­тичній енергії або сумі потенціальної і кінетичної енергій, які тіло має одночасно:

Е = Е + Е = Е = Е .

п к п max к max

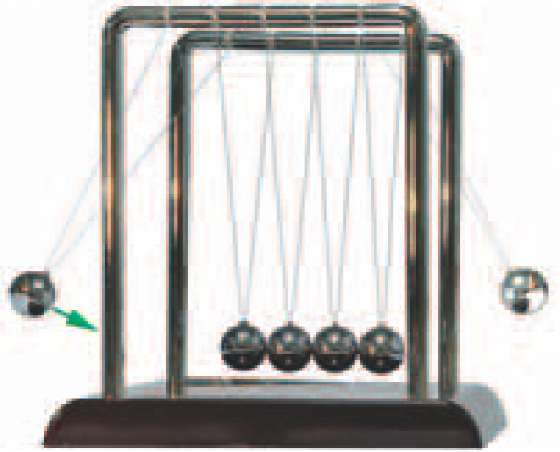
Наведені приклади руху м'яча і коливань маятника є при­кладами прояву одного з найважливіших законів механіки — закону збереження й перетворення енергїі в механічних про­цесах, який можна сформулювати так:



Якщо тіла взаємодіють тільки між собою і лише силами тяжіння та силами пружності (відсутнє тертя), то їх механічна енергія зберігається.



Мал. 4.14



Мал. 4.13

Коли говорять "передача", то не слід розуміти перетво­рення енергїі так, ніби одне тіло щось передало іншому. Ви можете передати товаришеві зошит, обмінятися з ним олівцем чи книжкою. Передача, перетворення, збе­реження енергії означає, що внаслідок взаємодії одного тіла з іншим відбулися зміни в русі кожного з них або в русі частинок, з яких вони складаються. Енергія одного тіла внас­лідок взаємодії зменшилася, іншого — на стільки само зросла, або зменшилася кінетична енергія тіла і на стільки само зросла його потенціальна енергія.

Те, що енергія одного тіла може нібито передаватися іншо­му, спостерігається, наприклад, під час гри в більярд. Якщо в нерухому кулю влучає інша куля, послана гравцем точно вздовж лінії, що сполучає їх центри, то після удару куля, яка рухалася, зупиняється, а куля, яка була нерухомою, набуває такої самої швидкості. Кінетична енергія кулі, що рухалася, передається нерухомій кулі. Для демонстрації перетворення потенціальної енергії в кінетичну і навпаки І. Ньютон приду­мав прилад, який називають "колиска Ньютона" (або "маят­ник Ньютона"). Цей прилад у наш час як іграшку-сувенір можна побачити на багатьох письмових столах (мал. 4.13). Як­що відвести одну з крайніх кульок убік і відпустити, то, по­вернувшись у попереднє положення, вона після зіткнення пов­ністю передає свою енергію першій у ряду після неї кульці. Та кулька, набувши потенціальної енергії пружної деформації, в свою чергу передасть цю енергію сусід­ній і так до останньої кульки у ряді. Остання кулька відхиляється на такий

самий кут, на який було відведено першу кульку. Потім усе повторюється в зворотному порядку. Якщо відхилити дві куль­ки, то після зіткнення відхиляться дві кульки й з другого кін­ця ряду. Такі рухи кульок можна спостерігати досить довго.

Прояв закону збереження і перетворення енергії в механі­ці можна спостерігати і за допомогою обертового маятника, запропонованого Джеймсом Максвеллом (мал. 4.14). Якщо накрутити нитки на вісь диска, то він підніметься над поло­женням рівноваги — збільшиться його потенціальна енергія. Опускаючись униз, диск розкручується й набуває кінетичної енергії. Після проходження нижньої точки підвісу диск продов­жує крутитися і, накручуючи нитку на вісь, піднімає сам себе майже на таку саму висоту.

Закон збереження і перетворення механічної енергії ^^ справджується не завжди. Наводячи приклади збере­\* щш ження і перетворення енергії під час руху м'яча чи маятника, ми зазначали, що вони піднімаються майже на таку саму висоту. У законі збереження енергії спе­ціально зауважується: "...якщо тіла взаємодіють лише силами тяжіння і силами пружності". Це тому, що є ще й сили тер­тя, які завжди направлені проти руху тіл і спричинюють зменшення їх механічної енергії.

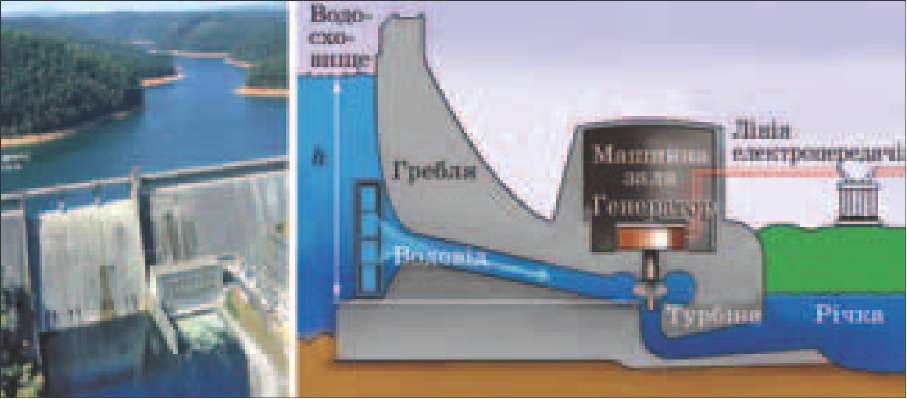
Ви добре знаєте, що м'яч, тенісна кулька, впавши на під­логу й підскочивши кілька разів, зупиняються. Свинцева кулька, що впала на сталеву плиту, взагалі не підскакує і після зіткнення з плитою залишається лежати на ній. Коливання маятника, тягарця на пружині теж з часом затухають. Ав­томобіль, що рухається з великою швидкістю горизонтальним шляхом, після вимкнення двигуна через якийсь час зупинить­ся. Куди зникає їх енергія? Пригадайте: енергія — загальна характеристика усіх форм руху і взаємодії. Рух матерії не обме­жується механічним рухом тіл. Механічна енергія свинцевої кульки відносно плити дійсно стала такою, що дорівнює 0, тобто вона зникла. Але особливість енергії, як загальної характеристики усіх форм руху і взаємодій, у тому, що "зникнення" однієї форми руху спричиняє зміну в інших формах руху. Інші форми руху характеризують інші форми енергії: теплову, електричну, хімічну. Як відбуваються ці перетворення енергії, ви дізнаєтесь далі.

Можливість перетворення механічної енергії з потен­ціальної на кінетичну й інші немеханічні форми енергії ши­роко використовується техніці і господарській діяльності. Ще в давні часи кінетичну енергію вітру використовували у вітряних млинах. Сьогодні за допомогою вітрогенераторів її

перетворюють на електричну енер­гію (мал. 4.15).



На великих ріках побудовано гі­дроелектростанції (мал. 4.16). Ру­сло річки перегороджують високою греблею, внаслідок чого утворюєть­ся водосховище. Висота деяких гре­бель понад 100 м. Потенціальна енергія води, піднятої на таку висо­ту, під час руху по водоводу пере­творюється на кінетичну енергію. Вода, що набула великої кінетичної енергії, потрапляючи на лопаті гі­дротурбіни, надає їй обертання. Гі­дротурбіна обертає генератор, який перетворює механічну енергію на Мал. 4.15 електричну (мал. 4.17).



Мал. 4.16

Мал. 4.17

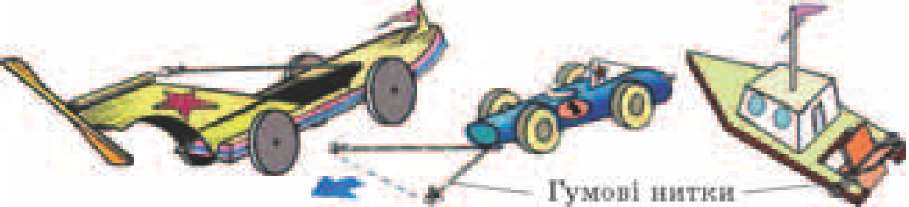
ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. У чому полягає закон збереження і перетворення механічної енергії?
2. Камінь кинуто вертикально вгору. Які перетворення енергії відбуваються під час руху каменя?
3. Які перетворення енергії відбуваються під час падіння води з греблі?
4. Які перетворення енергії відбуваються під час коливань матема­тичного маятника, тягарця на пружині?
5. Які перетворення енергії відбуваються під час пострілу з лука?
6. На Тихоокеанському узбережжі Мексики є підводний грот

з отвором у склепінні. Коли хвилі прибою вдаряють у стінку грота, з конусоподібного отвору вода б'є фонтаном, досягаючи висоти 50 м. Які перетворення енергії відбуваються при цьому?



1. Енергію пружної деформації гумових ниток і стрічок юні техніки широко використовують під час виготовлення різноманітних рухомих моделей (мал. 4.18). Ви теж можете зробити моделі суден, автомобілів, літаків, а потім провести змагання на швидкість і дальність їх руху. З'ясуйте, які перетворення енергії відбуваються під час їхнього руху. Поміркуйте, як досягти найкращих результатів використання енергії двигунів та підвищити їх характеристики. Перевірте ідеї на своїх конструкціях. Для виготовлення таких моделей можна використати пластикові флакони, обрізки фанери, цупкий папір, картон, гумові стрічки та нитки.



Мал. 4.18

§ 55. МАШИНИ І МЕХАНІЗМИ. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ

Людина впродовж багатьох століть створила безліч куль­турних цінностей. Ми милуємось і захоплюємось спорудами, побудованими у давні віки. Навколо нас зводяться нові палаци й будинки. Береги річок з'єднуються мостами. Прокладаються залізничні й автомобільні магістралі. Як людині з її обмеже­ними можливостями щодо підняття й переміщення вантажів вдається усе це робити?

Пізнаючи й використовуючи закони природи, люди створили засоби, які дають змогу підвищити продуктивність їхньої праці. Ми вже звикли, що нас оточують різні машини. Автомо­білі, літаки, потяги дають змогу долати великі відстані й допра­вляти різні вантажі у потрібне місце. Трактори й комбайни спро­щують процес вирощування сільськогосподарської продукції та збору врожаю. Екскаватори риють траншеї й котловани, полег­шуючи працю будівельників. Є машини, які мелють зерно на борошно, розливають напої, виготовляють тканини. Машини, як правило, використовують для полегшення, або повної заміни праці людей. Кожна машина (від лат. machina — споруда) — це сукупність різноманітних пристроїв і механізмів, що працюють як єдине ціле й виконують корисну роботу за рахунок перетво­рення однієї форми енергії в іншу. Так, автомобіль має двигун, рульовий механізм, коробку передач, диференціал та інші меха­нізми і пристрої. Енергія палива, яке згоряє в циліндрах двигуна автомобіля, перетворюється на його кінетичну енергію й, відтак, на виконання роботи з перевезення вантажів і пасажирів.

Механізми для передачі й перетворення руху. Коли ви обертаєте ручку налаштування вашого приймача, щоб "упій­мати" улюблену радіостанцію, то бачите, як по шкалі його діапазону ковзає вказівник. Повертаючи штурвал, пілот надає руху рульовому механізму літака. Водій, рухаючи важіль механізму коробки передач, може змінювати швидкість автомо­біля та напрямок обертання його коліс.

В усіх складних машинах і механізмах використовують пристрої, які дають змогу змінювати (перетворювати) прикла­дену силу, — прості механізми.

Простими механізмами називають пристрої, які використовують для перетворення сили.

Найчастіше виділяють шість основних простих механізмів: важіль, похила площина та їх різновиди — блок, коловорот, клин та гвинт.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

* 1. Що таке машина?



* 1. Що таке механізм?
  2. Які пристрої називають простими механізмами?

§ 56. ВАЖІЛЬ. УМОВА РІВНОВАГИ ВАЖЕЛЯ

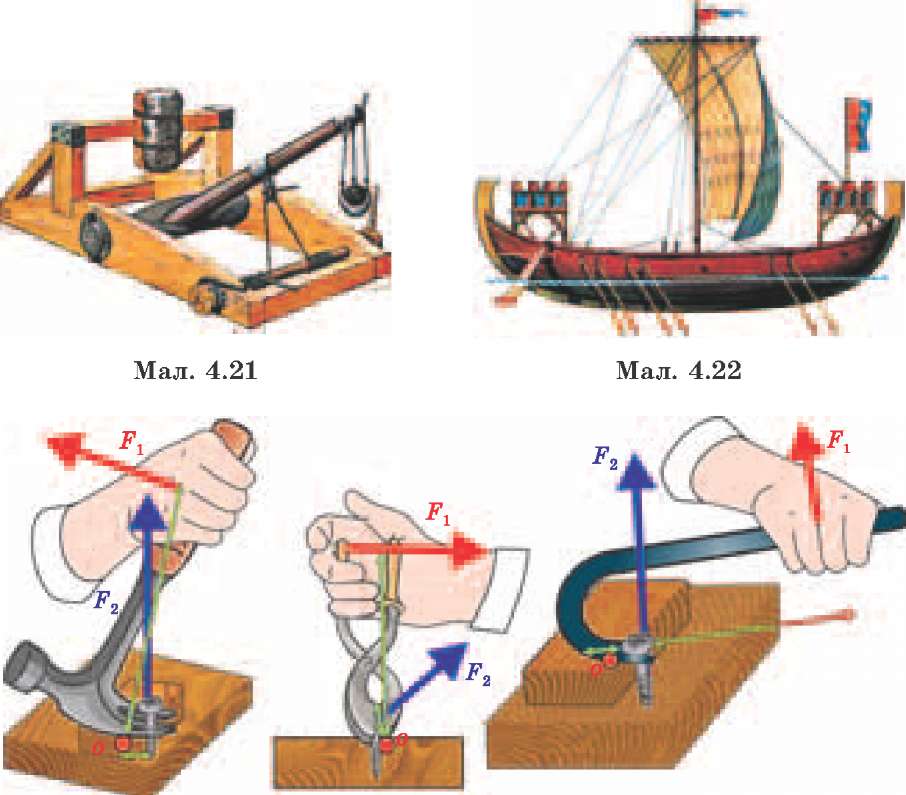
Важіль. Відомо, якщо необхідно пересунути чи підняти (підважити) деяке важке тіло (кам'яну брилу, колоду, шафу), то використовують міцну жердину, лом або палку. Якщо пот­рібно пересунути важкий камінь, то один кінець жердини під­совують під нього, а за другий кінець жердину піднімають. Жердина починає обертатися навколо кінця — точка о, що спирається на землю і, докладаючи порівняно невеликих зу­силь, можна припідняти й перекотити камінь (мал. 4.19). Це і є найпростіший пристрій — важіль.

Важелем називають тверде тіло, що має нерухому вісь обертання.



Мал. 4.20

Мал. 4.19

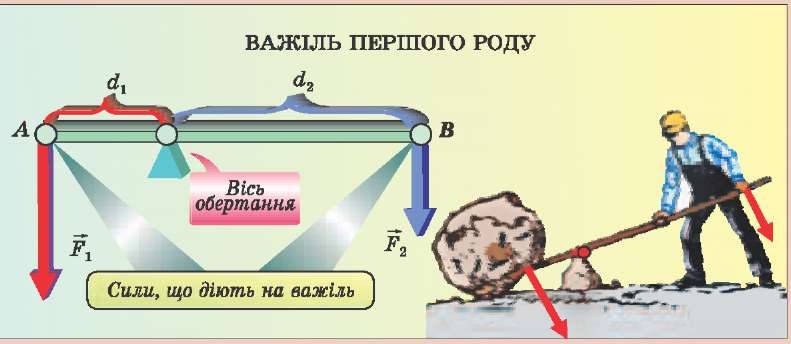


Мал. 2.23

Важелі використовували ще стародавні будівельники. За допомогою важелів піднімали кам'яні блоки під час будівниц­тва єгипетських пірамід (мал. 4.20). їх використовували у військових машинах для метання каміння (мал. 4.21), у суд­ноплавстві (мал. 4.22).

Із застосуванням важелів ми зустрічаємось повсякчасно. Гайковий ключ, обценьки, плоскогубці, ножиці та багато ін­ших інструментів теж працюють за принципом важелів (мал. 4.23). Важелі — складова частина багатьох складних ме­ханізмів і машин: руль і педалі велосипеда й автомобіля, стрі­ла підіймального крана, штурвал літака — усе це важелі або їх різновиди. Тому важливо знати, за яких умов важелі й ін­ші тіла, що мають закріплену вісь обертання, можуть перебу­вати у рівновазі за одночасної дії на них принаймні двох сил.

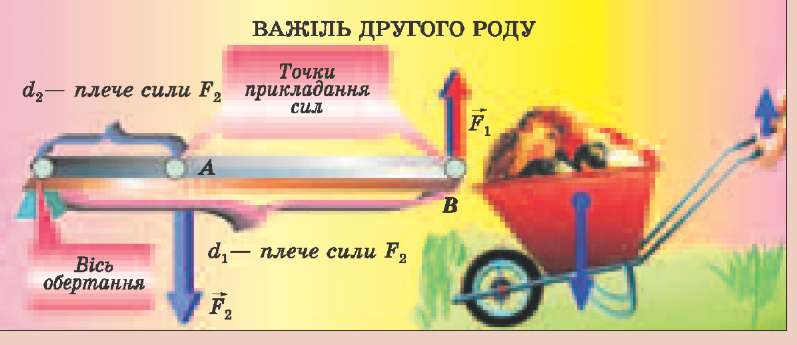
Залежно від того, як діють сили і де розташована точ­ка опори (вісь обертання) важеля, їх поділяють на кіль­ка типів. Найчастіше маємо справу із важелями трьох типів. Якщо точка опори важеля О розташована між точками прикладання сил, то такий важіль назива­ють важелем першого роду (мал. 4.24). Важелями першого роду є, наприклад, щипці, ножиці, залізничний шлагбаум. У цьому випадку сила з боку навантаження і сила, прикладена для врівноваження важеля, мають однаковий напрямок.



Мал. 4.24



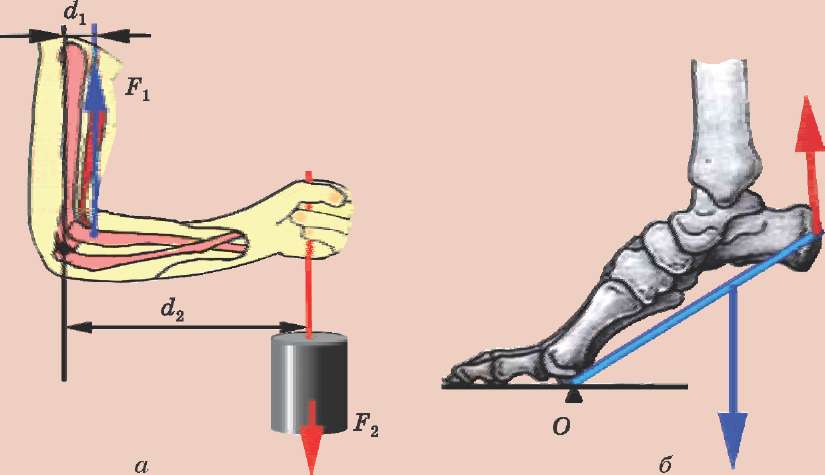
Якщо вісь обертання розташована на одному з кінців ва­желя, точка прикладання сили ^ — на іншому, а точка при­кладання навантаження ¥2 розташована між ними (точка А), то такий важіль називають важелем другого роду (мал. 4.25). У



Мал. 4.25

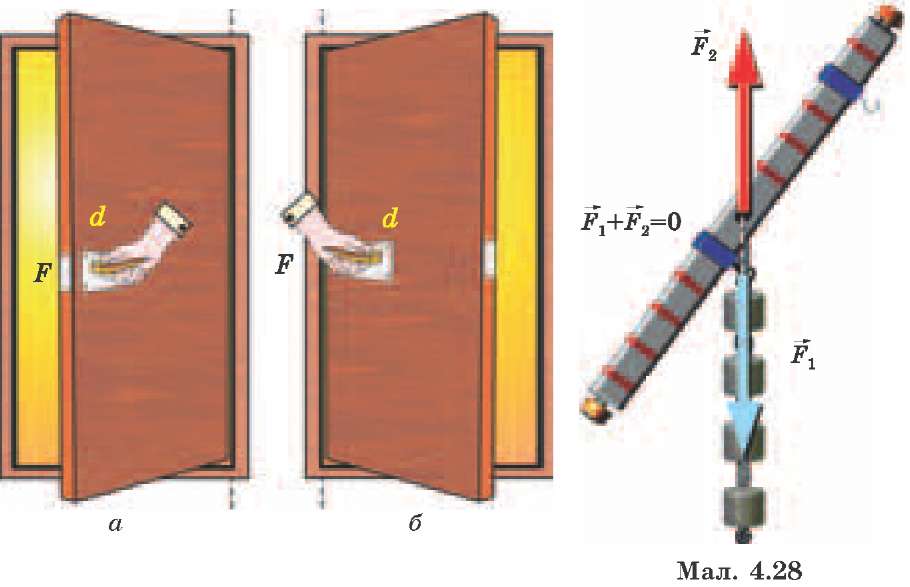
цьому випадку сили діють у протилежних напрямках. Гай­кові ключі, стріли підіймальних кранів, тачки для пере­везення будівельних матеріалів, педалі велосипеда — це ва­желі другого роду. Такі важелі дають виграш у силі — при­кладена сила буде меншою за навантаження, прикладене до важеля.

Якщо вісь обертання розташована на одному з кінців ва­желя, точка прикладання навантаження — на іншому кін­ці, а точка прикладання сили розташована між ними, то такий важіль називають важелем третього роду. У цьому ви­падку сили теж діють у протилежних напрямках. Проте, ви­користовуючи такі важелі, завжди програють у силі. Прикла­дами важелів третього роду є пінцет, рука, нога людини (мал. 4.26, а, б).



Мал. 4.26

Постають питання: чому, щоб відкрутити туго затягнуту гайку, потрібен гайковий ключ? Чому ручки дверей кріплять так, як показано на мал. 4.27, а, а не так як на мал. 4.27, б? Чому, щоб зсунути з місця важкий камінь, використовують лом або довгу жердину? Для відповіді на них слід з'ясувати особливості дії сил на тіла, що можуть обертатися навколо зак­ріпленої осі або точки опори.



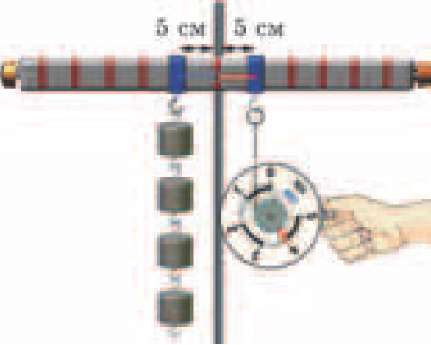
Мал. 4.27

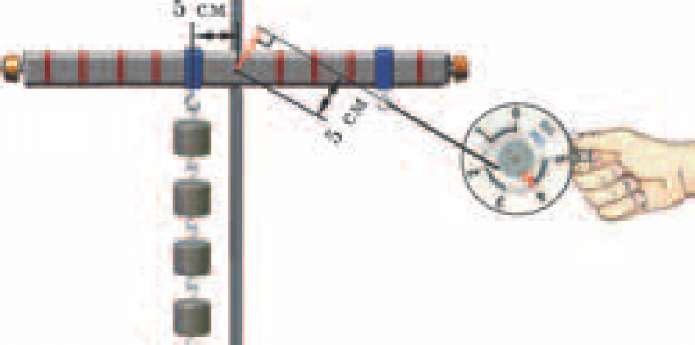
Момент сили. Скористаємось спеціальною лінійкою-важе- лем з отвором посередині, в який можна вставити стрижень. Закріпивши стрижень у штативі, ми отримаємо модель тіла, що може вільно обертатися навколо закріпленої осі, — важіль. Урівноважимо лінійку так, щоб вона зберігала горизонтальне положення. Підвісимо до неї на відстані 11 = 5 см чотири тягарці, кожен масою 100 г. Тягарці діють з одного боку на лі­нійку із силою Е1, яка приблизно дорівнює 4 Н, направленою вертикально вниз. Лінійка повернеться і займе таке положен­ня, що лінія дії сили пройде через вісь обертання лінійки. Крім того, на лінійку діє сила Е2 з боку осі, направлена угору уздовж цієї прямої. Рівнодійна цих сил дорівнює нулю (Е1 — — = 0), тому лінійка перебуває в рівновазі (мал. 4.28).

Використавши динамометр, визначимо силу, яку потрібно прикласти до іншого кінця лінійки, щоб повернути її в попе­реднє положення. Виявляється, на відстані 12 = 20 см від осі потрібно подіяти силою Е2 = 1 Н, у чотири рази меншою ніж = 4 Н (мал. 4.29, а).

Пересуваючи гачок, до якого причеплено динамометр, уз­довж лінійки-важеля, з'ясовуємо, що на відстані 12 = 10 см потрібно прикласти силу Е2 = 2 Н (у два рази меншу за силу,

а





Мал. 4.31

чим більше їі значення та довжина перпендикуляра, опущено­го з осі обертання на напрямок дії цієї сили, — плеча сили. Інакше, результат дії сили на важіль (тіло, що має закріплену вісь обертання) визначається добутком прикладеної сили Б на її плече І.

Фізичну величину, яка дорівнює добутку сили на її плече, називають моментом сили і позначають літерою М:

М = Я.

Результат дії сили на тіло, яке може обертатися навколо закріпленої осі, визначається моментом сили.

Оскільки момент сили визначається добутком сили на її плече, одиницею моменту сили у СІ є 1 Н • м. Такий момент створює сила в 1 Н, якщо її плече становить 1 м.

Для тіла, яке може обертатися, саме момент сили зумовлює особливості його обертального руху і рівноваги.

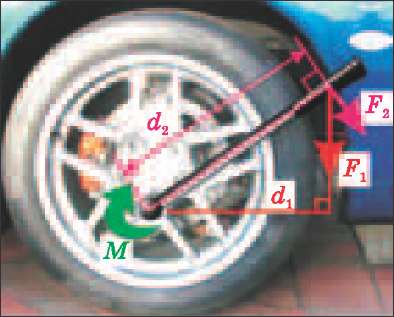
Зверніть увагу!

Діючи на лінійку за допомогою динамометра, ми обертали її за годинниковою стрілкою. Прикріплені до лінійки тягарці обертали лінійку проти руху годинникової стрілки. Момент сили, який спричи­няє (чи може спричинити) обертання тіла за годинниковою стрілкою, прийнято вважати додатним, а той, який обертає тіло проти годин­никової стрілки, — від'ємним.

Більшість гвинтів і гайок ви­готовляють так, що вони закру­чуються за годинниковою стріл­кою (мають праву нарізку). Для їх закручування необхідно, щоб момент сили, яка діє на гайку (гвинт, болт), був додатний і, навпаки, для відкручування — від'ємний.

Якщо необхідно сильніше за­крутити гайку (або потрібно від­крутити туго затягнуту гайку), ключ беруть із довшою ручкою і прикладають силу перпенди­кулярно до неї. У цьому випадку для створення такого самого моменту сили М потрібно прикласти меншу силу (мал. 4.32).

Використана нами лінійка-важіль — це модель найпрості­шого важеля. її вісь обертання є точкою опори (точка О) важе­ля. Коли прикладена до лівої частини важеля (див. мал. 4.29) сила становила р = 4 Н, а її плече 11 = 5 см, момент цієї сили М1 = Р111 = 4 Н • 0,05 м = 0,2 Н • м спричинив обертання важеля проти годинникової стрілки. Щоб повернути важіль у попередній стан рівноваги, до її правої частини приклали силу р2 = 1 Н так, що плече сили становило 12 = 20 см. Момент цієї сили м2 = р212 = 1 Н • 0,2 м = 0,2 Н • м, такий самий за значенням, спричинив обертання лінійки за годинниковою стрілкою. Коли плече сили, з якою діяв на важіль динамо­метр, зменшилося удвічі (10 см), для встановлення рівноваги необхідно було прикласти удвічі більшу силу — 2 Н. Але момент сили залишився таким самим — 0,2 Н. Отже, можна зробити висновок щодо умови рівноваги важеля: важіль перебу­ває у рівновазі, якщо момент сили, який спричинює його обертання за годинниковою стрілкою, чисельно дорівнює моменту сили, який обертає його проти годинникової стрілки: М1 = м2.



Мал. 4.32

Урахувавши, що момент сили який спричинює обертан­ня проти годинникової стрілки, від'ємний, а момент сили р2, що зумовив обертання важеля за годинниковою стрілкою, — додатний, умову рівноваги важеля можна сформулювати так: важіль перебуває у рівновазі, якщо алгебраїчна сума моментів сил, що діють на нього, дорівнює 0: м1 + м2 = 0.



Мал. 4.33

Це правило стосується і ви­падків рівноваги важеля, якщо на кожне з плечей діє кілька сил. Можна змінювати плечі сил, що діють на важіль, значен­ня сил, але в усіх випадках ва­жіль перебуватиме у рівновазі, якщо сума моментів сил, які обертають його проти годин­никової стрілки, дорівнює сумі моментів сил, які обертають його за годинниковою стріл­кою.

Урахувавши, що момент си­ли — це добуток сили на її плече, рівність М1 = м2 можна за­писати у вигляді = е212. З останньої рівності випливає, що

к = 2 Е к'

Важіль перебуває у рівновазі, коли сили, які діють на нього і намагаються обертати важіль у протилежних на­прямках, обернено пропорційні до плечей цих сил.

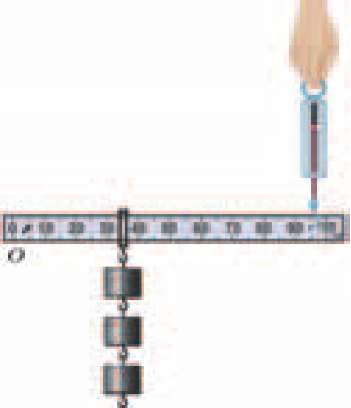
Правило рівноваги важеля було встановлене Архімедом. За легендою, Архімеду належить вислів: "Дайте мені точку опо­ри і я переверну Землю" (мал. 4.33).

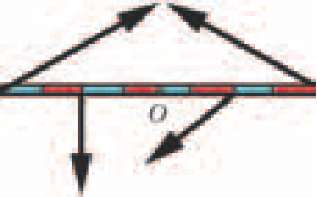


Чим більше плече сили, тим меншу силу потрібно прикла­сти, щоб урівноважити важіль. За допомогою важеля можна дістати виграш у силі в стільки разів, у скільки разів пле­че сили, яка прикладається, більше за плече сили, яка діє з

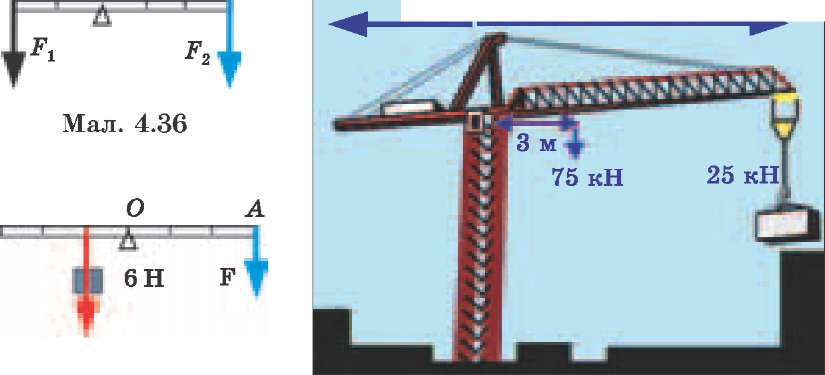
боку вантажу: Е = Е2

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ





Мал. 4.35



Мал. 4.34 О А

4 м

8 м

Мал. 4.37

Мал. 4.38

уздовж стріли баштового крана, тим меншою має бути вага вантажу? Яка роль тягаря, закріпленого на протилежній від гака лівій частині стріли крана? Який момент сили у 25 кН, з якою вантаж діє на стрілу? Якою має бути вага тягаря на протилежній від гака лівій частині стріли, щоб створюваний ним момент сили дорівнював моменту сили, створюваному вантажем?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11 Вивчення умови рівноваги важеля

Завдання. Перевірити умови, за яких важіль може перебува­ти в рівновазі.

Обладнання: модель важеля; штатив; лінійка; набір тягарців; динамометр.

Підготовка до проведення експерименту

1. Закріпіть важіль (лінійку) на штативі і врівноважте його плечі так, щоб він перебував у горизонтальному положенні.
2. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимірювань і обчислень:

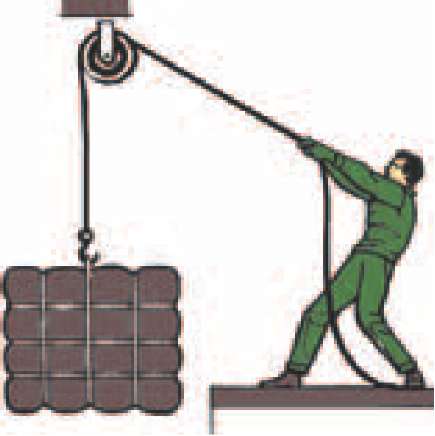
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер досліду | н | й1, м | ^ н | м | М1, Н • м | М2, Н • м |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* 1. Притримуючи важіль, підвісьте з одного його боку на від­стані кількох сантиметрів від осі декілька тягарців, зачепивши їх один за один (мал. 4.39).
  2. Підвісьте 1-2 зчеплені тягарці на інший від осі бік важеля. Притримуючи важіль, пересувайте уздовж нього точку кріплення тягарців так, щоб відновилися рівноваги важеля.
  3. Вважаючи, що кожен тягарець діє на важіль із силою 1 Н, визначте сили, які діють на важіль та їх плечі.



* 1. Обчисліть моменти сил, які спричиняють обертання важеля за і проти годинникової стрілки. Порівняйте їх значення.
  2. Повторіть досліди, змінюю­чи значення прикладених сил та їх плечі.
  3. Зробіть висновок щодо вико­нання умов рівноваги важеля.
  4. Причепіть до одного плеча важеля 2-3 тягарці. Замість тягар­ців для створення моменту врівно­важуючої сили використайте ди­намометр. Змінюючи напрямок сили, з якою діє на інше плече важеля динамометр, з'ясуйте, за яких умов ця сила буде най­меншою.



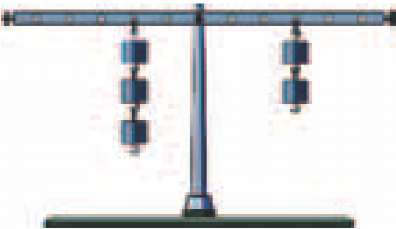
8. Зробіть відповідні висновки.

§ 57. БЛОКИ

Різновидом важеля є блок. Блок — це колесо з жолобом, яке може обертатися навколо осі, закріпленої в обоймі або на нерухомій опорі. Через жолоб пропускають трос, мотузку чи ланцюг. Блоки бувають двох типів: нерухомі й рухомі.

Нерухомий блок. Якщо необхідно підняти невеликий ван­таж на деяку висоту, використовують нерухомий блок. У цьо­му випадку вісь блока закріплюють так, щоб він не міг пере­міщуватися. Піднімати вантаж важче і менш зручно, як­що тягнути за мотузку вгору. Нерухомий блок дає змогу змінити напрямок дії сили (мал. 4.40).

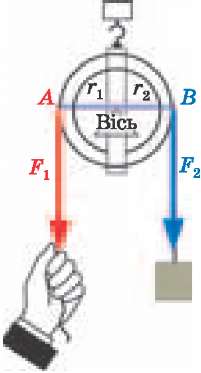
Будемо вважати, що блок обертається в підшипнику без тертя, а мотузка натягнута і не проковзує. На блок діють дві сили з боку мотузки: і р2. Точками прикладання цих сил можна вважати точки А і в, розташовані на протилеж­них кінцях діаметра блока (мал. 4.41). Блок, як і важіль,

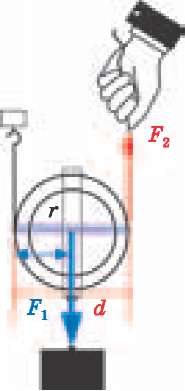


Мал. 4.39

має закріплену вісь обертан- Мал. 4.40

ня. Рівновага блока теж визначається рів­ністю моментів сил, які обертають його за та проти годинникової стрілки. Плечима обох сил, що діють на блок, є радіуси кола г. Момент сили, з якою діє мотузка, обумо­влений дією на неї вантажу М1 = ехг. Мо­мент сили е2, який урівноважує дію ванта­жу на блок, — м2 = е2г. За умови рівноваги М1 = м2, або = е2г і = е2.





О

Точка опори

Нерухомий блок можна вважати важе­лем, плечі якого однакові. Якщо, не змі­нюючи напрямок мотузки, піднімати ван­таж, то сила завжди буде направлена по Мал 4 41 дотичній до блока і, як ви знаєте з геоме­трії, перпендикулярна до радіуса блока. Тому плечі сил, прикладених до блока, завжди будуть однакові, а сили і моменти сил завжди рівні за модулем. Нерухомий блок виграшу в силі не дає. Він лише дає змогу змінити напрямок їі діі.

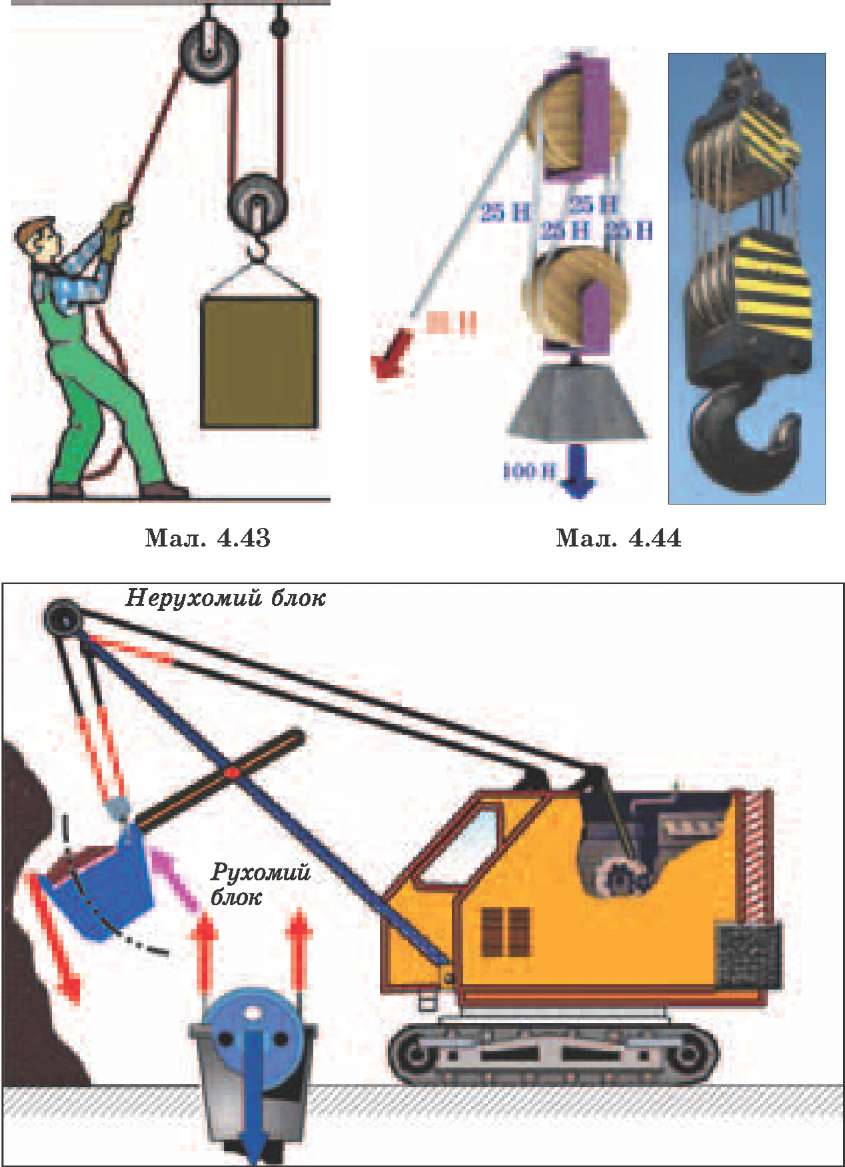
РЛг р2 = —

2 2г

Рухомий блок. Блок може бути рухомим. Для цього один кінець мотузки (троса) закріплюють на нерухомій опорі. Дру­гий її кінець пропускають крізь обойму, в якій закріплено вісь блока і гак, до якого кріплять вантаж (мал. 4.42). До вільного кінця мотузки прикладають силу, необхід­ну для підняття вантажу. У цьому випад- Мал. 4.42 ку блок ніби котиться по мотузці, обертаючись навколо точки о, яка і є його точкою опори. Вісь блока рухається разом із вантажем. Плече сили з якою діє вантаж на блок, у цьому випадку дорівнює радіусу блока. Плечем сили е2, яку потріб­но прикласти, щоб підняти вантаж, є діаметр блока. Відповід­но, момент сили — це М1 = ехг, а момент сили е2 — м2 = = е2й = 2е2г. Щоб рухомий блок перебував у рівновазі разом із вантажем, має виконуватися рівність: М1 = м2, або = = 2е2г. Це означає, що сила, яку потрібно прикласти, щоб утримувати або рівномірно піднімати вантаж, може бути в два

рази меншою:

Рухомий блок дає змогу здобути виграш у силі в два рази.



Мал. 4.45

На практиці часто застосовують комбінації рухомих і неру­хомих блоків. Так, застосовуючи рухомий і нерухомий блоки, можна не лише здобути виграш у силі в два рази, а й змінити напрямок дії (мал. 4.43).

Комбінації кількох рухомих і нерухомих блоків називають поліспастами. За їх допомогою можна досягти значно більших виграшів у силі. Комбінація двох пар рухомих і нерухомих блоків (мал. 4.44), дає виграш у силі в чотири рази.

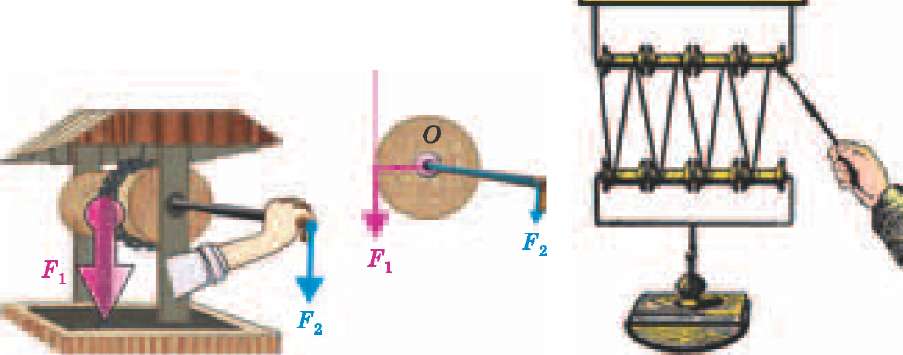


Блоки, як і важелі, були винайдені ще в стародавні часи, без них не обходиться і сучасна техніка (мал. 4.45).

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Який механізм називають блоком?
2. Які є типи блоків?
3. Чому блоки можна вважати різновидами важеля? Який виграш у силі здобувають завдяки нерухомим і рухомим блокам?
4. На мал. 4.46 зображено один з різновидів важеля — коловорот. Поясніть, як працює цей простий механізм. Від чого залежить виграш у силі, який можна отримати за його допомогою?
5. Скориставшись підручними матеріалами, виготовте поліспаст і дослідіть, який виграш у силі можна отримати за його допомогою

за різної кількості рухомих і нерухомих блоків. Варіант моделі поліспаста зображено на мал. 4.47.



Мал. 4.46

Мал. 4.47

§ 58. "ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО" МЕХАНІКИ

Ви вже ознайомилися з деякими простими механізмами: важелем, нерухомим і рухомим блоками та їх різновидами. Простим механізмом є також похила площина та її різновиди: клин і гвинт. Головна особливість простих механізмів полягає у зміні прикладеної до них сили. Завдяки простим механізмам можна здобути виграш у силі. З умови рівноваги важеля ви­пливає, що, приклавши незначну силу до довгого плеча важе­ля, можна одержати виграш у силі у стільки разів, у скільки разів плече, до якого прикладають силу, довше за те, на яке діє вантаж.

Переміщуючи вантаж за допомогою важеля, виконують ро­боту. Чи можна за допомогою важеля здобути виграш у вико­нанні роботи? Нехай за допомогою важеля піднімають вантаж. На плече важеля довжиною Ї1 діє сила Кінець важеля, до якого її прикладено, опускається на висоту Ку Друге плече ва­желя, довжина якого 12, діє на вантаж із силою і піднімає його на висоту к2 (мал. 4.48).

Порівняємо роботи, які виконують ці сили: А1 = і а2 = = Б2Н2. Як бачимо, трикутники АОВ і СОВ рівнобедрені і їх кути однакові. Такі трикутники в геометрії називають подіб­ними. Якщо порівняти їхні сторони АО = 11 і СО = 12 та сторо-

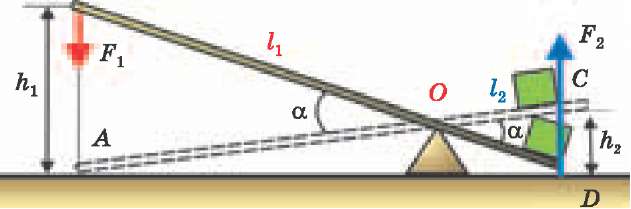
ї й

у скіль-

ни АВ = Н, і СВ = , то виявиться, що — = — (у подібних 12 їй трикутників відповідні сторони пропорційні). За умовою рівно-

1 Р2 ^ Р2 й

ваги важеля — = — . Тому можна записати: — = — І2 Я ^ Й2



Мал. 4.48

і

ки разів дістали виграш у силі, у стільки само разів меншою буде відстань, на яку переміститься тіло. З одержаного спів­відношення між силами і відстанями ви­пливає, що ¥ХНХ = ¥2Н2, або Лх = Л2. Отже, роботи, виконані силами ¥ і ¥2, однакові.

Наведені висновки справедливі не лише для важеля. Вони стосується будь- якого простого механізму. У разі підні­мання вантажу за допомогою рухомого блока можна майже в два рази виграти в силі, проте кінець мотузки, до якого при­кладають силу, піднімаючи вантаж, до­лає удвічі більший шлях (мал. 4.49).

Ще стародавніми вченими було сфор­мульоване правило, яке назвали "золоте правило" механіки:

Залежно від потреб механізми застосовують, щоб вигравати або в силі, або у відстані.

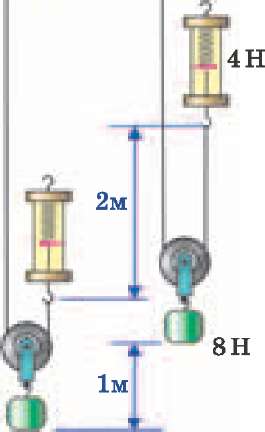
Один з найпоширеніших простих механізмів — похила площина. Замість того, щоб піднімати важкий вантаж на певну висоту, його пересувають або перекочують по похилій площині (мал. 4.50).

Піднімаючи вантаж вагою Р на висоту Н, виконують роботу Л = РН. Якщо цей вантаж підні­мати на таку саму висоту, перемі­щуючи його уздовж похилої пло­щини, то робота в цьому випадку дорівнюватиме добутку прикладе­ної сили на довжину похилої пло- Мал. 4.50 щини: Л = ¥г. Скориставшись

"золотим правилом" механіки, можна записати: РН = ¥і, Р і \_

звідси = — . Отже, за допомогою похилої площини можна

¥ Н



Мал. 4.49

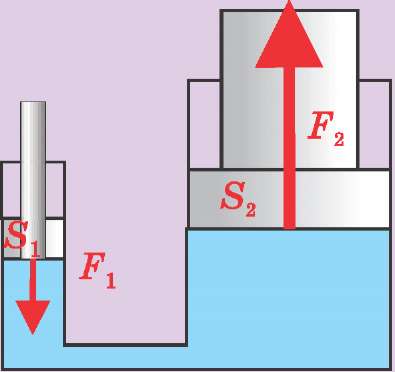


здобути виграш у силі в стільки разів, у скільки її довжина більша за висоту.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Чи можна за допомогою простого механізму дістати виграш у силі, у роботі?
2. У чому полягає суть "золотого правила" механіки?





Мал. 4.51

1. Для підняття вантажу за допомогою нерухомого блока необхідна мотузка довжиною 5 м. Якої довжини мотузку слід використати, щоб піднімати на цю саму висоту вантажі за допомогою рухомого блока?

§ 59. ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ

На законі Паскаля ґрунтується дія гідравлічних меха­нізмів (від грец. гідравлікос — водяний), завдяки яким здобувається виграш у силі з використанням властивості рідин передавати тиск однаково у кож­ну точку рідини. Головна частина будь-якого гідравлічного механізму — гідравлічна машина. Гідравлічна машина (мал. 4.51) — це дві циліндричні сполучені посудини різного діаметра. У посудинах можуть вільно переміщуватися поршні, під якими знаходиться рідина (найчастіше технічне мастило). Якщо до малого поршня, площа якого Б^ прикласти силу

Р

Р1, вона створюватиме на мастило тиск: р = — . Тиск у рідині

Бі

згідно з законом Паскаля пере­дається в кожну точку рідини однаково. Рідина чинитиме та­кий самий тиск р і на поршень у другій посудині, площа якого Б2. Тому з боку рідини на дру­гий поршень діятиме сила тиску

р

Р2 = рБ2. Оскільки р = — , то Р2 =

&

р Б



= рБ2 = --- б2 = р1 -2- , або



Мал. 4.52 Мал. 4.53

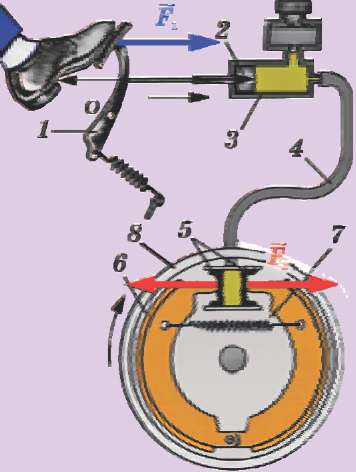
Це означає, що сила, яка діє на другий поршень, у стільки само разів більша, у скільки разів площа другого поршня біль­ша за площу першого.

Гідравлічна машина дає виграш у силі в стільки разів, у скільки площа Ті великого поршня більша від площі малого.

Гідравлічна машина — основна частина гідравлічних пре­сів, які використовують для одержання великих сил тиску під час пресування (стискання) різноманітних матеріалів. За допо­могою таких пресів вичавлюють олію з насіння, виготовляють деталі машин, посуд та інші вироби. Підсилювальна дія гід­равлічної машини використовується в гальмівних системах багатьох автомобілів, у домкратах і підйомниках. Гідравлічні механізми надають руху стрілам і ковшам екскаваторів (мал. 4.52), бульдозерів, навантажувачів (мал. 4.53), піднімають і опускають кузови самоскидів (мал. 4.54) під час розвантажен­ня, встановлюються на трак­тори та на інші машини, які використовують у промисло­вості, будівництві, транспорті.



Схематично будову гідра­влічних гальм наведено на мал. 4.55. Коли водій нати­скає на педаль гальма 1, він приводить у рух поршень 2, який тисне на гальмівну рі­дину. До циліндра з гальмів- Мал. 4.54



Мал. 4.55

но піднімати й сам блок. Крім того, доводиться переборювати сили тертя, що виникають під час обертання блока на осі. Так само, рухаючи тіло уздовж похилої площини, необхідно пере­борювати силу тертя між поверхнею площини і вантажем. Ро­боту, яку потрібно виконати, щоб підняти сам вантаж, назива­ють корисною роботою. Роботу, яку виконують, використо­вуючи прості механізми, називають повною або затраченою роботою. Зрозуміло, що ефективність застосування машини чи механізму буде тим більша, чим більшою буде частка ко­рисної роботи в повній роботі. Щоб визначити, яку частку ста­новить корисна робота А у повній роботі А , потрібно зна-

^ ^ кор ^ ^ пов7 ^

чення корисної роботи поділити на значення повної виконаної роботи.

Відношення значення корисної роботи до значення повної роботи, виконаної за допомогою машини або механізму, називають коефіцієнтом корисної дії (скорочено ККД.) машини або механізму.

Коефіцієнт корисної дії найчастіше позначають грецькою

А

літерою п (етта) і виражають у відсотках: г) = —— • 100 %.

^-пов

Чим вищий відсоток корисної роботи у повній роботі, яку виконує машина (механізм), тим ефективніша машина. Для виконання роботи необхідно витрачати енергію. Частина енер­гії витрачається на виконання корисної роботи, а частина — на подолання тертя, надання руху, а також переміщення са­мих машин і механізмів, з яких складаються машини. Тому, характеризуючи дію машин чи механізмів, коефіцієнт корис­ної дії можна визначати як відношення частини енергії, яка витрачається безпосередньо на виконання корисної роботи (наприклад, підняття вантажу), до всієї затраченої енергії.

Оскільки робота характеризує зміну енергії, то відношення корисної роботи до затраченої дорівнює відношенню енергій, витрачених на виконання корисної і повної роботи.

Ви вже знаєте, що такий простий механізм, як похила пло­щина, дає змогу одержати виграш у силі в стільки разів, у скільки довжина похилої площини більша за її висоту. Якби не існувало сили тертя, то роботи з переміщення тіла по похи­лій площині на певну висоту і з піднімання тіла на цю саму висо­ту були б однакові, а коефіцієнт корисної дії дорівнював би 100 %. Оскільки під час руху вантажу по похилій площині доводиться долати силу тертя, то робота з піднімання тіла по похилій площині Апов (мал. 4.56) більша за роботу Акор з безпосереднього піднімання тіла на таку саму висоту. Оскільки Апов = Р1І, Акор = Р2Н і враховуючи, що Р2 = = mg, можна легко обчислити коефіцієнт корисної дії похилої

Ап Рз

пов

в, то п (ККД) менший за 100 %. (У цьому ви легко переконаєтеся, виконавши лабораторну роботу № 12.)

Розглянемо приклад. Вантаж масою т = 80 кг робітник по­винен завантажити у кузов вантажівки, піднявши на висоту Н = 1,2 м (мал. 4.57, а). Щоб підняти вантаж на цю висоту,

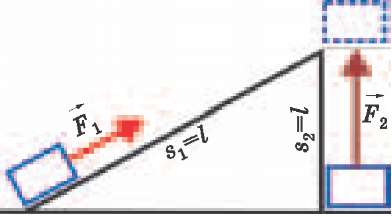
м

необхідно прикласти силу Р1 = Р = mg = 80 кг • 9, 8 — = 784 Н

с

і виконати роботу А1 = Р1Н = 784 Н • 1,2 м = 940 Дж. Ця робо­та дорівнює корисній роботі, яку потрібно виконати, щоб за­вантажити автомобіль.

Робітник використав похилу площину довжиною І = 2,4 м (мал. 4.57, б). За цих умов йому довелося прикладати меншу силу: Р2 = 500 Н. Проте виконувана ним робота збільшилася:



Мал. 4.56

^ко

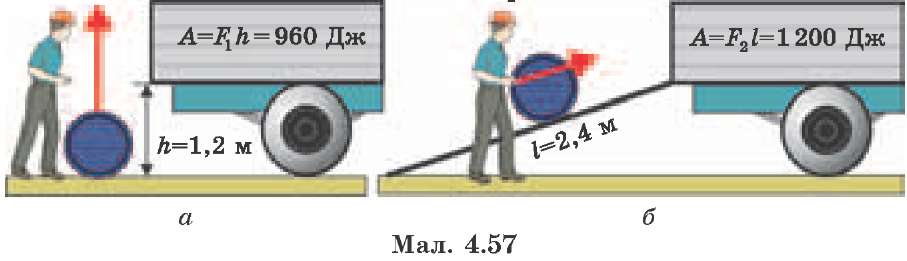
10 0 % = т^ • 1 00 %.

площини: п =

Оскільки А < А

кор "

А2 = Р2І = 500 Н • 2,4 м = 1200 Дж.



\*\=800 Н

і?,=500 Н

Коефіцієнт корисної дії застосованого робітником механіз­му становить





П = А . юо% = 940 Дж . 100% = 80%. а2 1200 Дж

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12 Визначення ККД похилої площини

Завдання. Дослідити, як залежить коефіцієнт корисної дії по­хилої площини від кута її нахилу.

Прилади і матеріали: трибометр (дощечка); дерев'яний бру­сок; динамометр; лінійка або мірна стрічка; набір тягарців; штатив із лапкою та муфтою.

Підготовка до проведення експерименту

1. Підготуйте похилу пло­щину, встановивши трибометр під кутом 10—20° до поверхні стола (мал. 4.58).
2. Підготуйте таблицю для занесення результатів вимірю­вань:

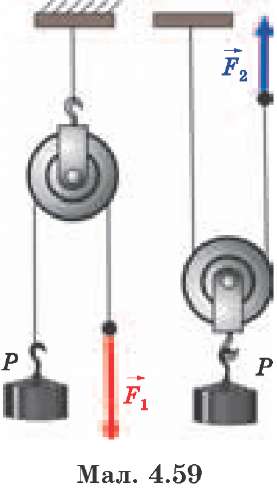
Мал. 4.58

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Но­мер дос­ліду | Вага бруска Р, Н | Висота похи­лої пло­щини  Н, м | Робота з піднімання бруска на висоту К  ^кор, Дж | Сила, необхідна для пере­міщення бруска уздовж площини, ґ, Н | Дов­жина похи­лої пло­щини 1, м | Робота з переміщен­ня бруска по похилій площині  ^пов, Дж | Коефі­цієнт корисної дії пло­щини п, % |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |

Проведення експерименту

* 1. Визначте вагу бруска.
  2. Виміряйте довжину і висоту похилої площини. Дані запи­шіть у таблицю.
  3. Визначте роботу, яку потрібно виконати, щоб підняти бру­сок до верхньої точки похилої площини (корисну роботу).
  4. Покладіть брусок на похилу площину. Зачепіть брусок гач­ком динамометра, а потім рівномірно пересувайте його уздовж площини. Виміряйте силу, яку потрібно прикласти, щоб брусок рухався по площині.
  5. Визначте роботу, яку необхідно виконати, щоб витягнути брусок уздовж площини до її верхньої точки (повну роботу).
  6. Визначте ККД похилої площини для цього випадку.
  7. Навантажуючи брусок тягарцями, з'ясуйте, як залежить ККД похилої площини від ваги бруска за такого нахилу.
  8. З останнім вантажем повторіть дослід іще 3—5 разів, щоразу збільшуючи кут нахилу площини (висоту похилої площини). З'ясуй­те, як залежить ККД похилої площини від кута її нахилу (висоти).





* 1. Зробіть висновки щодо залежності ККД похилої площини від ваги вантажу та її нахилу.

ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

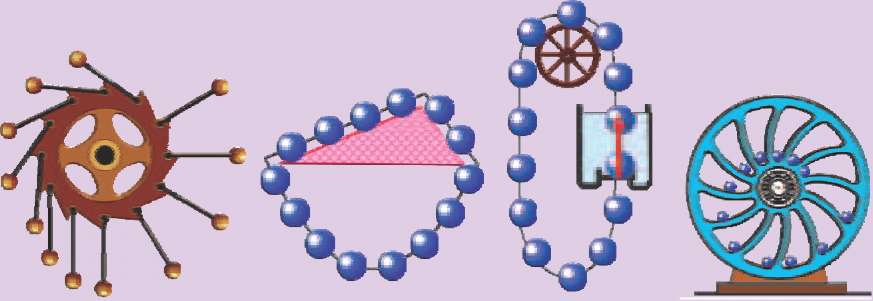
§ 61. ПЕРПЕТУУМ-МОБІЛЕ

Perpetuum mobile в перекладі з латинської означає □fes бічний двигун. Люди упродовж багатьох століть нама- ГТД^ галися створити такі машини, які б працювали самі

по собі: піднімали вантажі, обертали колеса без затрат

енергії, не одержуючи енергію від якихось зовнішніх джерел. Такий двигун не повинен потребувати пального, енергії вітру, падаючої води чи руки людини. Адже рух вічний, чому б не скористатися цим...

Перед вами кілька проектів таких двигунів (мал. 4.60, а—г).



а б в г

Мал. 4.60

Один з перших відомих проектів вічного двигуна запропо­новано ще у XIII ст. (мал. 4.60, а). Важелі з вантажами закрі­плено на зубчатому колесі. Закріплено відкидні важелі, на кін­цях яких розміщено тягарі. Винахідник був упевнений, що та­ке колесо має обертатися нескінченно довго, адже вага тягарів з одного боку колеса завжди більша, ніж з іншого. Автори про­ектів перпетуум-мобіле пропонували використовувати похилі площини (мал. 4.60, б), виштовхувальну силу рідин на зануре­ні в них тіла (мал. 4.60, в), колеса різноманітних конструкцій (мал. 4.60, г) та ін. Проте жоден з цих двигунів не працював. Вічний двигун — це машина, яка повинна працювати всупереч закону збереження механічної енергії, який до того ж викону­ється лише в ідеальних, недосяжних умовах — за відсутності тертя і без перетворення механічної енергії тіл в інші форми енергії.

Головне в розділі "РОБОТА І ЕНЕРГІЯ"

Роботою в механіці називають фізичну величину, яка виз­начається добутком сили на пройдений під дією цієї сили шлях:

А = Р в.

Потужність — фізична величина, що чисельно дорівнює відношенню роботи до проміжку часу, за який виконана ця ро­бота:

N = А. г

Потенціальною енергією називають енергію тіл, яка зале­жить або від їх взаємного розташування (координат), або від взаємного розташування частинок одного й того самого тіла.

Величину, що визначає можливість тіла, піднятого на пев­ну висоту над землею, виконати ту чи іншу роботу, називають потенціальною енергією тіла, піднятого над землею:

Еп = mgh.

Енергію тіла, яка залежить від його маси й швидкості ру­ху, називають кінетичною енергією:

е,=т2.

Якщо тіла взаємодіють тільки між собою і лише силами тяжіння та силами пружності, то їх механічна енергія не зни­кає. Вона перетворюється з одної форми на іншу або переда­ється від одного тіла до іншого.

Відношення значення корисної роботи до значення повної роботи, виконаної за допомогою машини або механізму, нази­вають коефіцієнтом корисної дії (скорочено ККД) машини або механізму:

П = ^^ • 100 %.

ВІДПОВІДІ ДО ЗАДАЧ І ВПРАВ

БОЙКО Микола Павлович ВЕНГЕР Євген Федорович МЕЛЬНИЧУК Олександр Володимирович

ФІЗИКА

7 КЛАС

Підручник для загальноосвітніх навчальних закладів

Завдання: 1. Ознайомитись із такими засобами вимірюван­ня: лінійка, мірна стрічка, мензурка, секундомір.

2. Виміряти лінійкою і мірною стрічкою ширину й висоту сто­рінки зошита по верхньому і нижньому обрізах та по лінії згину й краю сторінки.

Обладнання: лінійка; мірна стрічка; мензурка; секундомір.

Підготовка до проведення експерименту

Підготуйте таблиці для занасення результатів вимірювань. Таблиці можуть мати такий вигляд:

Об'єм тіла. Властивість тіла займати ту чи іншу ^^ частину простору характеризує фізична величина, яку ДММ називають об'ємом. Найчастіше її позначають латин- "^Я ською літерою V. Для тіла, що має форму пара­лелепіпеда (мал. 1.48), зв'язок між його об'ємом і лінійними розмірами (довжиною, шириною, висотою) подають формулою V = ІЬН. Зверніть увагу, що до­буток двох лінійних розмі­рів дорівнює площі поверхні однієї з граней паралелепіпеда. Наприклад, ІЬ = Б. Щоб визна­чити об'єм паралелепіпеда, пло­щу його основи потрібно помно­жити на висоту: V = БН.

У системі СІ одиниця об'єму — один кубічний метр (1 м3). Вимірюючи менші об'єми, на практиці використовують інші одиниці: кубічний сантиметр (1 см3), кубічний дециметр (1 дм3) та ін. Наведемо співвідношення між цими одиницями:

1 м3 = 1000 дм3 = 1 000 000 см3, 1 см3 = 0,001 дм3 = 0,000 001 м3.

У техніці й побуті, вимірюючи об'єми рідин і газів, часто застосовують такі одинці, як літр (1 л = 1 дм3) і мілілітр (1 мл = 1 см3).

У повсякденному житті, науці, техніці часто доводиться роз­в'язувати задачі на розрахунок різних фізичних величин, у тому числі й тих, які характеризують рухи різних тіл: автомобілів, літаків, космічних апаратів та ін. На уроках фізики ви теж бу­дете розв'язувати задачі. їхня мета — навчитися застосовувати одержані знання в практичних ситуаціях. Кожна навчальна задача у спрощеному вигляді відображує ту чи іншу ситуацію, яка може постати перед людиною, і потребує певного вирішення.

Розглянемо такий приклад. Пішохід за 0,5 год пройшов шлях 1,8 км. Велосипедист цю саму відстань проїхав за 6 хв, а мотоцикліст — за 90 с. Визначити швидкості руху цих тіл. Хто з них рухався швидше (порівняти їхні швидкості)?

Проаналізуємо умову цієї задачі. З точки зору фізики у нас є три тіла, які, можливо, рухаються з різними швидкостями. Проміжки часу, протягом яких вони рухалися, — £п, £в, £м, а пройдений шлях однаковий: 8п = 8в = 8м = 8.

Швидкості пішохода, велосипедиста та мотоцикліста позна­чимо відповідно ип, ив, им. Тоді

в 1,8 км \_ км

швидкість пішохода: і— = — = = 3 , 6 ,

£п 0,5 год год

8 1,8 км „ км швидкість велосип ед ис та : V = — = —- = 0 , 3 ,

в £в 6 хв хв

• • 8 18 км км швидкість мотоцикл і ст а: V = = —— = 0 02 .

м £ 90 с ' с

м

Якби ми не знали учасників руху, то за отриманими зна­ченнями важко зорієнтуватися, швидкість якого з тіл більша, а якого менша.

Щоб порівнювати швидкості руху різних тіл, їх необхідно визначити в однакових одиницях. Тому, перш ніж приступи­ти до розв'язування задачі, слід усі зазначені в її умові вели­чини виразити в одиницях однієї системи (найчастіше СІ). У нашому випадку:

8 = 8 = 8 = 1,8 км = 1,8 • 1000 м = 1800 м.

пвм

Проміжки часу, протягом яких рухалися тіла відповідно є такими:

£п = 0,5 год = 0,5 • 3600 с = 1800 с,

£в = 6 хв • 60 с = 360 с, £м = 90 с.

За таким словесним описом руху можна визначити, що відстань між пунктами А і В становила 210 км, а між пунктами В і С — 200 км. Усього від пункту А до пункту С автомобіль подолав 410 км. Подорож тривала 6 год. Знаючи, де знахо­диться пункт А і якою дорогою (траєкторію) рухався автомо­біль, за картою автомобільних доріг можна з'ясувати, де саме розташовані відповідні пункти.

У фізиці для вивчення різних явищ широко використову­ють їх математичні моделі — рівняння руху. Рівняння руху дають змогу лаконічніше описати увесь процес руху та виділи­ти його особливості. Такі рівняння показують, як залежать швидкість, шлях, переміщення, координата тіла (характери­стики руху) від часу. Відповідно рух певного тіла можна опи­сати рівняннями швидкості, рівняннями пройденого шляху, рівняннями координати та ін.

Опис руху розглядуваного автомобіля за допомогою рівнянь швидкості і шляху матиме такий вигляд: км

* V = 70 , 8 = 70£, якщо 0 < £ < 3 год (протягом трьох

год

км

годин автомобіль рухається із сталою швидкістю 70 );

год

* V = 0, 8 = 210 км, якщо 3 < £ < 4 (від 3-ї до 4-ї години від початку руху автомобіль не рухається, пройшовши 210 км);

Те, що середня швидкість автобуса на шляху від Києва до

Харкова становила 6 0 -ї—^- , не означає, що середня швидкість

год

на різних ділянках шляху однакова. Адже на одних ділянках зупинок більше, а на інших — менше. Під час рейсу можуть змінюватися погодні умови і стан дорожнього покриття. Тому за відомою середньою швидкістю не можна визначити, де знахо­дитиметься автобус через одну чи три години свого руху. Від­стань від Києва до Полтави приблизно 240 км. Рухаючись із

швидкістю 6 0 , автобус мав би прибувати в Полтаву через год

4 год після відправлення з Києва. Насправді він витрачає на цей шлях 4 год 30 хв.

Знаючи середню швидкість руху протягом певного часу, можна визначити шлях, пройдений тілом тільки за увесь цей час, але не можна визначити відстані, які воно долає за інші (менші) проміжки часу.

Середню швидкість руху тіла не можна розглядати як середнє арифметичне значення швидкостей, з якими рухалося тіло на різних ділянках шляху.

З а д а ч а 1. Нехай велосипедист проїхав 500 м. Перші 300 м він рухався зі швидкістю 3 м/с, наступні 200 м — зі швидкі­стю 5 м/с. Визначити, якою була його середня швидкість на усьому шляху.

Знайдемо середнє арифметичне значення швидкості:

5 м + 3 м

= 4 м.

„ м

1. Який рух називають нерівномірним?

3. Автомобіль протягом 5 год рухався із середньою швидкістю

60 км/год. Чи можна стверджувати, що за перші дві години він проїхав 120 км? Чи можна стверджувати, що автомобіль за 5 год пройшов шлях 300 км?

4. Міжміський автобус за 3 год рейсу подолав відстань 150км.

З якою середньою швидкістю він рухався? Чи можна за цими даними визначити, яку відстань подолав автобус за 2 год перебування в дорозі?

5. Поїзд Київського метрополітену проходить 6 км між станціями "Дніпро" і "Вокзальна" за 10 хв. Визначте середню швидкість руху на усьому шляху (у метрах на секунду та кілометрах на годину).

6. Катер, рухаючись за течією річки, подолав 10 км шляху від пункту А до пункту В за 30 хв, а зворотний шлях — за 1 год. Яка середня швидкість катера протягом усього руху? Яка швидкість течії річки? Вважати, що катер між пунктами рухався рівномірно.

= N і '

Частота коливань обернена періоду коливань:

Т = 1 або V = —. V Т

Частота у міжнародній системі одиниць фізичних величин СІ визначається в одиницях за секунду, яка має назву герц

І 1 = с-1 = 1 Гц І — на честь німецького фізика Генріха Герца.

Затухаючі та незатухаючі коливання. Якщо тягарець на нитці чи пружині вивести зі стану рівноваги й від­пустити, то його подальші коливання відбуватимуться самі по собі — без сторонніх впливів. Такі коливання називають вільними. Спостерігаючи за коливаннями лінійки, тягарця на нитці й тягарця на пружині, ви помічаєте, що з ча­сом їх амплітуда зменшується і коливання припиняються

Коливання, амплітуда яких із часом не змінюється, назива­ють незатухаючими, коливання, амплітуда яких з часом зменшується, називають затухаючими.

Неважко здогадатися, що причиною затухання коливань є вплив навколишнього середовища, зокрема опір повітря. При­кріпивши аркуш тонкого картону до тягарця на пружині або до тягарця, що коливається на нитці, ви побачите, що їх коли­вання затухатимуть швидше. Якщо ви опустите тягарець на пружині у воду, то, здійснивши одне-два коливання, вони при­пиняться. Тіла, що коливаються, взаємодіють з іншими тіла­ми навколишнього середовища і зазнають їх впливів. Тому вільні коливання завжди затухаючі.

Щоб коливання не припинялися, на тіла, які можуть коли­ватися, має діяти яке-небудь зовнішнє тіло. Наприклад, рука людини, що підштовхує гойдалку, хвиля, яка піднімає й опу­скає поплавець. Коливання, які відбуваються під дією зовніш­ніх впливів, називають вимушеними. Вимушені коливання — це рух поршня в двигуні автомобіля, рух пилочки під час ви­пилювання ручним або електричним лобзиком, вібрації мо­більних телефонів, коли увімкнено відповідний режим, та ін.

1. Доведіть, що з двох тіл з однаковою масою більша густина у того тіла, об'єм якого менший.

2. Якщо шматок пластиліну скачати в кульку, то чи зміниться його густина?

4. Порівняйте масу і густину трьох тіл, зображених на мал. 3.19, позначивши відповідні величини індексами 1, 2, 3.

5. Як можна визначити об'єм тіла неправильної форми, якщо відомі його маса і густина?

6. У скільки разів маса 1 м3 заліза більша за масу 1 м3 води?

7. Паралелепіпед масою 330 г має розміри 15 х 5 х 2 см. З якої ре­

човини його виготовлено?

8. Олія об'ємом 1 л має масу 920 г. Знайдіть густину олії. Виразіть її в кілограмах на метр кубічний.

3. Який загальний закон природи був відкритий І. Ньютоном?

4. Від чого залежить сила тяжіння біля поверхні Землі?

5. Як, знаючи масу тіла, можна визначити силу тяжіння, яка діє на це тіло?

6. У багатьох з вас вдома є пружинні терези (кантури), якими кори­стуються для зважування різних продуктів. їх проградуйовано, як прави­ло, в кілограмах. Вважаючи, що масі тіла 100 г відповідає сила тяжіння в 1 Н, визначте з їх допомогою сили тяжіння, що діють на хлібину, молоток або будь-які інші три тіла, та запишіть їх значення у ньютонах.

§ 31. ВАГА ТІЛА. НЕВАГОМІСТЬ

Що таке вага тіла? Коли ви піднімаєте портфель, відро з водою та ін., то відчуваєте, як відтягує руку — ви вимушені прикладати силу, щоб утримати предмет. Якщо до пружини, закріпленої в штативі, прикріпити тягарець й відпустити, то під дією сили земного тяжіння він почне рухатися вниз, роз­глядаючи пружину. Чим більше розтягується пружина, тим з більшою силою вона, у свою чергу, діє на тягарець. Через де-

Коефіцієнт пружності можна досить легко визначити, якщо силу пружності, що виникла в тілі, поділити на видовження, що її спричинило. Наприклад, для першої пружини, викорис­таної нами в наведених вище дослідах, коефіцієнт пружності

1 Н 2Н 4 Н Н

становитиме /\_ = = = = 0,5 —. Отже, коефіцієнт

2 см 4 см 8 см см

пружності показує, що при видовженні першої пружини на

1 см у ній виникне сила пружності 0,5 Н. Коефіцієнт пруж-

1 Н \_ 2 Н \_ 4 Н \_ 1 Н 1 ;

1 см 2 см 4 см см необхідно прикласти вдвічі більшу силу, щоб її розтяг теж збільшити на 1 см.

У СІ, як ви знаєте, одиницею довжини є 1 м, тому одини­цею коефіцієнта пружності є 1 — .

м

Для сталевої дротини перерізом 1 мм2 і довжиною 1 м

д

коефіцієнт пружності становить приблизно 200 000 — .

м

Це означає, щоб сталеву дротину довжиною 1 м видов­жити удвічі, до неї необхідно підвісити вантаж, маса якого становить 20 т. Але ж дротина просто не витримає та­кий вантаж — розірветься. Якщо пружину довжиною 10 см спробувати розтягти її на 1 м, то вона, цілком ймовірно, втра­тить свої пружні властивості і не відновити свою форму пі­сля того, як дія зовнішніх сил припиниться, або зламається. Справа в тому, що закон Гука виконується лише за порівняно невеликих деформацій. Пригадайте, адже сили пружності, що виникають в деформованому тілі, це наслідок прояву взаємодії молекул. А молекули, як ви знаєте, взаємодіють лише на ма­лих відстанях, порівнянних з розмірами самих молекул. Унаслі­док деформації розтягу відстані між молекулами збільшують­ся, а сили взаємодії молекул зменшуються. Це приводить до того, що зникає прямо пропорційна залежність між силою пружності і видовженням пружного тіла. У разі подальшого збільшення зовнішньої сили тіло втрачає пружні властивості і стає пластичним, а потім починає руйнуватися. При знач­них деформаціях навіть сталь стає пластичною і не відновлює свою форму. Саме через це, використовуючи потужні преси, з неї

1. Що називають деформацією?

2. Які деформації тіл називають пружними, а які пластичними?

3. Як залежить сила пружності, що виникає в тілі, від його деформації?

\*Слід розуміти, що результат однакової дії може бути різним. Він залежить від того тіла або місця на тілі, до якого прикладено силу. Тому удар по захищеній рукавичкою руці майже нічим не загрожує обом боксерам.

1. Які досліди доводять, що під час взаємодії сили, з якими тіла діють одне на одне, рівні за модулем і протилежні за напрямком?
2. Чому пожежникові важко утримувати брандспойт, з якого б'є струмінь води?
3. Хлопчик стрибає на берег з навантаженої баржі. Чому рух баржі в протилежному до стрибка напрямку непомітний?

4.Чому під час пострілу снаряд

і гармата набувають різних швидко­стей?

1. На мал. 3.62 наведено ілю­страцію до розповіді барона Мюн- хаузена. Вихваляючись своєю силою, він розповів, як, ухопивши себе за волосся, а коня за гриву, витягнув обох з болота та переніс на тверду землю. Чи міг він це зробити, навіть якби володів тією силою, якою вихвалявся?
2. Під час перетягування каната кожна з двох груп хлопчиків тягне свій кінець із силами 500 Н. Якими будуть покази динамометра, розмі­щеного посередині каната.

7. Океанський лайнер при зіткненні з прогулянковим катером може потопити його, майже не зазнавши ушкоджень. Як це узгоджується із тим, що під час взаємодії тіла діють одне на одне з рівними за значен­ням силами?

§ 37. ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ НА ПОВЕРХНЮ. СИЛА ТИСКУ

Виникають питання: чому важко різати тупим ножем? Чо­му комар, маса якого усього 1 мг, легко проколює шкіру лю­дини, яка захищає нас від багатьох зовнішніх впливів?

Щоб забити гвіздок, ставимо його на дошку гострим кін­цем, і після удару молотка він легко заходить у дошку. Якщо поставимо шляпкою, гвіздок скоріше за все зігнеться, а в дош-

Щоб знайти тиск, необхідно силу, що діє на поверхню тіла, поділити на площу цієї поверхні:

Р = 3 •

де р — тиск; ^ — сила, яка діє на поверхню перпендикулярно до неї; 3 — площа поверхні.

У СІ одиницею сили є 1 Н, одиницею площі — 1 м2, тому н

одиниця тиску — 1— . Цю одиницю названо паскаль (Па)

м2

І 1 Па = 1 — на честь видатного французького вченого Блеза

І м2 ]

Паскаля (1623—1662 рр.). Математик, фізик, літератор, філо­соф, творець перших зразків обчислювальної техніки, він від­крив основний закон гідростатики.

На практиці використовують й інші одиниці — мегапас- каль (МПа), кілопаскаль (кПа), гектопаскаль (гПа), міліпас- каль (мПа):

1 МПа = 106 Па, 1 кПа = 103 Па, 1 гПа = 100 Па, 1 мПа = 0,001 Па.

1. Наведіть приклади, які свідчать про те, що результат дії сили залежить від площі, на яку діє ця сила.

2. Чому важко різати тупим ножем?

3. Що називають тиском?

4. Чому гусеничний трактор легко проходить по піску, а легковий автомобіль застряє в ньому?

5. Що називають силою тиску?

6. Ви сідаєте на стілець, який стоїть на ґрунті, й відразу відчуваєте, як його ніжки заглиблюються в ґрунт. Чому?

7. Верстат має вагу 3 300 кН. Визначте, який тиск чинить верстат на фундамент, якщо площа його опори становить 200 дм2?

8. Цеглина масою 5 кг має довжину 25 см, ширину 12 см і висоту

6 см. Визначити, які тиски чинитиме цеглина, якщо її поставити на кож­ну з трьох різних граней.

9. Площа дна каструлі дорівнює 1300 см2. На скільки збільшиться тиск каструлі, якщо в неї налити 3,9 л води?

10. Гранітна колона, об'єм якої 6 м3, має площу опори 1,5 м. Який тиск чинить колона на ґрунт, якщо густина граніту 2 700 кг/м3?

11. Знаючи свою масу, порівняйте тиск, який ви чините на ґрунт, ко­ли стоїте на ногах і коли сидите на стільці. Масою стільця знехтуйте.

6. Визначте тиск на глибині 0,6 м у воді, гасі, ртуті

7. Глибина найглибшої океанської западини 10 900 м, густина океанської

кг

води становить 1030 . Який тиск води м3

на дні цієї западини?

8. Посудини з водою мають однакові

площі дна: кожна 100 см2 (мал. 3.73).

В якій з них тиск води на дно більший Мал 3 73

і у скільки разів? Якими є сили тисків,

що діють на дно в кожній з посудин? Чи можна стверджувати, що сила тиску посудини на поверхню стола дорівнює силі тиску на дно посудини

налитої в неї рідини? Відповідь обґрунтуйте.

§ 39. ТИСК ГАЗІВ

Повітря, яким ми надуваємо гумову кульку чи накачуємо камеру велосипеда, чинить тиск на пружні оболонки, збіль­шуючи їх об'єм. Як пояснити тиск газів?

Відстані між молекулами газів значно перевищують розмі­ри молекул. Тому сили взаємодії між ними малі. Молекули га­зів хаотично рухаються з великими швидкостями по всьому об'єму посудини, в якій знаходяться. Вони постійно стикають­ся між собою і стінками посудини (мал. 3.74). Звичайно, сила удару однієї молекули мізерна, але кількість молекул дуже ве­лика: у кожному кубічному сантиметрі повітря, яким ми ди­хаємо, міститься приблизно 2,69 • 1019 молекул. Щомиті стін­ки, дно, кришку посудини, в якій знаходиться газ, бомбардує величезна кількість молекул. Сумарна дія цих молекул і створює тиск на оболонку, в якій знаходиться газ.

Тиск, створюваний газами, на стінки посудини має свої особливості.

1. Тиск газу залежить від його температури.

З підвищенням температури тиск збіль­шується. Чим вища температура, тим біль-

вітря в трубці під поршнем збільшиться. Тиск повітря в трубці стає більшим, ніж тиск зовнішнього повітря, і плівка виги­нається назовні (мал. 3.75, б). Якщо збільшити об'єм повітря в трубці, потягнувши поршень у протилежний бік, кількість молекул у кожному кубічному сантиметрі повітря зменшиться. Тому тиск повітря в трубці стає меншим за тиск зовнішнього повітря. Плівка втягується в трубку (мал. 3.75, в).

3. Тиск газу в усіх напрямках однаковий.

Переконатися в цьому можна, якщо помістити зав'язану гу­мову кульку під дзвін вакуумної тарілки й відкачати повітря (мал. 3.76). Кількість молекул у зав'язаній гумовій кульці не змінюється, а кількість молекул повітря під дзвоном зменшу­ється. Тому тиск повітря зовні на оболонку кульки зменшуєть­ся. Гумова кулька роздувається й набуває круглої форми.

Слід зазначити, що поки що ми не враховуємо дію сил тя­жіння на молекули газу. Звичайно, на кожну молекулу газу у гравітаційному полі Землі (іншої планети) діє й сила тяжіння, яка направлена по вертикалі вниз. Тому гази, подібно ріди­нам, створюють і ваговий тиск, зумо­влений дією сили тяжіння на їх моле­кули. Проте внаслідок невеликої гу­стини цей тиск стає помітним лише у випадках, коли висота стовпа повітря чи іншого газу досить велика. Осо­бливості тиску газів, пов'язані з дією сил тяжіння небесних тіл, ми розгля­немо далі.

1. Наведіть приклади застосування закону Паскаля.

3. Як рідини передають тиск?

4. Сформулюйте закон Паскаля.

5. Чи однаковий тиск діє на водолазів, зображених на мал. 3.81?

6. У верхній частині камери колеса автомобіля повітря перебуває під тиском 210 кПа. Який тиск чинить повітря в нижній частині камери?

7. Чому, коли в колбу з тонкими стінками налито рідину, її закрива­ють так, щоб пробка не тиснула безпосередньо на рідину?

1. ^ = — рівнодійна си-

тяж А ^ ^

ли тяжіння і сили Архімеда до­рівнює 0. Тіло плаває всередині рідини: не спливає й не тоне (мал. 3.130, а). Урахувавши, що

Ртяж = Рт^ а РА = Рр^ 0ДЄРЖи-

мо: рт = рр. Тіло плаває всереди­ні рідини, якщо його густина дорівнює густині рідини.

Далі так само одержимо умо­ви для випадків, коли тіло тоне і спливає.

2. ^ > — рівнодійна сили

тяж А

Мал. 3.130 тяжіння і сили Архімеда напра­

влена униз; рт > рр. Тіло тоне, якщо його густина більша, ніж густина рідини (мал. 3.130, б).

1. За яких умов тіло в рідині тоне, спливає, плаває?

2. Чому дорівнює виштовхувальна сила, яка діє на тіло, що плаває на поверхні рідини?

4. Як залежить виштовхувальна сила, що діє на тіло у рідині, від об'єму його зануреної частини?

5. У посудину налито три рідини, які не змішуються між собою: вода, гас і ртуть. У якій послідовності вони розмістяться в посудині, починаючи від дна?

Завдання. Встановити експериментально за яких умов тіло то­не, сплаває до поверхні, плаває.

Прилади і матеріали: мензурка з водою або мірний циліндр; поплавець (пробірка з корком або інша невелика ємність, що щільно закривається); важільні терези з набором різноваг; сухий пісок; фільтрувальний папір; дротяний гачок (петля).

Підготовка до проведення експерименту

1. Пригадайте. Яку силу називають силою Архімеда? Як мож­на визначити силу Архімеда, коли відомий об'єм тіла, або части­ни тіла, зануреного в рідину, та густина рідини? Як можна виз­начити вагу тіла, використавши важільні терези? Які основні правила зважування на важільних терезах?

2. Урівноважте терези.

Н = 2 м. Робота, виконана важкоатлетом, дорівнює добутку прикладеної ним сили на пройдений штангою шлях: А = рв. Оскільки р = Р = т^1, в = н, то А = р = mgН.

Підставивши в одержану формулу значення відповідних величин, отримаємо

ц

А = mgН = 100 кг• 9,8 2 м = 1960 Дж « 2 кДж.

кг

Відповідь: А = 2 кДж.

Робота сила тяги електровоза, що тягне за собою довгу низ­ку вагонів, залежно від пройденого шляху може становити мі­льйони джоулів. Але якщо діюча сила і пройдений шлях ма­лі, то робота може становити сотні й тисячні частки джоуля. Тому використовують кратні й часткові одиниці роботи:

1 кДж (кілоджоуль) = 1000 Дж, 1 МДж (мегаджоуль) = = 1 000 000 Дж, 1 мДж (міліджоуль) = 0,001 Дж.

Термін робота у повсякденному житті використову­ють дуже часто. Роботою називаємо різну діяльність людини: робота слюсаря, робота будівельника, розумова робота, навчальна робота та ін. В усіх цих випадках унаслідок виконання роботи відбуваються зміни в ста­

ні навколишнього середовищі або самої людини. Виконуючи роботу, будівельники зводять новий будинок. Робота вченого

зумовлює відкриття нових явищ і законів природи. Унаслідок роботи конструкторів з'являються нові машини. Завдяки ро­боті на уроці учень отримує нові знання про навколишній світ.

У механіці вважають, що робота здійснюється лише то­ді, коли на тіло діє сила і під дією цієї сили воно переміщу­ється.

1. Що розуміють під механічною роботою?

1. Які дві умови необхідні для виконання механічної роботи?
2. Від яких двох величин залежить значення виконаної роботи?
3. Запишіть формулу для обчислення роботи.
4. Що є одиницею роботи?
5. Чи виконує роботу учень, натискаючи на поверхню стола із силою 20 Н?
6. По гладенькому льоду ковзає шайба. Припустимо, що опору рухо­ві шайби немає (відсутнє тертя об лід і опір повітря). Чи виконується при цьому механічна робота?
7. У яких із наведених нижче випадків виконується механічна робота: важкоатлет стоїть із піднятою угору штангою; дівчинка грає на піаніно; вода тисне на греблю водосховища; хлопчик піднімається на другий поверх?
8. Під час оранки трактор тягне плуг із силою 1000 Н. Яку роботу виконує при цьому трактор на шляху 200 м?
9. Яка робота виконується силою тяжіння під час вільного падіння яблука масою 100 г з висоти 2 м?

11. Яку роботу виконують, переміщуючи дерев'яний брусок масою 200 г по горизонтальній поверхні на відстань 25 см, якщо коефіцієнт тертя між бруском і поверхнею 0,3?

1. Сила тяги автомобіля під час рівномірного руху по шосе

з швидкістю 72 км/год становить 1500 Н. Визначте роботу, виконану двигуном автомобіля за 1 год руху.

1. Яка сила удару молотка, якщо під час забивання гвіздка на глибину 5 см виконується робота 18 Дж?

§51. ПОТУЖНІСТЬ

Одна й та сама робота може бути виконана за різний час. Баштовий кран підніме 250 цеглин на висоту, де працюють бу­дівельники, за лічені хвилини. Робітникові, щоб доставити ту­ди цеглу, потрібно кілька годин (мал. 4.4). Найкращі коні важковозних порід можуть перевезти вантаж до 3 т на від­стань 30 км менше ніж за 5 год, а автомобіль КрАЗ з ванта­жем 18 т долає цю відстань за півгодини (мал. 4.5).

СІ є 1 Дж, а одиницею часу — 1 с, то, згідно з формулою для

1 Дж

визначення потужності 1 Вт = ■

1 с

1 Вт — це потужність, при якій за час 1 с виконується робота 1 Дж.

Піднявши тягарець масою 100 г на висоту 1 м за 1с, ви розвинули потужність, яка приблизно дорівнює 1 Вт.

У техніці широко використовують й інші одиниці потужно­сті: кіловат (1 кВт = 1000 Вт) та мегават (1 МВт = 1 000 000 Вт).

Потужності різних машин, механізмів, інших пристроїв, які здатні виконувати роботу (це стосується також людей і тва­рин), розрізняються. Значення потужностей людей у деяких випадках та інших тіл наведено нижче:

Людина під час стрибка з місця, ривка під

час підняття вантажу До 1,5—3,5 кВт

Людина під час інтенсивної роботи до 5 хв

(гребля, перегони на велосипеді) 0,4—1,5 кВт

Двигун мотоскутера 3 кВт

Двигун автомобіля КрАЗ 260 кВт

Двигун магістрального тепловоза 4800 кВт

Потужність пострілу гармати 11 000 000 кВт

Знаючи потужність машини, двигуна, можна визначити ро­боту, яку вони можуть виконати за певний час. З формули А

N = — випливає, що А = Иі.

З а д а ч а 2. Пасажирський потяг протягом двох годин ру­хається зі швидкістю 108 км/год. Сила тяги електровоза стано­вить 200 кН. Яку потужність розвинув електровоз на перегоні?

1. Що називають потужністю?
2. Запишіть формулу для визначення потужності, якщо відомі робота і час її виконання.
3. Як, знаючи потужність машини і час, протягом якого вона працю­вала, визначити виконану нею роботу?

3. Які одиниці потужності ви знаєте?

1. Чому за однакової потужності двигунів трактор і автомобіль роз­вивають різну швидкість? Адже за один і той самий час їхні двигуни мо­жуть виконати однакову роботу.
2. Кран піднімає вантаж масою 500 кг на висоту 10 м за 20 с. Яку потужність розвиває двигун крана під час підняття вантажу?
3. З греблі заввишки 30 м за 30 хв падає 1000 т води. Яку потуж­ність розвиває вода, що падає?
4. Яку потужність розвиває двигун скутера, що рухається зі швидкістю 54 км/год, якщо йому доводиться долати загальну силу опору 100 Н?
5. У шахті на глибині 100 м кожної хвилини накопичується 4,5 м3 во­ди. Якою повинна бути мінімальна потужність насоса для відкачування цієї води?

1. Яку енергію називають потенціальною?

1. Як визначити потенціальну енергію тіла, піднятого на деяку висоту над поверхнею Землі?
2. Від чого і як залежить потенціальна енергія пружно-деформовано­го тіла?
3. Доведіть, що підняте на деяку висоту над поверхнею Землі тіло має потенціальну енергію.
4. Доведіть, що деформоване пружне тіло має потенціальну енергію.
5. Який зв'язок між роботою, виконаною над тілом, і його енергією?
6. Від чого залежить числове значення потенціальної енергії тіла? Чи можна однозначно стверджувати, що енергія тіла, піднятого над Землею, дорівнює 10 Дж? Що ще слід зазначати, вказуючи числове значення енергії?

1. Яку енергію тіла називають кінетичною енергією?

3. Запишіть формулу для визначення кінетичної енергії.

4. Які форми механічної енергії мають сани, що зісковзують з гірки?

5. Куля масою 9 г, що вилетіла з гвинтівки, має швидкість 400 м/с. Яка кінетична енергія цієї кулі?

6. Автомобіль масою 1 т, рухаючись рівномірно, за 1 хв подолав від­стань 1,2 км. Якою була кінетична енергія автомобіля на цій ділянці шляху?

7. Маса навантаженого самоскида у 16 разів більша за масу легкового автомобіля, а швидкість самоскида у 4 рази менша за швидкість автомобіля. Порівняйте кінетичні енергії самоскида

і легкового автомобіля.

Коли м'яч перебуває на максимальній висоті і його швид­кість дорівнює 0, повна його енергія дорівнюватиме потен­ціальній енергії м'яча Е = Еп max.

Під час руху вгору і вниз він має і потенціальну, і кінетичну енергії. Його повна енергія дорівнює їх сумі: Е = еп + ек.

У момент перед ударом об землю його повна енергія скла­дається лише з кінетичної енергії, яка у цей момент має мак­симальне значення: Е = Е .

к max

Перетворення енергії відбуваються і під час вільних коли­вань маятника (мал. 4.12). Відхиливши маятник, ми змінюємо його положення відносно Землі, виконуючи роботу з піднімання його на деяку висоту hmax. Потенціальна енергія маятника відносно початкового стану рівноваги становитиме еп = mghmax. Повертаючись у стан рівноваги, тягарець маятника збільшує свою швидкість. Його висота і потенціальна енергія відносно положення рівноваги зменшуються, але зростає кінетич­на енергія. Повна механічна енергія маятника складається

ш

б

Мал. 4.29

з якою діють тягарці) (мал. 4.29, б). Якщо відстані від осі 12 = 11 = 5 см, то динамометр покаже силу Р2 = Р = 4 Н (мал. 4.30). Отже, результат дії сили Р2, яку необхідно приклас­ти, щоб урівноважити лінійку, залежить від того, на якій від­стані від осі на важелі розташована точка її прикладання. Чим далі від осі точка прикладання сили (гачок, до якого приче­плено динамометр), тим істотнішим буде її вплив на важіль.

Проте не поспішаємо з остаточним висновком. Змінювати­мемо напрямок дії сили, точка прикладання якої знаходиться на відстані 12 = 20 см від осі лінійки. Як бачимо, покази ди­намометра збільшуються. Скориставшись кутником і виконав­ши прості вимірювання, можна переконатися, що коли найко- ротша відстань (довжина перпендикуляра, проведеного від осі обертання до лінії, уздовж якої діє сила) дорівнюватиме 12 = = 10 см, для утримання лінійки необхідно прикласти силу

= 2 Н, а при зменшенні від­стані до 12 = 11 = 5 см — Р2 = = 4 Н (мал. 4.31).

Найкоротшу відстань від осі обертання до напрямку дії сили називають плечем сили.

Отже, результат дії сили на тіло, що має закріплену Мал. 4.30 вісь обертання, тим більший,

1. Що називають важелем?

1. Від чого залежить результат дії сили на тіло, яке має закріплену вісь обертання?
2. Що називають плечем сили?
3. Що таке момент сили?
4. Який момент сили прийнято вважати додатним? Від'ємним?
5. За яких умов важіль може перебувати у рівновазі?
6. Кожен тягарець діє на лінійку, підвішену на осі О із силою 1 Н. Яку силу показуватиме динамометр (мал. 4.34)?
7. На мал. 4.35 показано тіло із закріпленою віссю обертання, на яке діють кілька сил. Перемалюйте малюнок у зошит і позначте на ньому плечі цих сил.
8. Розповідаючи про важіль, дівчинка намалювала схему важеля в рівновазі (мал. 4.36). Яку помилку допущено на малюнку?
9. Яку силу треба прикласти до важеля в точці А, щоб зрівноважити вагу вантажу (мал. 4.37)?

11. На мал. 4.38 показано від­стані уздовж стріли баштового кра­на і допустимі вантажі, які можна піднімати? Чому чим на більшу від­стань необхідно перемістити вантаж

ною рідиною 3 приєднана трубка 4, яка з'єднує його з гальмівним циліндром.

Два поршні 5, які рухаються в цьому циліндрі, з'єднані з галь­мівними колодками 6. Тиск, спри­чинений дією педалі, передається гальмівною рідиною в гальмівний циліндр і надає руху поршням, які, переборюючи дію пружини 7, притискають гальмівні колодки до гальмівного барабана колеса авто­мобіля 8, тоді колесо припиняє обертатися.

Проте залишається питання: чи дає гідравлічна машина виграш у роботі?

Визначимо роботу, яку виконує сила під час опускання меншого поршня на відстань Н1: А1 = Б1Н1. Унаслідок тиску на рідину під дією сили рідина з малого циліндра витискається у більший, і піднімає великий поршень на висоту Н2. Водно­час на скільки зменшився об'єм рідини в одному циліндрі, на стільки само він збільшиться у другому: У1 = У2. Оскільки

Н Б

У1 = Н1Б1, У2 = Н2Б2, то Н1Б1 = Н2Б2, або — = —2- . Чим більша пло-

Н2 Б1

ща поршня і більша сила, яка діє на нього, тим на меншу від­стань він переміщується.

Як бачимо, і в цьому випадку, вигравши на силі, у стільки само разів програють у відстані. Виграшу в роботі гідравліч­на машина не дає.

§ 60. КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ (ККД) МЕХАНІЗМІВ

Користуючись простими механізмами, не лише не здобува­ють виграшу в роботі, а й завжди програють. Річ у тому, що, піднімаючи вантаж, наприклад, за допомогою блока, необхід-

1. Що таке коефіцієнт корисної дії?

1. Чому корисна робота завжди менша, ніж повна (затрачена)?
2. Як можна збільшити ККД?
3. У чому полягає "золоте правило" механіки?
4. Яка залежність ККД від кута нахилу похилої площини?
5. Один і той самий блок можна використати як рухомий і як нерухомий (мал. 4.59). У якому випадку застосування блока ККД більший? Чому?
6. Чи може ККД похилої площини дорівню­вати 100 %?
7. Обчисліть ККД важеля, за допомогою якого вантаж масою 220 кг рівномірно підняли на висоту 6 см; при цьому до довгого плеча важеля була прикладена сила 500 Н, а точка прикладання цієї сили опустилася на 0,3 м.
8. Цебро з піском масою 22,5 кг піднімають за допомогою нерухомого блока на висоту 10 м, діючи на мотузку силою 250 Н. Обчисліть ККД установки.

§ 5. 5. 3,7 • 1022.

§ 8. 9. Близько 32 см, 0,32 м.

§ 15. 6. Уночі тривалість експозиції (час, протягом якого відкритий затвор фотоапарата) під час зйомки досягає кількох секунд. Лі­нії на знімку — це зафіксовані зміни траєкторії руху фар і сиг­нальних вогнів автомобілів за час витримки. Білі лінії залиша­ють фари автомобілів, які рухаються у напрямку до фотоапара­та, червоні лінії — задні вогні, жовті пунктирні лінії — увім­кнуті сигнальні вогні повороту.

§17. 4. 30 м/с; 108 км/год.

§ 18. 1. 4 км і 320 м. 2. 0,083 с. 3. Наздожене. 4. 16 с. 5. 20 с.

§ 19. 3. 30 с рівномірно зі швидкістю 1 м/с, потім стояв; 30 м; 1 м/с. 4. 1) 60 км/год; 2) 2,5 год; 3) 90 км/год; 4) 90 км; 5) 180 км; 6) там, звідки починав рух.

§ 20. 3. Ні, так. 4. 50 км/год, ні. 5. 10 м/с, 36 км/год. 6. 13,3 м/с,

5 м/с. 7. 67,5 км/год. 8. 8 см/с.

§ 21. 4. 1 хв, 1 год, 12 год; 1/60 с1, 1/3600 с1, 1/43200 с1. 5. При­близно 1667 км/год. 6. 40 об/с. 7. 3,2 мм.

§ 22. 8. 0,5 с; 2 с1.

§ 23. 5. 6 с.

§ 26. 7. 0,75 м/с. 8. Правого у 5 разів.

§ 27. 6. У 7,8 раза. 7. З дуба. 8. 920 кг/м3. 9. 45 кг. 10. 3750, 93 км 750 м. 11. Має.

§ 31. 7. 50 Н. 9. 400 Н. 10. 78 Н.

§ 32. 7. 30 кН/м. 8. 4 мм. 9. 100 Н/м, 10 см.

§ 34. 4. 15 Н. 5. 12 Н. 6. Дорівнює 0.

§ 35. 11. 6 Н. 12. 2 Н ; 3 Н. 13. На 6 см.

§ 36. 6. 500 Н.

§ 37. 7. 1650 кПа. 9. На 300 Па. 10. 10 800 Па.

§ 38. 5. 800 Па. 6. 600 Па; 4800 Па; 81 600 Па. 7. 112 МПа. 8. У пра­вій тиск удвічі більший. 40 Н; 80 Н. Ні.

§ 40. 10. 200 кПа. 11. 80 000 Н.

§ 41. 6. На 4 см. § 43. 10. 7,2 • 104 Н. § 44. 6. 50 кПа. § 45. 6. 40 000 Па. § 46. 5. Так.

§ 47. 7. 180 Н. 8. 427 Н. 9. 1,2 Н; 7 Н; 10,5 Н. § 48. 8. 13,6 Н. 9. 0,2 Н. 10. 108 кг.

§ 50. 9. 200 кДж. 10. 2 Дж. 11. 0,15 Дж. 12. 108 МДж. 13. 360 Н. § 51. 5. 2,5 кВт. 6. 170 кВт. 7. 1,5 кВт. 8. 75 кВт. § 52. 9. а) 60 Дж; б) 60 Дж, 220 Дж; в) 0, 160 Дж; г) однакову.

10. 150 кДж, збільшилася на 150 кДж. § 53. 5. 720 Дж. 6. 200 кДж. 7. Однакові. § 56. 7. 1 Н. 10. 2 Н. 11. Приблизно 56 кН. § 58. 3. 10 м.

§ 60. 7. Ні. 8. 88 %. 9. 90 %.

1. прозорими або напівпрозорими стінками, на яких нанесе­но поділки з числовими позначками, зокрема у мілілітрах (мал. 1.49).

   Виникає питання: як визначати об'єм твердих тіл непра­вильної форми? Якщо розміри тіл порівняно невеликі, можна скористатися мензуркою, мірним циліндром чи прямокутним акваріумом.

   Зверніть увагу! Рівень рідини в посудині піднімається, якщо в неї занурити тіло. Занурене в рідину тіло витискає час­тину рідини, займаючи її місце. Новий рівень рідини визнача- [↑](#footnote-ref-1)
2. Обмеження рухливості людини протягом тривалого часу лікарі називають гіподинамією. Фізкультура та спорт запобігають виник­ненню хвороб, пов'язаних із нею. [↑](#footnote-ref-2)
3. с

   Тоді час, за який велосипедист подолав би увесь шлях, становить

   500 м

   = 125 с.

   4м

   с

   Але перші 300 м він подолав за 300 м

   = 100 с ,

   І =■ [↑](#footnote-ref-3)
4. Що розуміють під середньою швидкістю нерівномірного руху? [↑](#footnote-ref-4)
5. Міжнародне бюро мір і ваг було створене 20 травня 1875 р. як результат угоди між 51 країною. Воно розташоване в м. Севрі (Фран­ція). Міжнародне бюро мір і ваг забезпечує підтримування однакових значень одиниць СІ в усьому світі. [↑](#footnote-ref-5)
6. Зазвичай ви знаєте приблизну масу свого тіла. Вважаючи, що густи­на тіла людини приблизно дорівнює густині води, визначте об'єм свого тіла і визначте свою масу. Порівняйте результати. Якщо ви вже виконали це завдання і знаєте свій об'єм, скористайтеся готовим результатом. [↑](#footnote-ref-6)
7. Чим можна пояснити той факт, що всі тіла падають на Землю? [↑](#footnote-ref-7)
8. Що спільного між падінням тіл на Землю і рухом планет та їх супутників? [↑](#footnote-ref-8)
9. Трибометр (від грец. ІгіЬвіп — терти, шеіго — міряю) — при­стрій для визначення сили тертя. [↑](#footnote-ref-9)
10. У фізиці кількість молекул, що міститься в одиниці об'єму (1 см3 або 1 м3), називають концентрацією молекул і позначають літерою п. Щоб знайти концентрацію молекул, потрібно їх загальну кількість поділити на об'єм, який займає даний газ. [↑](#footnote-ref-10)
11. Як гази передають тиск? [↑](#footnote-ref-11)
12. Густина води, як ви знаєте, становить 1000 —3-, тоді як густина

    м

    повітря за температури 0 °С і нормального атмосферного тиску усього

    приблизно 1- 3 . Самим важким газом часто вважають хлор, який

    м3

    важчий за повітря у 2,5 раза. Газ ксенон важчий за повітря у 4,5 ра­за і в дуже невеликій кількості міститься в атмосферному повітрі. Є ще радіоактивний газ радон, який важчий за повітря у 8 разів, про­те він швидко розпадається. [↑](#footnote-ref-12)
13. -Ртяж < — рівнодійна сили тяжіння і сили Архімеда направлена угору; рт < рр. Тіло спливає, піднімається до по­верхні рідини, якщо його густина менша за густину рідини (мал. 3.130, в).

    Ці три випадки й визначають умови плавання тіл.

    Що відбуватиметься після того, як тіло, що спливає, до­сягне поверхні рідини? Наскільки воно підніметься над по­верхнею? Тіло спливатиме доти, поки сила тяжіння не ста­не такою, що дорівнює силі Архімеда. Піднімаючись над поверхнею, воно витискатиме дедалі менший об'єм рідини і настане такий момент, коли значення цих сил зрівняються (мал. 3.130, г).

    Якщо тіло плаває на поверхні, сила Архімеда дорівнює си­лі тяжіння. При цьому чим менша густина тіла, тим менше воно занурене у рідину і тим менша потрібна сила Архімеда, щоб його утримувати на поверхні рідини (мал. 3.130, г).

    Дерев'яний брусок спливає на поверхню води — густина дерева менша за густину води, а цеглина тоне — густина цег­ли більша за густину води. А от на поверхні ртуті плаватимуть не лише дерево й камінчик, а й навіть сталеві гирі: густина ртуті більша за густину сталі. [↑](#footnote-ref-13)
14. Як залежить глибина занурення в рідину тіла, що плаває, від його густини? [↑](#footnote-ref-14)
15. Від грец. кіпеМкоз — що надає руху. [↑](#footnote-ref-15)
16. Якщо ви виконали роботу з визначення середньої швидкості, то отримали експериментальне підтвердження того, що за рівномірної зміни швидкості середня швидкість руху дорівнює середньому ариф­метичному початкової і кінцевої швидкостей. [↑](#footnote-ref-16)
17. Від чого і як залежить числове значення кінетичної енергії? [↑](#footnote-ref-17)