К. Ж. Гуз, О. Г. Ільченко

ФІЗИКА

Рекомендовано Міністерством
освіти і науки України

Підручник для 7 класу

Полтава
«Довкілля-К»
2015

ББК 22.3я721
Г93

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
Наказ Міністерства освіти і науки України
№ 777 від 20 липня 2015 року

Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено

Гуз К. Ж. та інші.
П32 Фізика: Підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл./ К. Ж. Гуз, О. Г. Ільченко. — Полтава: Довкілля-К, 2015. — 200 с.: іл.
ISBN 966-8791-25-8


Висновки


Практичні роботи


Перевір себе
? Поміркуй


Думки великих


Подискутуйте:
робота в групах


Для допитливих

Художник *В. В. Волочай*
Художнє оформлення *О. Г. Ільченко*
Коректор *Т. В. Сігіда*

Здано до набору 11.06.15. Підписано до друку 31.08.15.
Формат 60x90/16. Папір офсетний. Гарнітура шкільна. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 12,5. Ум. фарбовідб. 50,0. Обл.-вид. арк. 11,6.
Наклад 20 075 прим (1-й з-д: 1-5 025). Зам. № 2015/05.

ТОВ «Довкілля-К». 36034, м. Полтава, вул. Примакова, 12 а.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ПЛ № 14 від 22.10.2002 р.

Віддруковано з готових діапозитивів у ТОВ «Навчальний друк»
61001, Харківська обл., смт Дергачі, вул. Петровського, 163 а.

ББК 22.3я721

© Гуз К. Ж., Ільченко О. Г., 2015
© Видавництво «Довкілля-К»,
художнє оформлення, 2015

ISBN 966-8791-25-8

Дорогі семикласники!

Цей підручник відкриває для вас двері у світ фізики — однієї з найнеобхідніших та найцікавіших наук про природу. Його написали для вас розробники «Довкілля» — моделі освіти для сталого розвитку суспільства. Чверть століття учні навчалися за підручниками до цієї моделі, яка на міжнародній виставці «Нові заклади освіти — 2014» нагороджена золотою медаллю.

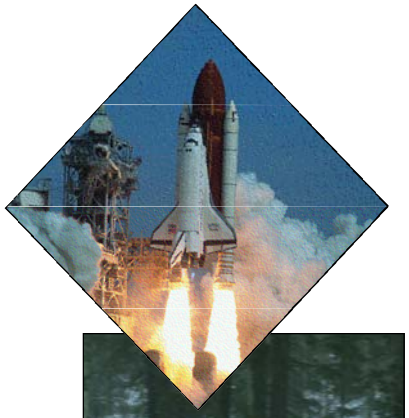
Ми бачили, як учням необхідний життєствердний національний образ світу, його основа — образ природи, який учні створювали, пояснюючи явища природи за допомогою основних, загальних закономірностей природи.

Ви можете знайти модель ядра образу природи, який ви будете конструювати, в кінці підручника. У центрі його одна семикласниця помістила лебедя, як символ того, що світ тримається на «збереженні, симетрії, вічній любові і вічній вірності». У вас буде свій образ природи, свій символ образу.

Природу не можна вивчати тільки в класі. Підручник поведе вас на уроки серед природи, на яких ви будете спостерігати, досліджувати своє довкілля, знайомитись з народними прикметами. Підручник познайомить вас з думками багатьох вчених. Не минайте рубрик «Думки великих», «Для допитливих».

Виконуйте лабораторні досліди, практичні роботи, спостереження і дослідження на уроках серед природи, проекти. Систематизуйте знання та вміння на основі найбільш загальних закономірностей природи, моделюйте цілісність знань з тем — структурно-логічні схеми — «еселески», як їх лагідно називають учні. Вони допоможуть вам набувати природничо-наукової компетентності — здатності обґрунтовувати всі знання, свої дії на основі загальних закономірностей природи, бути високопрофесійним у будь-якій діяльності.

Щасти вам!



ПОЧИНАЄМО ВИВЧАТИ ФІЗИКУ









Починаючи вивчати фізику, спробуйте поставити собі запитання. Наприклад, які є найновіші досягнення науки й техніки? Як їх використовують у побуті? Чому і як ми бачимо різнобарвний світ? Під час вивчення фізики ви знайдете відповіді на багато запитань про природу, які вас цікавлять.

Слово «фізика» веде своє походження від грецького «фюзіс», що означає «природа». Природа оточує нас усюди. І ми самі — частина природи.

Вивчаючи цей розділ підручника, ви дізнаєтеся, що вивчає фізика, ознайомитеся з деякими основними фізичними поняттями, величинами, методами наукового пізнання.

ВСТУП

§ 1. ФІЗИКА ЯК НАВЧАЛЬНИЙ ПРЕДМЕТ У ШКОЛІ

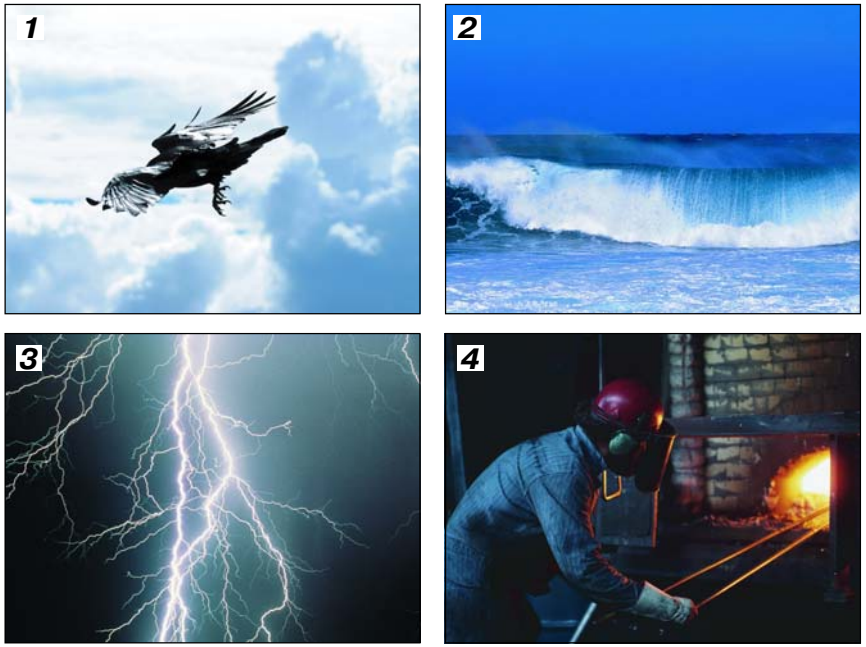
Під час вивчення курсу природознавства ви вивчали тіла, речовини, ознайомилися з деякими явищами, які будете вивчати на уроках фізики.

До *фізичних явищ* відносять:

механічні явища (рух птахів (*мал. 1, 1*), хвиль на поверхні води (*мал. 1, 2*), людей, машин, Місяця, тварин);

електричні явища (взаємодія заряджених тіл, блискавка (*мал. 1, 3*), електричний струм);

магнітні явища (Земля діє на магнітну стрілку, провідники зі струмом взаємодіють, електромагніт утримує вантажі);



Мал. 1. У фізиці вивчаються різні явища: 1, 2 — механічні, 3 — електричні та світлові; 4 — теплові і світлові

теплові явища (танення снігу; випаровування води; утворення туману, дощових крапель, сніжинок; плавлення металу (*мал. 1, 4*); дія нагрівальних приладів);

світлові явища (відбивання (*мал. 1, 2*) та заломлення світла, випромінювання (*мал. 1, 3; 1, 4*) та поширення світла в різних середовищах).

Фізика вивчає й інші явища, наприклад ті, що відбуваються в надрах зірок, атомних реакторах тощо. З ними ви познайомитеся пізніше.

Знання фізичних явищ та законів, що їх описують, часто використовуються на уроках інших предметів, наприклад, хімії, фізичної географії, біології.

Фізичні явища відбуваються в навколишньому світі. Цей світ складається з матерії. Усе те, що реально існує в навколишньому світі й не залежить від свідомості людини, є *матерією*. Світ *матеріальний*. Ми з вами, як і все у Всесвіті, належимо до матеріального світу.

Об'єкти навколишнього світу, які розглядають під час вивчення фізичних явищ, називають *фізичними тілами*. Це рослини, тварини, гори, планети, рукотворні об'єкти. Вони матеріальні, тобто існують незалежно від свідомості людини. Фізичні тіла (об'єкти живої та неживої природи) складаються з різних речовин. Зміни, що відбуваються з фізичними тілами, речовинами, називають фізичними явищами.

Як пояснювати властивості об'єктів, явища природи, передбачати їх перебіг? Це можна зробити на основі законів. Вони визначають *незалежні від людини, суттєві, стійкі зв'язки між явищами, процесами. Закони фізики* пояснюють фізичні явища, фізичні властивості тіл, речовин.

Вивчати фізику в школі ви будете *у фізичному кабінеті* (*мал. 2*). Його обладнання дає змогу проводити експерименти та виконувати лабораторні роботи. Деякі дослідження ви будете проводити на *уроках серед природи*.



Мал. 2. У фізичному кабінеті

Фізичний кабінет та правила поведінки в ньому

Під керівництвом учителя розгляньте обладнання фізичного кабінету (*мал. 2*).

Запам'ятайте основні правила поведінки, яких необхідно дотримуватися у фізичному кабінеті:

1. Будьте уважними, дисциплінованими, обережними, неухильно виконуйте вказівки вчителя.
2. Не тримайте на робочому місці предмети, не потрібні при виконанні завдання.
3. Розміщуйте обладнання і прилади на робочому місці так, щоб уникнути їх падіння.
4. Перед тим, як почати виконувати роботу, ознайомтеся з описом роботи і продумайте хід її виконання.
5. Не приступайте до виконання роботи без дозволу вчителя.
6. Обережно поводьтеся з приладами, що виготовлені зі скла (лінзи, трубки, лампочки, мензурки, пробірки тощо), щоб їх не розбити.
7. Не допускайте падіння приладів та обладнання, розгойдування важків, перевантаження пружин.

8. Після закінчення роботи поставте обладнання та прилади в такому порядку, як вони були розміщені до початку роботи.
9. Приберіть все на своєму робочому місці.
10. Повідомте вчителя про закінчення роботи.
11. Не залишайте своє робоче місце без дозволу вчителя.



Для допитливих

Природничо-наукова картина світу та образ природи

Пояснюючи різноманітні явища (фізичні, хімічні, біологічні, географічні) з використанням загальних закономірностей природи, ви будете набувати знань про *природничо-наукову картину світу*.

Термін «*природничо-наукова картина світу*», як і термін «матерія», є спільним для всіх природничих предметів — фізики, хімії, біології, фізичної географії, астрономії. Природничо-наукова картина світу — це система знань, яка утворюється під час пояснення людиною властивостей об'єктів, явищ природи на основі її загальних закономірностей.

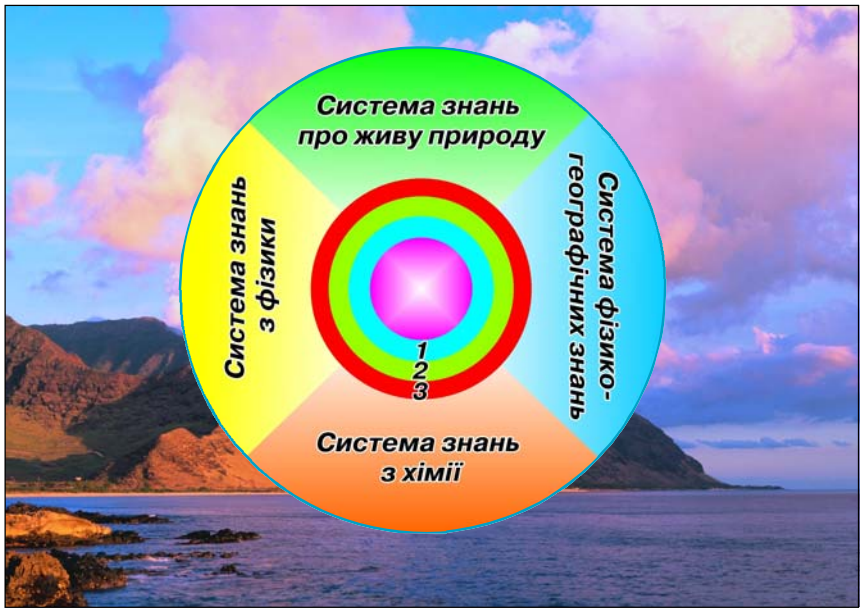
Історія природознавства свідчить, що зусилля наук про природу спрямовані на відкриття законів природи. Найбільше значення з них мають загальні закономірності природи. Вони пояснюють не тільки окремі явища природи, а й часткові закони, що стосуються окремих груп явищ, наприклад, теплових, електричних, світлових. За допомогою загальних закономірностей людство намагається створити систему наукових знань про світ — природничо-наукову картину світу.

Кожна людина прагне задовольнити свою природну потребу в пізнанні світу, створюючи його власний образ — систему знань про світ, яка є відображенням

реального світу у свідомості людини. Основою образу світу людини є її *образ природи*. Це система знань, яка формується, як і природничо-наукова картина світу, на основі загальних закономірностей природи.

Природничо-наукова картина світу спільна для всіх людей. А образ природи — індивідуальна, особистісно значима система знань. Саме образ природи значною мірою визначає поведінку кожної окремої людини.

Як ви пригадуєте з курсу природознавства, *система* — це сукупність елементів, між якими існує закономірний зв'язок. Усі елементи знань про природу, отримані під час вивчення фізики, хімії, біології, географії, ви будете пов'язувати за допомогою загальних закономірностей природи. Модель образу природи можна зобразити таким чином (*мал. 3*):



Мал. 3. Модель образу природи семикласника, в основі якого закономірності: 1 — збереження; 2 — спрямованості самочинних процесів; 3 — періодичності процесів у природі

У курсі фізики ви будете вивчати фізичні тіла, речовини, з яких складаються тіла, фізичні явища та фізичні закони і закономірності. Пояснювати фізичні явища, фізичні закони на основі загальних закономірностей природи, моделювати свій образ природи.

Уроки фізики проводяться у фізичному кабінеті, де учні мають дотримуватися правил безпечної поведінки.

1. Що ти будеш вивчати на уроках фізики? **2.** Що ти можеш додати до визначення: «Фізичне явище — це...»? **3.** Назви правила безпечної поведінки у фізичному кабінеті.

? 1. Чим відрізняється фізичне тіло і речовина?

1. Як ви плануєте моделювати свій образ природи? **2.** Що спільного між образом природи і природничо-науковою картиною світу?

РОЗДІЛ І. ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

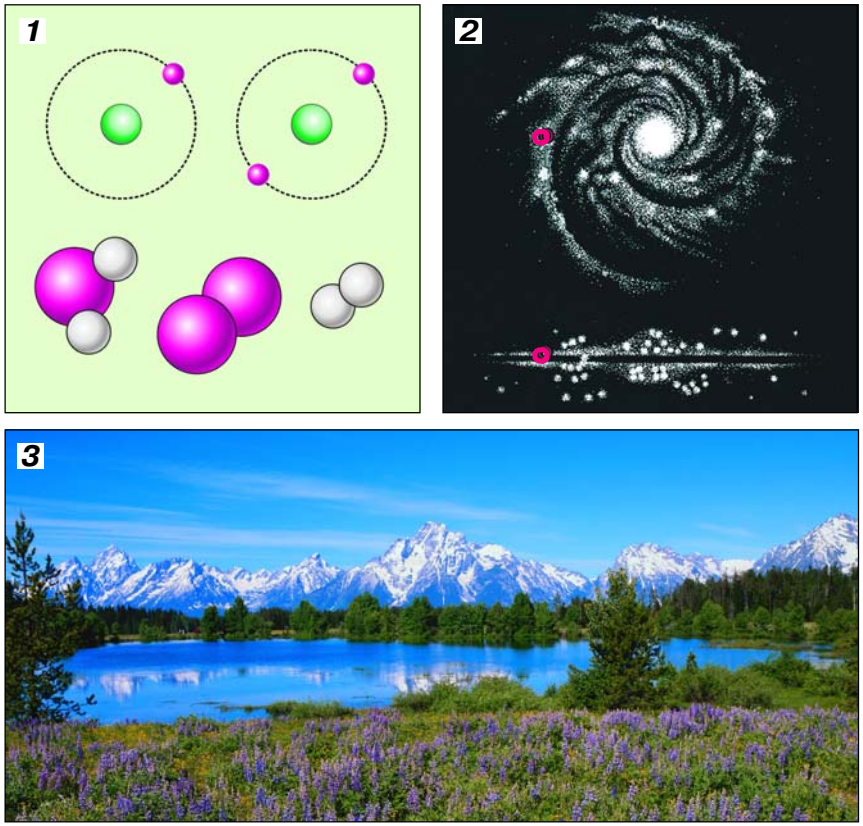
§ 2. ФІЗИКА ЯК ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАУКА ПРО ПРИРОДУ

Що вивчає фізика? Фізика займає особливе місце серед наук про природу. Саме вона вивчає світобудову, найбільш загальні закономірності, що лежать в основі існування світу. Без фізичних знань людина не може створити будівлі, машини, будь-які пристрої, одяг, взуття... Випікати хліб, освітлювати та обігрівати житло допомагає фізика. Ця наука потрібна інженерам, робітникам, лікарям...

Важливим завданням фізики є відкриття законів, які пояснюють та пов'язують між собою фізичні явища, що стосуються різних об'єктів та їх систем у навколишньому світі.

Розгляньте зображені на *мал. 4* об'єкти. Багато з них вам уже відомі з курсу природознавства. Ви бачите природні системи, які продовжите вивчати не тільки в курсі фізики, а й на уроках хімії, біології, астрономії та географії. Ці природничі науки тісно пов'язані між собою.

Під час вивчення курсу природознавства ви мали дізнатися про зміст законів збереження і перетворення



Мал. 4. 1 — атоми, молекули; 2 — вигляд нашої Галактики з різних точок космічного простору (червоним обведене місцезнаходження Сонячної системи); 3 — об'єкти макросвіту

енергії, збереження маси речовини, отримати початкове уявлення про атомно-молекулярне вчення. У сьомому класі на уроках фізики та хімії ваші знання розширяться і поглибляться.

Зв'язок фізики з іншими науками. Фізика вивчає різні об'єкти (*мал. 4*). Серед них є дуже малі, невидимі неозброєному оку людини (мікросвіт), космічні об'єкти (мегасвіт), об'єкти, серед яких живе людина (макросвіт). Зміни, пов'язані з різноманітними об'єктами, підлягають єдиним законам природи. В основі багатьох природних процесів і явищ лежать одні й ті ж закони.

У всіх природничих наук єдиний об'єкт дослідження — природа. Науками, суміжними з фізикою, є астрофізика, біофізика, фізична хімія, хімічна фізика, геофізика... Природничі науки використовують фізичні методи дослідження.

Фізика — фундаментальна наука про природу. Фізика вивчає об'єкти мікро-, макро- і мегасвіту та фізичні явища, що з ними пов'язані, загальні закономірності перебігу явищ природи, властивості об'єктів природи.

1. Назви 5—6 професій, що потребують знання фізики. **2.** Наведи приклади об'єктів, які вивчає фізика. **3.** Наведи приклади явищ, що вивчаються у фізиці. **4.** Наведи приклади об'єктів, які належать до різних структурних рівнів матеріального світу. **5.** З якими науками пов'язана фізика?

1. Назвіть загальні закономірності природи і поясніть, чому вони називаються загальними. **2.** Прокоментуйте вислів давньогрецького вченого Геракліта, наведений нижче. Чи можете вказати «причини, які правлять усім через усе»?

Багатознайство не навчає розуму. Блаженство полягає у пізнанні причин, які правлять усім через усе.

Геракліт

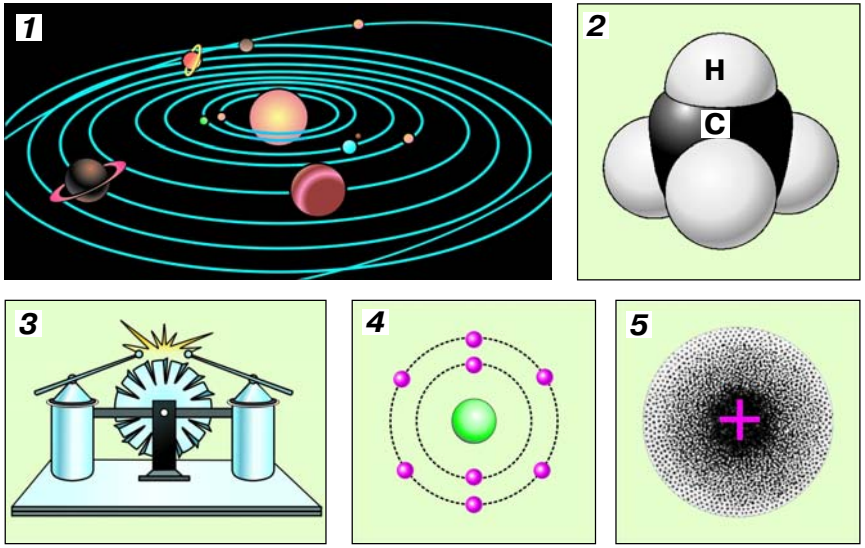
§ 3. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ. ВИМІРЮВАННЯ. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

Спостереження та експеримент. Із курсу природознавства ви вже знаєте, що існують різні методи дослідження природи: *спостереження, експеримент, моделювання, вимірювання.* Ці методи використовуються і під час дослідження фізичних об'єктів та явищ. Властивості об'єктів, фізичні явища описують і пояснюють на основі *законів* та *теорій*.

Спостереження допомагають встановити вихідні факти. Наприклад, спостерігаємо, що всі тіла падають на Землю, при нагріванні тіла розширюються, у дзеркалі можна побачити зображення об'єктів. Учені накопичують і порівнюють подібні факти, виявляють зв'язки між ними, відповідають на запитання, що виникають під час спостережень. Наприклад, чи всі тіла падають на землю з однаковою швидкістю? Чи всі тіла при нагріванні розширюються однаково? Чому зображення у плоскому дзеркалі відрізняється від зображення у сферичному дзеркалі? Щоб переконатися в об'єктивності спостереження, відповісти на запитання, учені ставлять спеціальні експерименти (досліди).

Найскладніше в науковому пізнанні — виявлення сутності спостережуваних явищ, відкриття законів, що лежать у їх основі. Цей етап потребує від дослідника широких знань, досвіду, сміливості, здатності робити припущення, висловлювати гіпотези.

Наприклад, блискавку й грім люди спостерігали з давніх-давен, боялися цього явища природи. Американський учений Б. Франклін (1706—1790) припустив, що блискавка — це електрична іскра. Її можна спостерігати, коли в темноті розчісувати чисте волосся або гладити кота. Але потрібно мати цілісне уявлення про природу, щоб між цими явищами виявити спільне.



Мал. 5. Моделі об'єктів та явищ: 1 — Сонячної системи; 2 — молекули метану; 3 — блискавки; 4 — атома Оксигену (планетарна); 5 — атома Гідрогену (хвильова)

Для перевірки своєї гіпотези Б. Франклін поставив експеримент. Він запустив повітряного змія і до кінця мотузки прив'язав залізного ключа. Під час грози вчений підніс до ключа палець і відчув удар іскри. Такі розряди він отримував під час дослідів з електричним струмом. Отже, для того щоб зробити відкриття, ученому потрібно було висунути припущення (гіпотезу) про сутність спостережуваного явища (блискавки) і поставити експеримент, який спирався на попередні спостереження за електричним струмом.

Історія знає багато прикладів сміливих гіпотез. Наприклад, тисячоліттями художники намагалися пояснити різнобарвність навколишнього світу. Чому тіла мають різні кольори? Цю загадку допомогла розгадати спостережливість великого англійського вченого Ісаака Ньютона. Він довів, що у пучку білого світла можна виявити багато різних кольорів.

Моделювання об'єктів і явищ. Під час експерименту в лабораторних умовах не завжди можна провести дослідження явища, яке спостерігається у природі. Це може бути пов'язане з тим, що досліджуються невидимі об'єкти мікросвіту (*мал. 5, 2*), величезні за земними мірками об'єкти мегасвіту або явища, які небезпечні для людини (наприклад, блискавка). Тому фізики в багатьох випадках вдаються до моделей, за допомогою яких спрощено відтворюють протікання явища, розглядають моделі об'єктів, що представляють їх у зменшеному чи збільшеному вигляді. Наприклад, можна отримати «блискавку» за допомогою електрофорної машини, розглянути моделі атомів, молекул, модель Сонячної системи тощо (*мал. 5*).

Моделі одного й того ж об'єкта можуть бути різними. Наприклад, відомі різні моделі атома *(мал. 5, 4; 5, 5*).

Фізичні величини. Вимірювання. Засоби вимірювання та похибки. Досліди або експерименти найчастіше супроводжуються вимірюваннями. Характеристики, властивості тіл чи процесів, які можуть бути виміряні, називають *фізичними величинами*. З багатьма із цих величин ви вже познайомилися, вивчаючи курс природознавства: довжина, об'єм, температура, маса, енергія тощо.

Кожна фізична величина вимірюється певною *одиницею*. Багато країн користуються Міжнародною системою одиниць (скорочено СІ — система інтернаціональна). Серед основних одиниць цієї системи такі: одиниця довжини — 1 метр (1 м); одиниця часу — 1 секунда (1 с); одиниця маси — 1 кілограм (1 кг); одиниця температури — 1 кельвін (1 К).

На практиці використовуються також кратні одиниці, які в 10, 100, 1000 і т. д. разів більші, і частинні одиниці, що в 10, 100, 1000 і т. д. разів менші від прийнятих одиниць. Для позначення цих одиниць у СІ використовуються спеціальні приставки: мега (М), кіло (к), мікро (мк), мілі (м), санти (с) та ін. (*табл. 1*).

Таблиця 1

Приставки СІ для утворення кратних і частинних одиниць

Приставка	*Множник*	*Приставка*	*Множник*
мега (М)	1 000 000 = 10^6	деци (д)	0,1
кіло (к)	1 000 = 10^3	санти (с)	0,01
гекто (г)	100 = 10^2	мілі (м)	0,001
дека (да)	10 = 10^1	мікро (мк)	0,000 001

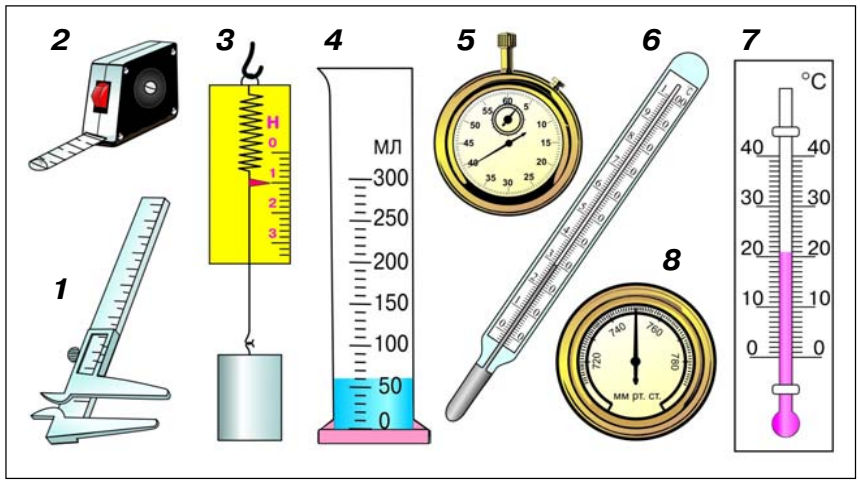
Є й інші системи одиниць, а також позасистемні одиниці. Наприклад, серед одиниць вимірювання лінійних розмірів тіла можете зустріти одиницю 1 ангстрем. 1 ангстрем = 1/10 000 000 000 м. Цією одиницею користуються для вимірювань у мікросвіті (молекул, атомів тощо).

Для вимірювання і проведення дослідів потрібні різні *вимірювальні прилади* (*мал. 6*). Більшість із них знайомі вам з початкової школи та курсу природознавства: рулетка, динамометр, мензурка, секундомір, термометр, барометр.

З *мал. 6* видно, що вимірювальні прилади мають шкалу з поділками, біля яких у багатьох з них написані числові значення величин, що їм відповідають.

Розгляньте лінійки — прилади для вимірювання довжини (*мал. 7*). Ці лінійки відрізняються тим, що відстані між штрихами, позначеними цифрами (1, 2, 3 і т. д.), розділені не на однакову кількість поділок, тому шкали лінійок мають різну ціну поділки: 0,5 см і 1 мм.

Щоб виміряти якусь фізичну величину, наприклад, об'єм рідини, потрібно поставити мету: з якою точністю ми будемо її вимірювати. Далі вибираємо необхідний вимірний прилад, визначаємо ціну поділки його шкали (*мал. 6, 4*).



Мал. 6. Вимірювальні прилади: 1 — штангенциркуль; 2 — рулетка; 3 — динамометр; 4 — мірний циліндр; 5 — секундомір; 6, 7 — термометри; 8 — барометр

Для визначення ціни поділки шкали необхідно обрати числові значення проти двох найближчих штрихів шкали. Далі потрібно відняти від більшого значення менше і отримане число розділити на число поділок між обраними штрихами. Наприклад, визначимо ціну поділки шкали мірного циліндра, зображеного на мал. 6, 4. Оберемо два штрихи, біля яких стоять цифри 100 мл і 150 мл (мілілітрів; 1 мл = 1 см^3). Інтервал шкали між цими штрихами розділений на 5 поділок.

Визначимо ціну однієї поділки шкали.

$$\textit{Ціна поділки шкали} = \frac{150\ \text{мл} - 100\ \text{мл}}{5} = 10\ \text{мл}$$

Таким чином, у мірному циліндрі 60 мл, або 60 см^3 рідини.

Інколи значення вимірюваної величини знаходиться між поділками шкали приладу. У такому разі результат необхідно округлити.

Точність вимірювання. Розглянемо процес вимірювання фізичної величини на прикладі визначення довжини тіла.

На мал. 7 показано вимірювання довжини бруска за допомогою двох лінійок: ціна поділки шкали однієї з них — 0,5 см, другої — 1 мм. Значення довжини, отримане за допомогою першої лінійки, — 5 см, другої — 5,1 см.

Отже, перший результат отриманий з точністю до 0,5 см. Точність вимірювання в другому випадку становить 1 мм. Лінійка зі шкалою, що має меншу ціну поділки, дає змогу отримати результат, більш наближений до реального.

При вимірюванні завжди припускаємося похибки вимірювання.

Чим менша ціна шкали поділки приладу, тим менша точність вимірювання, тобто тим більша точність вимірювання.

Точність вимірювань під час користування приладами, що мають шкалу з рівномірно нанесеними поділками, дорівнює половині ціни поділки.

У розглянутому вище прикладі вимірювання довжини бруска результат має вигляд:

при вимірюванні першою лінійкою (мал. 7 а)

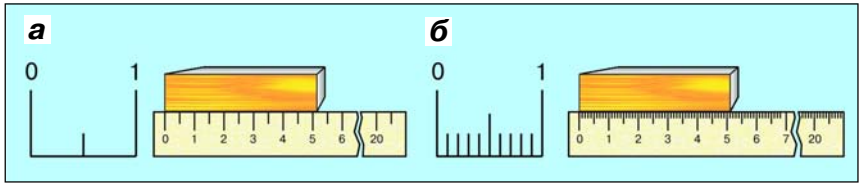
$l = 5\ \text{см} \pm 0{,}25\ \text{см}$

при вимірюванні другою лінійкою (мал. 7 б)

$l = 5{,}1\ \text{см} \pm 0{,}05\ \text{см}$

при вимірюванні об'єму рідини (мал. 6, 4)

$V = 60\ \text{мл} \pm 5\ \text{мл}$



Мал. 7. Лінійки з різною ціною поділки шкали: а — 0,5 см; б — 1 мм

Надалі ви навчитеся визначати різні види похибок та науково оформляти результати вимірювань, проводити вимірювання з використанням різноманітних приладів.

Дослідження фізичних об'єктів включає спостереження, експеримент, вимірювання, моделювання. Вимірювання фізичних величин проводиться у певних одиницях. Найчастіше ви будете використовувати одиниці СІ. Перед вимірюванням фізичних величин визначають характеристики вимірювальних приладів.

1. Назви методи фізичних досліджень. **2.** Яку температуру показують термометри, зображені на *мал. 6, 6* і *мал. 6, 7*? Визнач ціну поділки цих термометрів. **3.** Який час показує секундомір (*мал. 6, 5*)? **4.** Якими фізичними приладами ти вмієш користуватися? **5.** Назви основні одиниці СІ та відповідні їм кратні й частинні.

? 1. Чим відрізняється значення фізичної величини та одиниці її вимірювання? **2.** Як вибрати вимірювальний прилад, щоб виміряти величину з необхідною точністю? **3.** Чому у фізиці використовують кратні й частинні одиниці вимірювання? Чи пов'язано це якось із структурними рівнями навколишнього світу? **4.** Вирази у метрах відстані: 3 мм; 15 см; 30 км.

1. Чи згодні ви з таким визначенням: «Фізична величина — властивість, спільна в якісному відношенні для багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальна в кількісному відношенні для кожного з них»?

§ 4. ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ. ВИЗНАЧЕННЯ ЦІНИ ПОДІЛКИ ШКАЛИ

Лабораторна робота № 1

Мета роботи: навчитися визначати ціну поділки вимірювальних приладів та похибку вимірювань лінійки, мензурки, термометра.

Прилади і матеріали: лінійки; брусок, довжину якого слід виміряти; 2 мензурки з різною ціною поділки; склянка з водою і невелика посудина, місткість якої необхідно виміряти; 2 термометри з різною ціною поділки.

Хід роботи

1. Вивчіть шкалу лінійки, рулетки, мензурок, термометрів і заповніть таблицю 2.

Таблиця 2

Характеристики вимірювальних приладів

Назва вимірювального приладу	*Лінійки*	*Мензурки*		*Термометри*	
Одиниці вимірювання					
Межі вимірювання					
Ціна поділки					
Похибка вимірювання					

2. Виміряйте довжину бруска, місткість посудини та температуру води в ній. Заповніть таблицю 3.

Таблиця 3

Результати вимірювання

Вимірювана величина	*Покази засобу вимірювання*	*Похибка вимірювання*
Місткість (об'єм) посудини	1	
	2	
Довжина бруска	1	
	2	
Температура води	1	
	2	

3. Зробіть висновок про зроблені вимірювання.

ВИМІРЮВАННЯ РОЗМІРІВ МАЛИХ ТІЛ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

Лабораторна робота №2



Мета роботи: ознайомитися зі способами вимірювання середніх розмірів малих тіл.

Прилади і матеріали: лінійка дерев'яна, пшоно, намистинки в коробках.

Хід роботи

1. Визначити ціну поділки шкали лінійки та межі вимірювання.

2. Виміряти діаметри пшонини, намистини.

3. Користуючись способом рядів, визначити середній діаметр пшонини, намистинок. Результати вимірювань занести в таблицю.

№ досліду	*Тіло*	*Кількість частинок у ряду*	*Довжина ряду, мм*	*Розмір частинки, мм*
1	Пшоно			
2	Намистинки			
3	(інші)			

4. Користуючись лінійкою, виміряйте товщину аркуша паперу підручника фізики; діаметр тонкого дроту.

§ 5. ПОЧАТКОВІ ВІДОМОСТІ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

Речовина і поле. Ви вже знаєте, що природні тіла складаються з речовини, виготовлені людиною предмети — з речовини або матеріалів.

Знаєте також, що заряджені тіла притягуються або відштовхуються, магніт притягує виготовлені із заліза речі. Підкинутий угору м'яч падає на землю, бо Земля

притягує його. Наведені приклади фізичних явищ пояснюються тим, що в природі існують два види матерії — речовина і поле. Відштовхування наелектризованих тіл відбувається завдяки електричному полю, дія магніту — завдяки магнітному полю, притягання тіл до Землі — завдяки гравітаційному полю. Прояви поля ви будете вивчати в курсі фізики.

Становлення та основні положення атомно-молекулярного вчення про будову речовини. З чого складається речовина? Це питання здавна цікавило людей. Понад дві тисячі років тому давньогрецький мислитель Анаксагор учив: «Кістки складаються з маленьких кісточок, кров — з краплинок крові, золото — із шматочків золота». Творцями вчення про будову речовини були сучасники Анаксагора — Левкіп, Демокріт та ін. Уже давно вчені дійшли висновку, що речовина не є суцільною, вона складається з маленьких частинок, кожна з яких зберігає властивості цієї речовини. Золото подумки можна ділити доти, доки «шматочок» не стане найменшим, цукор — до найдрібнішого його «шматочка». Якщо цукор укинути у воду, він розчиниться. Розчин цукру на вигляд не відрізняється від води. Але скуштувавши його, ми скажемо, що цей розчин містить цукор.

Найменші частинки речовини — невидимі, однак вони зберігають її властивості. Для багатьох речовин такими частинками є молекули. Вам про це відомо ще з початкової школи. У 5 класі на уроках природознавства, пояснюючи будову речовини, ви опиралися на такі основні положення: *1) всі тіла складаються з молекул чи атомів; 2) частинки, з яких складаються тіла, взаємодіють між собою; 3) перебувають у безперервному хаотичному русі.* Ці положення мають назву положень атомно-молекулярного вчення.

Капнемо на скло трохи розчину цукру і трохи розчину кухонної солі. Коли розчин висохне, на склі побачимо тільки дві білуваті плями — сліди від

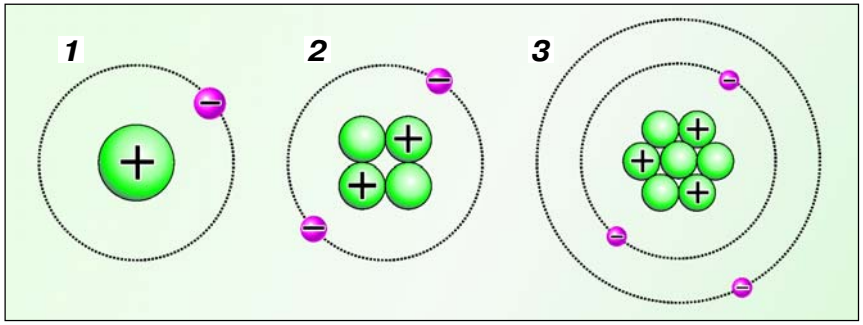
розчинів. Куди ж поділася вода? Вода випарувалася. А частинки, з яких складається кухонна сіль чи цукор, об'єдналися між собою, створивши кристали. *Кристали* — це тверді тіла, частинки яких розташовані в певному порядку. Білуваті плями на склі — то сукупності кристаликів кухонної солі і цукру.

Обвуглимо шматочок цукру на спиртівці. Залишок вкинемо у воду. Обвуглений цукор не розчиняється у воді. При горінні відбулося перетворення речовини. Молекули цукру зруйнувалися, а частинки, з яких складалися молекули, утворили інші структури.

Молекули, атоми та йони. Молекули речовини складаються з атомів. Атом означає «неподільний». Таку назву йому дали вчені стародавньої Греції. Найбільш відомий із них — Демокріт. Він учив, що у світі немає нічого, крім атомів та порожнечі, що атоми неподільні і вічні. Тому світ є вічним.

Атом має складну будову. В центрі його міститься ядро, яке складається з нейтронів і позитивно заряджених протонів, а навколо рухаються електрони (*мал. 8*).

У природі існують атоми різних видів. Вони відрізняються за складом ядра і кількістю електронів. Кожний вид атомів або елемент має свою назву. Пригадайте відомі вам з курсу природознавства елементи та їхні хімічні знаки: Гідроген H, Оксиген O, Нітроген N, Карбон C...



Мал. 8. Моделі атомів: 1 — Гідрогену; 2 — Гелію; 3 — Літію

Електрони атома рухаються навколо ядра, утворюючи електронну оболонку. Стабільність будови атома як системи обумовлена електричною взаємодією ядра і електронів. Негативний електричний заряд електронів у атомі дорівнює позитивному електричному зарядові його ядра. Атоми — нейтральні системи. Якщо в атомі (групі атомів) не вистачає електронів або є їх надлишок, то такий атом (група атомів) називається *йоном*. Він має позитивний чи негативний заряд.

Отже, *найменшими складовими частинками багатьох речовин, які зберігають їх властивості, є молекули. Молекули складаються з атомів. Атом має складну будову: він містить ядро і електрони.*

На *мал. 9* ви бачите моделі деяких молекул. Молекула води складається з двох атомів *Гідрогену* та одного атома *Оксигену*, молекула вуглекислого газу — з двох атомів *Оксигену* й одного — *Карбону*. Найменшою частинкою цих речовин, що зберігає їх властивості, є *молекула*. Є речовини, для яких такою частинкою є атом (наприклад, метали). Візьміть до уваги: при всіх перетвореннях атоми не зникають і не виникають з нічого. Яка загальна закономірність природи це забороняє?

Для допитливих
Взаємодія частинок речовини

Отже, речовина складається з атомів чи молекул, які розділені проміжками і перебувають у постійному русі. Чому ж тверді тіла не розпадаються на окремі молекули? Більше того, тверде тіло взагалі важко зруйнувати.

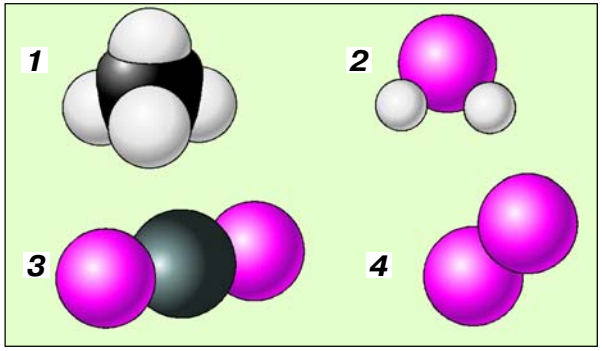
Важко розірвати дріт чи гумовий шнур або розламати камінь. Це можна пояснити тим, що між молекулами і атомами існують сили притягання. Яка їх природа? Хоча в цілому атоми і молекули, з яких

вони складаються, електрично нейтральні, між ними на малих відстанях діють значні *сили, що мають електромагнітну природу*. Відбувається взаємодія між ядрами й електронами сусідніх атомів, або між електронами та атомними ядрами сусідніх молекул. Одночасно між електронними оболонками атомів чи молекул діють сили відштовхування.

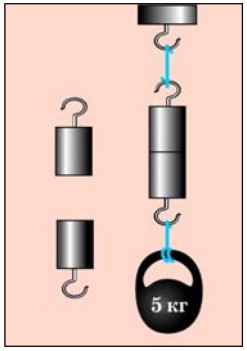
Унаслідок того, що атоми (молекули) електрично нейтральні, сили взаємодії між ними стають значними лише на малих, сумірних із розмірами цих частинок відстанях. На відстанях, що в декілька разів перевищують розміри молекул чи атомів, силою їх взаємодії можна знехтувати.

Якщо скласти уламки розбитої тарілки, щоб одержати тіло такої самої форми, нічого не вийде. Навіть якщо близько притиснути уламки один до одного, проміжки між ними будуть такі, що притягання між молекулами не виникне. Міжмолекулярна взаємодія проявляється тільки на дуже малих відстанях, що сумірні із розмірами атомів чи молекул.

Уламки можна склеїти — заповнити проміжок між ними речовиною, молекули якої будуть розташовані на такій відстані від молекул речовини уламків, що між ними виникне притягання.



Мал. 9. Моделі молекул: 1 — метану; 2 — води; 3 — вуглекислого газу; 4 — кисню



Мал. 10. Свинцеві циліндри

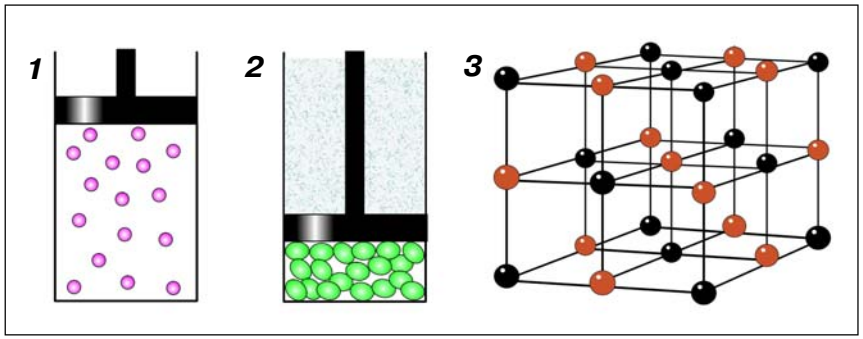
Злипаються і не розриваються навіть при значному навантаженні 2 свинцевих циліндри, дуже щільно притиснуті один до одного свіжими рівними зрізами, що гарно відполіровані (*мал. 10*). Розтягнемо пружину — вона змінить свою форму. Коли ми відпустимо пружину, вона відновить форму. Це пояснюється тим, що між молекулами, з яких складається тіло, існують сили притягання.

Тепер стиснемо пружину. Відпустивши її, побачимо, що вона також відновить свою форму. Отже, при зближенні молекул між ними виникають сили відштовхування.

Тіла, які після припинення зовнішньої дії відновлюють свою форму чи об'єм, називають пружними. Розтягнута або стиснута пружина здатна набути попередньої форми. Зігнута металева лінійка — розпрямитися. Це приклади прояву тілами пружності.

Не всі тіла мають таку властивість. Наприклад, із пластиліну можна виліпити будь-яку фігуру. Тіла, які після припинення зовнішньої дії зберігають змінену форму, називаються пластичними.

Між молекулами (атомами), з яких складаються тіла, існують сили взаємодії — притягання і відштовхування.



Мал. 11. 1 — газ; 2 — рідина; 3 — тверде тіло

Будова газоподібних, рідких і твердих тіл. У газах відстань між молекулами в середньому набагато більша від розмірів молекул. Гази легко стискаються, оскільки при цьому лише зменшується відстань між молекулами (*мал. 11, 1*). Тому гази не зберігають ні об'єму, ні форми. Молекули газів рухаються зі швидкостями сотень метрів за секунду, взаємодіючи між собою під час короткочасних зіткнень. Вони вільно рухаються у всьому наданому їм об'ємі. Численні удари молекул об стінки посудини створюють тиск газу.

У рідинах молекули розташовані щільно одна біля одної (*мал. 11, 2*). Молекули рідини затиснуті сусідніми молекулами і коливаються, зіштовхуючись із ними. Найбільш «швидкі» молекули можуть залишити своє місце і переміститися на нове. І так увесь час. Тому рідини не мають сталої форми, вони текучі, але зберігають свій об'єм. Молекули рідини перебувають одна від одної на відстанях, сумірних із розмірами молекул. А отже, рідини важко стиснути.

Частинки (атоми, молекули, йони), з яких складаються тверді тіла, на відміну від рідин, коливаються навколо певних положень рівноваги і не переміщуються в тілі. Тому тверді тіла зберігають не тільки об'єм, а і форму. На відміну від молекул рідини, рух яких подібний до невпорядкованого руху людей у натовпі, частинки багатьох твердих тіл розташовані впорядковано і утворюють кристали. На *мал. 11, 3* зображено модель кристала кухонної солі.

Тіла складаються із частинок (молекул, атомів, йонів), які взаємодіють між собою. Сили взаємодії між частинками речовини мають електромагнітну природу. Різниця у будові газоподібних, рідких, твердих тіл обумовлена характером руху та взаємодії частинок, із яких вони складаються.

1. Сформулюй основні положення атомно-молекулярного вчення. **2.** Чим молекули відрізняються від атомів? **3.** Яку будову мають атоми?

? 1. Які явища вказують на те, що між частинками, з яких складаються речовини, існують сили взаємодії? **2*.** Як в основних положення атомно-молекулярного вчення проявляються загальні закономірності природи?

1. Виліпіть із пластиліну моделі молекул кисню, вуглекислого газу, води. **2.** Курка під дощем мокне, а качка — ні. Що ви можете сказати про сили притягання між молекулами води і молекулами поверхні пір'я курки та качки? **3.** Чому на листі одних рослин утворюється роса, а листя інших мокре, краплин роси на ньому не видно? **4.** Як можна пояснити властивості твердих тіл, рідин і газів, виходячи з молекулярної будови речовини? **5.** Прочитайте думку Д. Хевеші, прокоментуйте її. Які поняття ви використаєте, щоб узагальнити знання про будову речовини і включити їх у природничо-наукову картину світу та свій образ природи?

Мислячий розум не почуває себе щасливим, поки йому не вдається пов'язати воєдино розрізнені факти, які він спостерігає.

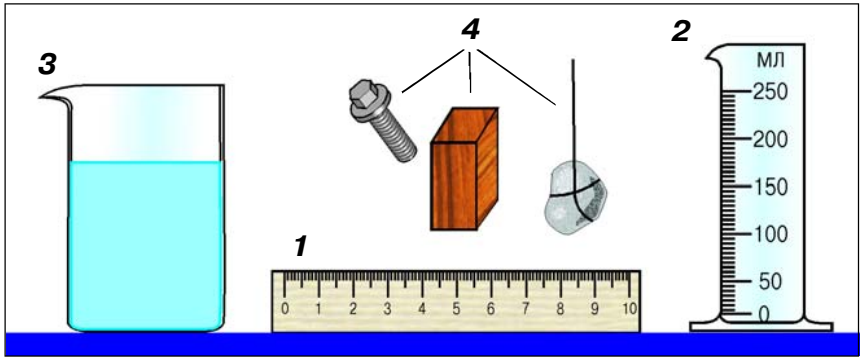
Д. Хевеші

§ 6. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ТВЕРДИХ ТІЛ, РІДИН І СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Лабораторна робота № 3

Мета: навчитися визначати об'єм тіл будь-якої форми, рідин і сипких матеріалів.

Прилади і матеріали: лінійка (1), мірний циліндр (2), склянка з водою (3), брусок і 2 тіла неправильної форми (4), які повинні вміщатися у мірний циліндр (*мал. 12*), пшоно в склянці.



Мал. 12. Прилади і матеріали для лабораторної роботи № 3

Хід роботи

1. Виміряйте лінійкою розміри бруска та визначте його об'єм за формулою:

$V = h$ (висота) x L_1 (ширина) х L_2 (довжина).

2. Визначте ціну поділки шкали мірного циліндра. Налийте в нього води. Виміряйте об'єм води, запишіть його значення V_1. Занурте брусок у воду. Визначте його об'єм за допомогою мірного циліндра. Порівняйте з об'ємом бруска, визначеним за допомогою вимірювання його розмірів лінійкою. Зробіть висновок.

3. Визначте об'єм тіл неправильної форми, занурюючи їх у воду, налиту у мірний циліндр. Об'єм тіла розраховуйте за формулою: $V = V_2 - V_1$, де V — об'єм тіла, V_1 — об'єм рідини в мірному циліндрі до занурення тіла, V_2 — об'єм тіла та рідини. Вимірювання повторіть кілька разів. Результати вимірювань занесіть у таблицю.

4. Насипте у мірний циліндр пшоно, визначте його об'єм.

V_1, см^3	V_2, см^3	V, см^3

Зробіть висновок. Наведіть приклади інших способів визначення об'єму пшона.

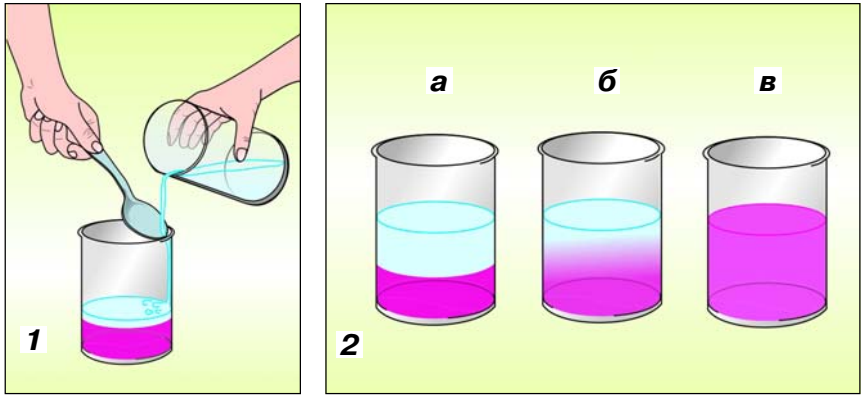
§ 7. ЯВИЩА, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЧЕННЯ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

Для допитливих

Дифузія. Чи доводилось вам бути в сосновому лісі літнього дня? А в липовому гаю, коли цвіте липа? Кожній рослині властивий свій неповторний запах. У який спосіб поширюються пахощі, приємні чи неприємні? Відповісти на це можна так: молекули газів, із яких складається повітря, і пахучих речовин безперервно рухаються. Цей рух невпорядкований, тобто не має певного переважного напрямку. Його ще називають хаотичним. Тому пахощі поширюються в усіх напрямках.

Виконаємо такий дослід. У склянку з розчином забарвленої речовини, наприклад, калій перманганату («марганцівки»), обережно доллємо води (*мал. 13*).

Упродовж деякого часу існуватиме межа між водою і розчином, а потім вона почне зникати. Частинки розчиненої речовини будуть рухатися, проникаючи у проміжки між молекулами води, а молекули води також переміщатимуться, проникаючи у проміжки між



Мал. 13. Дифузія в рідинах

частинками, з яких складається розчин. Поступово забарвлення рідини у посудині стане рівномірним (*мал. 13, 2 а, б, в*).

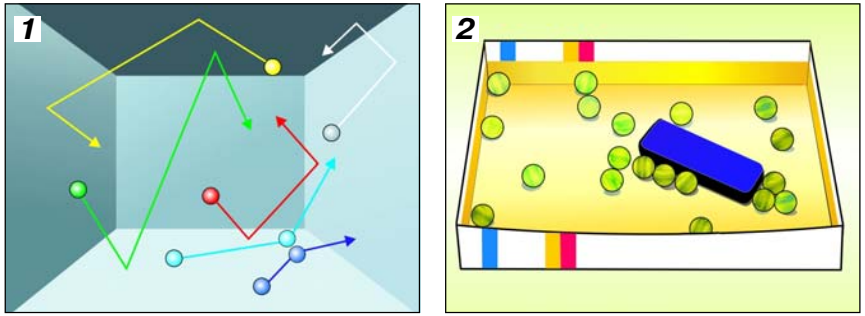
Спочатку у посудині був «порядок» — зверху містилася незабарвлена вода, внизу — забарвлений розчин. Унаслідок хаотичного руху молекул води і частинок розчиненої речовини сталося самочинне перемішування рідин, що привело до поширення барвника по всьому об'єму рідини. Тепер годі дочекатися, щоб молекули води і частинки барвника розділилися і зверху була чиста вода, а внизу — забарвлений розчин. Невпорядкованість сама по собі ніколи не перетвориться на порядок. Тобто процес, який ми спостерігаємо, самочинно може відбуватися тільки в одному напрямку, він необоротний.

Явище взаємного проникнення частинок однієї речовини у проміжки між частинками іншої внаслідок хаотичного безперервного руху частинок речовин називається дифузією. Завдяки дифузії невпорядкованість у розташуванні частинок збільшується.

Руху молекул чи атомів, із яких складається речовина, ми не бачимо. А явище дифузії можна спостерігати. Воно є одним із основних доказів безперервного хаотичного руху частинок речовини.

Броунівський рух. Не тільки дифузія є доказом руху молекул чи атомів. Невпорядкованість та неперервність руху частинок речовини доводить *броунівський рух*. У 1827 р. англійський ботанік Р. Броун (1773—1858), розглядаючи під мікроскопом завислі у воді спори плавуна, помітив невпорядкований рух спорів. Швидкість руху спорів збільшувалася з підвищенням температури. Р. Броун навіть подумав, що ці частинки живі і тому рухаються. Пізніше було доведено, що цей рух є наслідком хаотичного руху молекул води.

Виявилося, що аналогічно рухаються частинки диму у повітрі (*мал. 14, 1*); частинки туші у воді, якщо



Мал. 14. Моделі броунівського руху частинок

їх розглядати за допомогою мікроскопа. З мал. *14, 2* можна зрозуміти, чому частинки рухаються під дією ударів молекул. Молекули, рухаючись хаотично, ударяють частинку з різних сторін. Кількість молекул, що вдаряють броунівську частинку одночасно з кожного боку, різна. У якийсь момент частинка рухається в той бік, із якого на неї діє найменше частинок. У наступний момент ситуація міняється, і частинка рухається в іншому напрямку. Ви можете зробити діючу модель такого руху, привівши в рух кульки (*мал. 14, 2*).

На честь Р. Броуна безладний рух завислих у рідині чи газі частинок під впливом ударів молекул цих рідини або газу називається броунівським рухом. Як і явище дифузії, броунівський рух слугує доказом того, що молекули рідини або газу рухаються хаотично.

Рух частинок речовини існує безперервно. Його інтенсивність зростає із підвищенням температури тіла. Причиною цього є те, що із збільшенням температури швидкість руху частинок речовини зростає. Частинки, з яких складається речовина, рухаються завжди, незалежно від того, у якому стані перебуває речовина: газоподібному, рідкому чи твердому. Тому дифузія відбувається в газах, рідинах, твердих тілах.

Найшвидше дифузія відбувається в газах, більш повільно — у рідинах, найповільніше — у твердих тілах. Швидкість протікання дифузії збільшується зі зростанням температури.

Явища дифузії, броунівського руху доводять, що речовина складається з окремих частинок, які перебувають у безперервному хаотичному русі. З підвищенням температури швидкість руху частинок збільшується. Проникнення частинок однієї речовини у проміжки між частинками іншої внаслідок їх хаотичного руху називається дифузією.

1. Що таке дифузія? **2.** Наведи приклади дифузії в газах, рідинах. **3.** Що таке броунівський рух? **4.** Як дифузія і броунівський рух підтверджують хаотичний рух молекул речовини?

? 1. Як швидкість дифузії залежить від температури? **2.** Яку роль відіграє дифузія в живій природі (пригадай із курсу природознавства процеси дихання, живлення організмів)?

1. Доведіть, що дифузія — самочинне проникнення частинок однієї речовини у проміжки між частинками іншої. Якому загальному законові підлягає дифузія? **2.** Налийте в склянку холодної води й опустіть у неї (через трубочку) кристалики калій перманганату. Не перемішуючи води, визначте, через який час барвник потрапить у верхній шар води. У другу склянку налийте гарячої води і так само опустіть кристалики барвника. У якій воді забарвлення поширюється швидше? Як ви думаєте, чому?

Учителями у вас повинні бути лише закони природи. Вони незаперечні й незмінні, хто їх не знає, той помиляється.

В.І. Вернадський

§ 8. ІСТОРИЧНИЙ ХАРАКТЕР ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ. ВИДАТНІ ВЧЕНІ-ФІЗИКИ. ВНЕСОК УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ У РОЗВИТОК І СТАНОВЛЕННЯ ФІЗИКИ

Термін «фізика» введений давньогрецьким ученим Аристотелем (384 — 322 рр. до н.е.). Твори Аристотеля можна назвати великою енциклопедією стародавньої науки. Перелік його праць зайняв би багато місця. У колі наукових інтересів ученого були фізика, метеорологія, зоологія, психологія...

Аристотель (*мал. 15*) намагався створити закінчену наукову картину світу, у центрі якої поставив Землю. У наш час може здатися дивним, що вчення Аристотеля панувало в науці майже 2 000 років.

Майбутній учений народився у Північній Греції, у родині лікаря. Хлопець виявляв мало інтересу до медицини, неуважно вислуховував таємниці професії, хоча радісно супроводжував батька у походах за травами для виготовлення ліків. На батька градом сипалися запитання: як птах літає і скільки на світі звірів? Чому випущений з руки камінь падає? Як рухається Місяць?

У всьому, що спостерігав, хлопець намагався знайти порядок, закон. І він здійснив головну справу свого життя — довів, що у світі панує порядок, а в існуванні Всесвіту — закон.

З деякими ученими, які відкрили закони фізики, ви вже знайомі. Це англійський учений Ісаак Ньютон (1643—1727), французький учений Блез Паскаль (1623—1662) (*мал. 15*), англійський учений Джеймс Джоуль. На честь цих учених названі одиниці фізичних величин: сили (ньютон), тиску (паскаль), енергії (джоуль).

Кожен учений заслуговує на те, щоб молодь зацікавилася його життям. Життя вченого сповнене величезної праці на благо людей та на користь природі.

Коперник, Галілей, Кеплер створювали геліоцентричну картину світу, згідно з якою Земля разом з іншими планетами обертається навколо Сонця. У картині світу, створеній Ньютоном, Всесвіт складається з рухомих тіл і порожнечі. Тіла взаємодіють між собою завдяки всесвітньому тяжінню й рухаються згідно із законами природи. Всесвіт Ньютона безмежний у просторі й часі та незмінний від дня виникнення.

Картина світу, створена Ньютоном, не залишилася вічною. Учені довели існування електромагнітного поля, з картини світу зникла порожнеча. Серед перших дослідників електромагнітного поля — англійський фізик Майкл Фарадей (1791—1867). Учений працював протягом 10 років, виконуючи щодня десятки дослідів і прагнучи «перетворити магнетизм на електрику». Нарешті в 1831 році Фарадею вдалося отримати електричний струм завдяки зміні магнітного поля навколо провідника (явище електромагнітної індукції). Це був початок ери електрифікації.

У підручнику неможливо згадати всіх, кому ми зобов'язані своїм сучасним життям. Зверніться до літератури. Зокрема у біографічному довіднику Ю.О. Храмова «Фізики» знайдете короткі відомості про М. Фарадея і ще про 1000 творців фізичної науки!



Мал. 15. Зверху вниз: Аристотель; І. Ньютон; Б. Паскаль; М. Фарадей



Мал. 16. Зверху вниз: К. Ціолковський; Ю. Кондратюк; С. Корольов; Д. Іваненко

Внесок українських учених у розвиток науки. Українська земля багата на талановитих учених (*мал. 16*). К.Е. Ціолковського справедливо називають батьком космічної техніки. Ще у 1903 році він докладно розробив теорію ракети як єдиного двигуна, здатного перемістити людину до інших планет Сонячної системи. К.Е. Ціолковський запропонував ідею складної ракети — прототип сучасних багатоступінчастих ракет. Коріння К.Е. Ціолковського на українській землі. Його рід походить від Северина Наливайка з Волині. Батько К.Е. Ціолковського народився на Рівненщині.

Не можна не згадати Ю.В. Кондратюка (1897—1941) — геніального конструктора, ученого-теоретика, відомого винахідника в галузі космонавтики.

Серед відомих у всьому світі фізиків уродженець Полтавщини Д.Д. Іваненко (1904 — 1994), який розробляв будову атомного ядра.

Україна гордиться Є.О. Патоном (1870 — 1953) та Б.Є. Патоном — видатними українськими вченими в галузі електрозварювання. Б.Є. Патон народився 1918 р. у м. Києві, він президент Національної Академії наук України, заснована ним наукова школа в галузі електрозварювання славиться у всьому науковому світі.

На Київщині народився А.П. Александров (1903 — 1994) — провідний спеціаліст у галузі атомної науки і

техніки. Учений зробив також важливий внесок у розв'язання проблеми отримання синтетичних каучуків і пластмас.

Житомир пишається С.П. Корольовим (1907 — 1966) — творцем практичної космонавтики, керівником багатьох програм польоту людини в космос.

До розвитку фізики як науки доклали зусиль учені багатьох країн. Значний внесок у розвиток фізики належить українським ученим. Картина світу з часом змінюється, науковці додають до неї нові відомості, які уточнюють попередні.

1. Назви відомих тобі учених та охарактеризуй їхній внесок у розвиток природничо-наукової картини світу, технічного прогресу. **2.** Назви відомих українських учених. 3. Укажи одиниці вимірювання фізичних величин, названих на честь учених. Які фізичні величини вимірюються цими одиницями?

? 1. Згідно з уявленням Аристотеля Земля вважалася розміщеною в центрі світу. Така система світу називалася геоцентричною. Чи можеш навести докази, що суперечать ідеї Аристотеля? **2.** Чому природничо-наукова картина світу змінюється? **3.** Чи змінилися твої уявлення про природничо-наукову картину світу порівняно з шостим класом? Які нові поняття в ній з'явилися?

1. М. Коперник, а за ним інші вчені, серед яких І. Ньютон, створили геліоцентричну картину світу, згідно з якою в центрі світу знаходиться Сонце, а навколо нього рухається Земля та інші планети. Один учений про Ньютона сказав: «Він — найщасливіша людина у світі, бо систему світу можна створити один раз». Чи погоджуєтеся ви з тим, що природничо-наукова картина світу з часів Ньютона лишилася незмінною? **2.** Чому вчені приділяють велику увагу дослідженню космосу?

Для допитливих

Оберіть проект: «Космонавтика і наука».

§ 9. ФІЗИКА В ПОБУТІ, ТЕХНІЦІ, ВИРОБНИЦТВІ

Фізика у побуті. Вивчаючи цей розділ, ви ознайомилися з фізичними величинами, ідеями, з творцями фізичної науки, які відкривали закони природи, на їх основі створювали пристрої, машини, що полегшують життя людини, роблять її побут комфортним. Ми не можемо уявити свого життя без електроприладів, телефону, телевізора, комп'ютера, автомобіля (*мал. 17*).

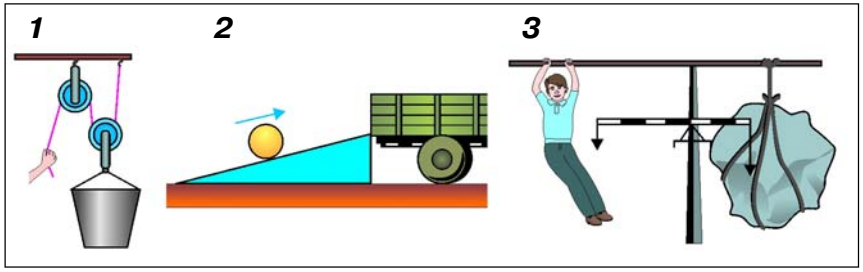
Перелік необхідних нам предметів сучасної техніки, створених на основі знань про фізичні явища й закони, може бути дуже довгим. Досить згадати Інтернет, радар, космічні апарати, літаки, швидкісні поїзди тощо.

Фізика і техніка. Виробничі технології. У підручниках фізики, за якими навчалися ваші батьки, серед предметів повсякденного побуту ще не згадувалися мобільні телефони, комп'ютери, сучасні електропристрої для приготування їжі. Але фізика й тоді, як і завжди, була однією з найцікавіших, найважливіших наук.

Грамотність людини починається з вивчення азбуки, а технічна грамотність неможлива без вивчення простих механізмів. Без знань про їх принципи роботи



Мал. 17. Сучасна техніка: 1 — телевізор; 2 — комп'ютер; 3 — комбайн; 4 — автомобіль на сонячних батареях; 5 — літаки; 6 — катер



Мал. 18. Прості механізми: 1 — рухомий та нерухомий блоки; 2 — похила площина; 3 — важіль

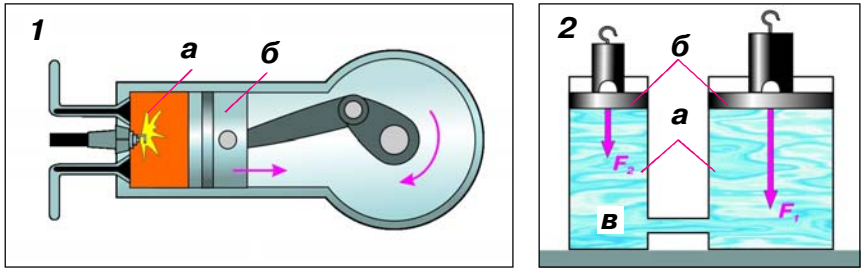
неможливо зрозуміти дію більш складних сучасних машин. Розгляньте деякі прості механізми (мал. 18) та пригадайте, де їх можна зустріти.

Більшість автомобілів не обходиться без двигуна внутрішнього згоряння (*мал. 19, 1*). Його дія заснована на використанні внутрішньої енергії палива. Воно згоряє в камері згоряння. Утворені при цьому гази розширюються й штовхають поршень. Механічна енергія від поршня передається до коліс автомобіля. У двигуні внутрішнього згоряння відбувається перетворення внутрішньої енергії палива на механічну.

Гідравлічний прес часто застосовується в сучасній техніці (*мал. 19, 2*). Він дає виграш у силі завдяки передачі тиску рідиною від поршня меншого діаметра до поршня більшого діаметра. Детальніше з принципом дії гідравлічного преса ви познайомитеся пізніше.

Відкриття у фізиці викликали науково-технічну революцію, яка почалася в минулому столітті. Значний поштовх у розвитку однієї з найдавніших наук — астрономії — пов'язаний з розвитком космонавтики. Із попереднього параграфа ви дізналися про багатьох учених, винахідників, які присвятили розвитку космонавтики своє життя.

Космос притягує дослідників не лише тому, що людина прагне пізнати світ. У космосі — невичерпні



Мал. 19. 1 — модель двигуна: а — камера згоряння, б — поршень; 2 — модель гідравлічного преса: а — циліндри, б — поршні, в — рідина

запаси енергії, потреба у якій увесь час зростає. Енергія, яку отримує Земля від Сонця, перевищує потреби людства майже в 30 000 разів. Але ми поки що навчилися будувати геліоелектростанції з малою потужністю.

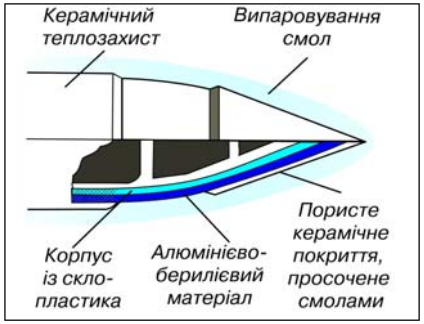
Основний вид енергії сучасності — електрична енергія, джерелом її є переважно гідро-, теплові та атомні електростанції. Проектувати, будувати й експлуатувати складне обладнання електростанцій повинні спеціалісти з глибокими знаннями фізики.

Інформатизація, автоматизація виробничих процесів — один із важливих напрямів технічного прогресу. Складність сучасного промислового виробництва, зростання взаємозв'язків між окремими виробничими процесами потребують використання електронних автоматизованих систем управління (*мал. 20*), в основі яких — дія комп'ютерних систем. Вони можуть керувати електропотягами, кораблями, контролювати рух літаків на аеродромах і в повітрі, діагностувати стан здоров'я людини, точність виготовлення деталей машин і виконувати багато інших робіт. Майже в усіх галузях машинобудування спостерігається перехід на автоматизовані технологічні процеси.

Значну роль у науково-технічному прогресі відіграє використання нових високотехнологічних матеріалів. Без них неможливий розвиток авіакосмічної техніки,



Мал. 20. Пульт автоматичної системи управління



Мал. 21. Схема будови стінки головного блоку космічного корабля

енергетики тощо. Наприклад, для надзвукових літаків, ракет необхідні матеріали, що зберігають міцність при температурі, вищій від 1300 °С.

Алюміній, що використовується в авіації, плавиться при температурі 660 °С. Деякі деталі ракет повинні працювати при температурі понад 3 400 °С. Вченим доводиться створювати сплави, комбіновані матеріали, які б витримували такі високі температури.

Під час польоту в атмосфері обшивка космічного корабля розігрівається до дуже високої температури. Захист космічних апаратів потребує особливих матеріалів і конструкторських рішень. На *мал. 21* подана схема будови стінки головного блоку космічного корабля.

Стінка складається з декількох шарів. Зовнішній шар зроблений з матеріалів, які при нагріванні випаровуються, на що витрачається велика кількість теплоти. Поглинута теплота відводиться в навколишній простір. За ним іде шар алюмінієво-берилієвого матеріалу. Корпус головного блоку корабля зроблений із легкого і міцного склопластику.

Яку б галузь техніки ви не розглянули, переконаєтеся у важливості знань про будову і властивості речовини. Так, атомна енергетика була б неможливою

без радіоактивних речовин, а сучасні телевізори, комп'ютери — без напівпровідників.

Що зробило такими важливими ці речовини? Наполеглива праця дослідників. Солі урану та напівпровідники були відомі давно. Потрібно було вивчити їхні властивості, щоб знайти застосування цим речовинам. Але непізнаного, невідкритого ще багато.

Фізика — це техніка майбутнього, наука, що визначає лідерство країни на політичній арені. Відкриття роблять сміливі, наполегливі.

Завдяки використанню наукових знань, значною мірою фізичних, людина створила безліч механізмів і машин, які використовує для своїх потреб у побуті, на виробництві, у наукових розробках. Фізика — основа науково-технічного прогресу.

1. Які ти знаєш прості механізми? **2.** У чому дають виграш прості механізми? Наведи приклади. **3.** Наведи приклади побутових пристроїв, для створення яких необхідні знання з фізики. Чи потрібні знання з фізики при використанні цих пристроїв? **4.** Наведи приклади промислового обладнання, для створення якого необхідні знання з фізики.

? **1.** Чи могла б розвиватися техніка без фізики? **2.** Чи могла б розвиватися фізика без техніки? Відповідь обґрунтуй прикладами. **3.** Наведи приклади застосування простих механізмів у автомобілі, швейній машині, велосипеді. **4.** Яким термометром можна виміряти температуру 1 300 °С або 3 400 °С?

1. Які найновіші досягнення техніки вас цікавлять? З якими знаннями з фізики ви пов'язуєте ці досягнення? **2.** Чи могла б фізика стати лідером технічного прогресу без зв'язку з іншими науками? **3.** Як ви думаєте, чи допомагає у відкриттях їх авторам система знань про природу (образ природи, природничонаукова картина світу)? Поясніть свою думку.

§ 10. ЗАСТОСУВАННЯ ЗНАНЬ ПРО МЕТОДИ НАУКОВО ПІЗНАННЯ

Урок серед природи

Мета уроку: пізнання природних та створених людиною об'єктів середовища життя та їх зв'язку із явищами природи й станом довкілля.

Прилади і матеріали: термометр, барометр, лінійка, рулетка, дозиметр (якщо є можливість), секундомір, годинник, фотоапарат (по можливості).

Хід уроку

1. Оберіть природні та штучні системи в довкіллі, з якими ви пов'язуєте фізичні явища. За вказівкою учителя виміряйте лінійні розміри, визначте площу, об'єм об'єктів. Чи є в довкіллі простір, не зайнятий жодним тілом?

2. Перевірте своє вміння вимірювати проміжки часу (наприклад, час руху автомобіля на певному відрізку шляху). Дослідіть, чи з однаковою точністю вимірюються проміжки часу за допомогою годинника й секундоміра.

3. Назвіть джерела енергії у вашому довкіллі. Спробуйте виявити марні витрати енергії (відкриті труби теплотраси, двигун нерухомого автомобіля довго працює тощо).





Мал. 22. Дозиметри

4. Охарактеризуйте фізичні явища, які спостерігаєте в довкіллі.

5. Зверніться до народних прикмет та зробіть прогноз стану довкілля на найближчий час.

ЗАДАЧІ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Випишіть окремо назви фізичних тіл і речовин: олівець, перо, книжка, велосипед, мотоцикл, трактор, літак, ракета, дерево, сталь, папір, гума, залізо, скло, вода, пара.

2. Чи є однакові тіла (мають однакові призначення та назву), виготовлені з різних речовин? Назвіть такі тіла і речовини, з яких вони виготовлені.

3. Фізичними тілами один учень назвав скло, дерево, воду, а другий учень це ж саме назвав речовинами. Чи не зробив хто-небудь з них помилки? Як повинен пояснити свої приклади кожен з учнів?

4. Назвіть фізичні тіла, які мають таку саму назву, як і речовини, з яких вони виготовлені.

5. Які зміни, що відбуваються з водою, можна назвати фізичними явищами?

6. Без спеціальних засобів (костюми, маски) людина не може тривалий час перебувати у воді. Але ви, мабуть, не підозрюєте, що все своє життя оточені водою і не тонете. Чому? Про що тут іде мова? Якщо важко відповісти відразу, то пригадайте, в яких станах може бути вода.

7. Наведіть приклади фізичних явищ, які спостерігаєте в шкільній майстерні.

8. Ввійшовши увечері в затемнену кімнату, ввімкніть електролампочку. Які фізичні явища при цьому відбуваються?

9. Які фізичні явища відбуваються під час спалювання дров у грубці?

10. За допомогою лінійки проведіть на аркуші паперу три-чотири відрізки однакової довжини. Виміряйте їх довжини масштабною лінійкою з точністю до 0,1 см і запишіть результати.

11. Виміряйте довжину 5—6 однакових гвіздків і обчисліть середню довжину гвіздка.

12. Користуючись масштабною лінійкою, виміряйте діаметр 5-копійкової монети в 4—5 напрямах з точністю до 0,1 мм. Запишіть одержані результати. Визначте середнє значення діаметра та похибки окремих вимірювань. Виміряйте середню товщину 5-копійкової монети, користуючись штангенциркулем. Як можна точніше виміряти цю товщину за допомогою масштабної лінійки?

13. Зробіть мітку на поверхні землі і відійдіть від неї на 50—60 кроків. Зробіть і тут мітку. Виміряйте рулеткою віддаль між мітками і обчисліть середню довжину вашого кроку. Чи однакова довжина кроку в різних учнів і чи може вона бути одиницею довжини?

14. Знаючи середню довжину кроку, виміряйте віддаль вашої квартири до школи.

15. Накресліть у зошиті відрізок прямої лінії. Виміряйте його довжину масштабною лінійкою або саморобною мірною стрічкою, що має сантиметрові поділки, з точністю до 0,1 см, а потім лінійкою, що має міліметрові поділки, з точністю до 0,1 мм.

Порівняйте одержані результати. В якому випадку точніше визначена довжина відрізка і чому?

16. Для виготовлення котушки до детекторного приймача учень має дріт. Як він зможе виміряти його діаметр, якщо в нього є лише масштабна лінійка з міліметровими поділками? Виміряйте і ви діаметр тонкої дротини за допомогою масштабної лінійки.

17. Вимірюючи діаметр тонкої дротини, учень намотав на олівець щільно 49, 79, 108 витків її. Довжина обмотаної частини олівця була відповідно 5, 8 і 11 мм. Який середній діаметр дротини?

18. Як за допомогою мензурки визначити місткість чайної ложечки, середній об'єм краплини води або яких-небудь дрібних предметів (дріб, кульки від малих шарикопідшипників тощо)?

ДОМАШНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Визначте й запишіть межі вимірювання та ціну поділки шкали мірних склянок, медичного шприца. Визначте об'єм посуду, яким ви користуєтеся (чашки, тарілки, ложки).

2. Визначте площу своєї долоні, використавши аркуш паперу в клітинку. При підрахунку кількості клітинок на контурі долоні неповні клітинки рахуйте за половину.

3. За допомогою сантиметрової стрічки виміряйте довжину свого кроку. На обраному відрізку шляху підрахуйте кількість кроків і визначте величину шляху (у см, м, км).

УЗАГАЛЬНІТЬ ВИВЧЕНЕ

1. Як можна довести, що фізика — фундаментальна наука про природу?

2. Сформулюйте основні положення атомно-молекулярного вчення; дайте його дослідне обґрунтування та на основі загальних закономірностей природи.

3. Назвіть відомі вам фізичні явища та фізичні тіла, які вивчалися в цьому розділі. Чи можете довести, що пояснення фізичних явищ ґрунтується на загальних закономірностях природи?

4. Яке значення має фізика в житті людини?

5. Визначте ціну поділки шкали та межі вимірювання запропонованих учителем вимірювальних приладів. Виміряйте розміри, площу, об'єм запропонованих учителем об'єктів.

6. Яких правил поведінки слід дотримуватися у фізичному кабінеті?

7. Яких вітчизняних та зарубіжних учених-фізиків ти знаєш? Над якими фізичними проблемами ти б хотів працювати (яку тему проекту ти обрав чи хочеш запропонувати для обговорення)?

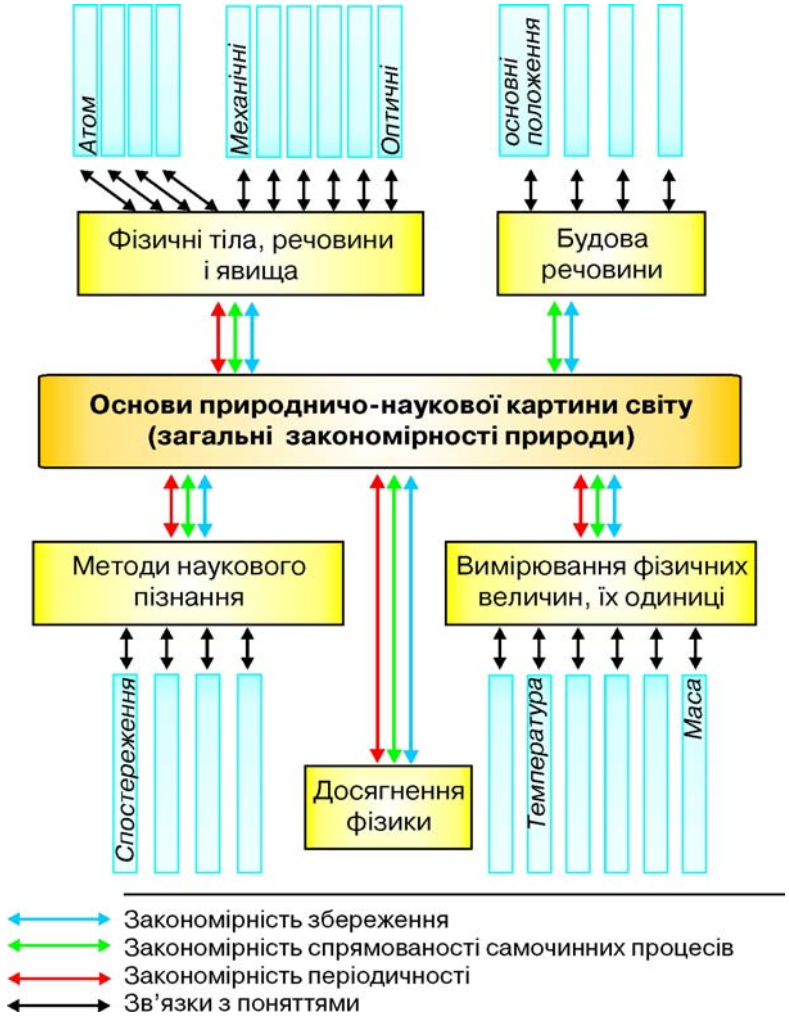
8. Чи зацікавили тебе історичні факти з розвитку фізики? Історію яких відкриттів ти б хотів досліджувати?

9. За якими формулами розраховуються відомі тобі фізичні величини? У яких одиницях ці величини вимірюються?

10. Наведи приклади технічних пристроїв, що використовуються в наукових дослідженнях. Які фізичні явища лежать в основі їх роботи?

Для допитливих

1. Структуруйте отримані під час вивчення розділу знання за допомогою структурно-логічної схеми за зразком, поданим на *мал. 23*. Якщо можливо, додайте до схеми малюнки.

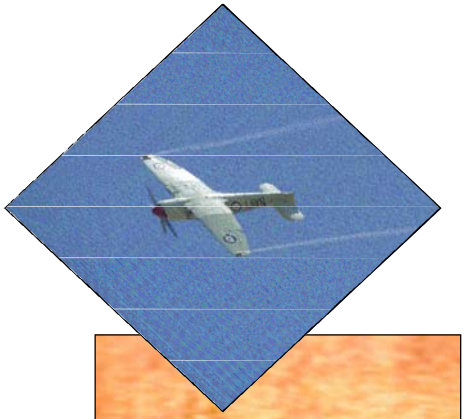


Мал. 23. Варіант структурно-логічної схеми узагальнення знань до розділу 1

2. Прочитайте наведений нижче вислів Дж. Бруно. Як його можна використати для обґрунтування зв'язків у структурно-логічній схемі?

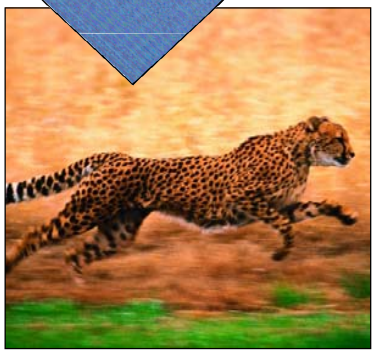
Усі речі знаходяться у Всесвіті, і Всесвіт — у всіх речах: ми — у ньому, він — у нас. Так усе сходиться в довершеній єдності.

Дж. Бруно



Розділ II

МЕХАНІЧНИЙ РУХ









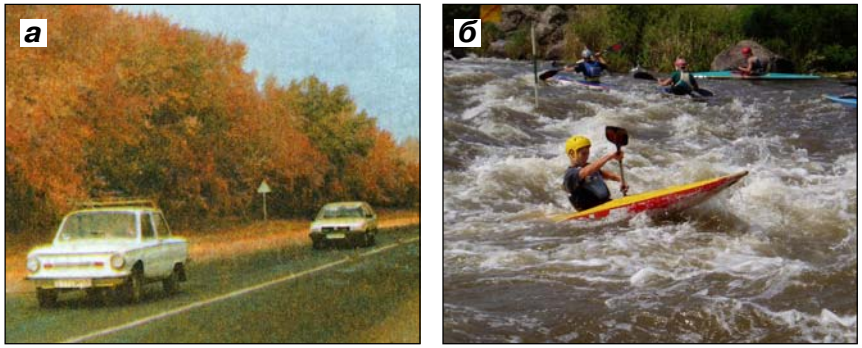
Вивчивши розділ, ви будете знати загальні відомості про рух; характеристики прямолінійного та криволінійного руху; який закон описує рух того чи іншого тіла; як визначити положення тіла у будь-який момент часу; ці знання дозволять досліджувати механічні явища, розв'язувати задачі, пов'язані з ними.

§11. МЕХАНІЧНИЙ РУХ. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ

Подивимося у вікно. Що приверне нашу увагу — дерево напроти, пішохід, голуб і кіт, який підкрадається до нього, чи машина? Побачити можна багато: навколишній світ такий різноманітний. Але якщо запитати, які зміни ви помічаєте найчастіше, то відповідь буде, напевне, єдиною. Змінюється положення предметів(або тіл, як кажуть фізики) відносно Землі і одних тіл відносно інших. Біжить собака чи мчить автомобіль, летить птах чи тече струмок, рухається спортсмен — незважаючи на те, що ці тіла є такими різними, з ними відбувається один і той же процес: їх положення відносно Землі чи інших тіл змінюється з перебігом часу (*мал. 24*).

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

Отже, будь-який механічний рух завжди є відносним рухом, переміщенням одного тіла відносно якогось іншого тіла. Космонавт, який сидить у кріслі на космічній станції, мчить разом зі станцією з величезною швидкістю відносно поверхні Землі, але перебуває в спокої відносно станції. Тому говорити про механічний рух, не вказуючи, відносно яких тіл спостерігається цей рух, не коректно.



Мал. 24. Механічний рух



Мал. 25. Рух літака



Мал. 26. Рух автомобіля

Рух відносно поверхні Землі людини, автомобіля, літака, ракети, човна, політ птаха, падіння сніжинок чи листя, течія води, рух повітря (вітер) — все це приклади механічних рухів. Рух окремої молекули є також механічним рухом, як і рух штучного супутника та Місяця навколо Землі чи обертання Землі навколо своєї осі і навколо Сонця.

Переміщуючись з однієї точки в іншу, тіло рухається по деякій лінії. Цю лінію називають *траєкторією руху* тіла. Якщо олівцем накреслити на листку паперу лінію, то побачимо траєкторію руху кінчика олівця. Так само видиму траєкторію — лижню — залишає на снігу лижник або літак у польоті (*мал. 25*).Часто говорять, що траєкторія — це лінія, яку тіло описує під час механічного руху.

За формою траєкторії механічні рухи поділяються на *прямолінійні* і *криволінійні* (*мал. 25; 26*). Серед останніх виділяють обертальні та коливні рухи.

З попередніх класів вам знайомі обертальні рухи планет, зі спостережень — коливання гілок дерев, маятника годинника (продовжте самостійно).

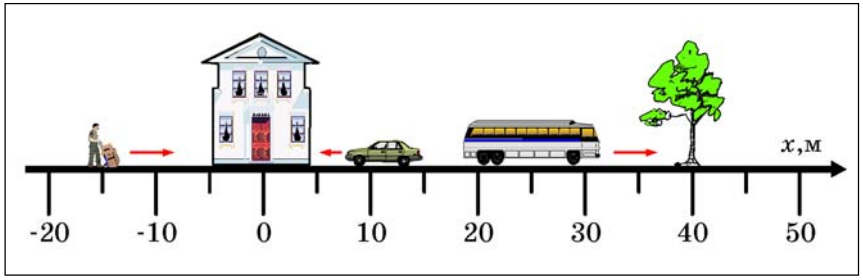
Серед різноманітних механічних рухів зустрічаються такі, під час яких тіло проходить однакові відрізки шляху за будь-які однакові проміжки часу. Такі рухи

називають *рівномірними*. Рівномірно рухається стрічка ескалатора на станціях метро, у великих аеропортах і магазинах. На довгому рівному перегоні рухається рівномірно поїзд: удари коліс об стики рейок чути через однакові проміжки часу, кілометрові або телеграфні стовпи, встановлені приблизно на однакових відстанях один від одного, видно у вікнах вагонів також через однакові проміжки часу. Рівномірно може рухатися теплохід, літак чи автомобіль на прямій ділянці шляху при незмінному режимі роботи двигуна, ковзаняр на рівному відрізку дистанції.

Ви йдете до школи, а вас обганяють велосипедист і автомобіль, які рухаються по шосе теж рівномірно. Чим відрізняються ці рівномірні рухи: ваш, велосипедиста і автомобіля? Їх відмінність у тому, що велосипедист рухається швидше за вас, а автомобіль — швидше за велосипедиста. Це означає, що протягом того самого проміжку часу велосипедист проходить більший шлях, ніж ви, а автомобіль — більший, ніж велосипедист.

Рухи пішохода, велосипедиста, автомобіля, літака чи теплохода відрізняються між собою за швидкістю.

Розглядаючи механічний рух тіла, перш за все потрібно визначити, відносно якого тіла (чи тіл) воно рухається. Це тіло (тіла) називається тілом відліку. Зверніться до *мал. 27*, знайдіть на ньому тіло відліку.



Мал. 27. Розташування об'єктів відносно тіла відліку

Чому для одних тіл координата виражена додатнім числом, а для інших — від'ємним? Очевидно, тіла рухаються відносно тіла відліку (будинку) в протилежних напрямках.

За швидкістю рухи поділяються на рівномірні і нерівномірні. Розглянуті різноманітні рухи ми маємо вивчити. А для чого це потрібно? Щоб уміти у будь-який момент часу визначати положення тіла в просторі. Це основна задача розділу фізики, який вивчає механічний рух і має назву механіка. Для розв'язання цієї задачі нам потрібно знати закон, за яким змінюється з часом положення тіла, рух якого ми досліджуємо, а також тіло відліку.

Основне завдання під час вивчення механічного руху полягає у визначенні положення тіла в просторі відносно інших тіл у будь-який момент часу. Механічні рухи розрізняються за траєкторією і швидкістю.

1. Що називають механічним рухом? **2.** Чому потрібно зазначати, відносно яких тіл рухається дане тіло? **3.** Який рух називають механічним? **4.** Наведіть приклади механічного руху. **5.** Наведіть приклади прямолінійних і криволінійних рухів. **6.** Чи можете навести приклади рівномірного руху?

? **1.** За *мал. 24, а* охарактеризуйте тіла відліку стосовно руху першого автомобіля. Чи можна за тіло відліку обрати автомобіль, який рухається за ним? **2.** Чому в тумані, коли не видно берегів річки, не можна визначити напрям руху човна? **3.** Яку траєкторію описує під час руху кінець стрілки годинника?

1. Виміряйте довжину свого кроку і, користуючись цією міркою, визначте, який шлях ви проходите по коридору школи. Намалюйте траєкторію свого руху від вхідних дверей школи до класної кімнати (фізкабінету). Визначте час свого руху.

§12. МАТЕРІАЛЬНА ТОЧКА. СИСТЕМИ ВІДЛІКУ

Щоб вивчати рух тіла, тобто зміну його положенни в просторі, треба насамперед уміти визначати саме це положення. Але тут виникають певні труднощі. Кожне тіло має певні розміри, отже, різні точки тіла перебувають у різних місцях простору. Як же визначити положення тіла?

У багатьох випадках немає потреби визначати положення кожної точки рухомого тіла. Навіщо, наприклад, описувати рух кожної точки автомобіля, якщо ці рухи нічим не відрізняються один від одного?

Однаково рухаються всі точки книги, яку тягнете вздовж краю стола.

Рух тіла, під час якого всі його точки рухаються однаково, називають поступальним.

При поступальному русі будь-яка пряма, подумки проведена в тілі, залишається паралельною самій собі. Можна також сказати так: тіло рухається поступально, якщо воно одночасно не обертається і навіть не повертається.

Немає потреби описувати рух кожної точки тіла й тоді, *коли розміри тіла малі порівняно з відстанню, яку воно проходить*. Наприклад, океанський лайнер малий порівняно з протяжністю його рейсу, тому корабель можна вважати точкою, описуючи його рух в океані.

Так само роблять астрономи, описуючи рухи небесних тіл. Планети, зорі, Сонце, звичайно, не малі тіла. Але радіус Землі, наприклад, приблизно у 24 000 раз менший, ніж відстань від Землі до Сонця. Тому можна вважати Землю точкою, що рухається навколо іншої точки — Сонця.

І коли ми надалі говоритимемо про рух тіла, насправді матимемо на увазі рух якої-небудь однієї його точки. При цьому не слід забувати: матеріальна точка відрізняється від тіла лише тим, що вона не має розмірів.

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

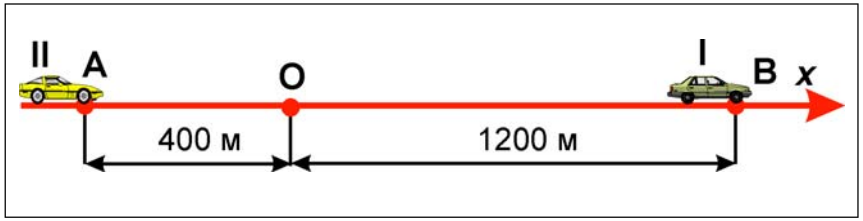
Вираз «за даних умов» означає, що одне й те саме тіло в одних його рухах можна вважати матеріальною точкою, а в інших — ні. Якщо, наприклад, ви, ідучи до школи, проходите від будинку відстань 1 км, то вас в цьому русі можна вважати матеріальною точкою. Але коли ви встаєте із-за парти і йдете до дошки, то вас вже не можна вважати матеріальною точкою.

Положення тіла в просторі. Система координат. Положення тіла або точки можна задати тільки відносно якогось іншого тіла, що називається *тілом відліку*.

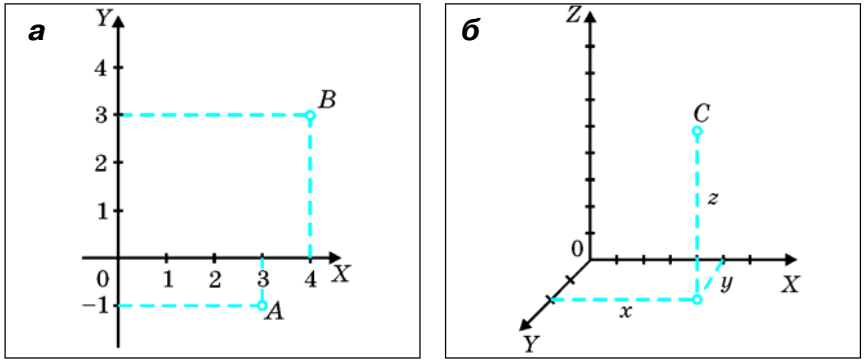
Тіло відліку можна вибрати довільно. Ним може бути будинок, в якому живемо, вагон поїзда, в якому їдемо, і т. д. Тілами відліку можуть бути Земля, Сонце, зорі.

Якщо тіло відліку вибрано, то через яку-небудь його точку проводять осі координат, і положення будь-якої точки в просторі визначають її координатами.

Як, наприклад, визначити положення двох автомобілів I і II на дорозі (*мал. 28*)? Проведемо вздовж дороги вісь координат OX з початком відліку в точці O. Координати, що відлічуються вправо від O, вважатимемо додатними, а вліво — від'ємними. Тоді положення автомобіля I визначиться його координатою $x_I = OB$. На малюнку 26 масштаб вибрано так, що $x_I = 1200$ м. Для автомобіля II координата виражається числом 400 м,



Мал. 28. До визначення положення тіла



Мал. 29. Координати точки

та оскільки вона відлічується вліво від початку відліку, то $x_{II} = -400$ м. Отже, положення точки на прямій визначається однією координатою.

Якщо тіло може рухатися в межах деякої площини (наприклад, човен на озері), то через вибрану на площині точку (початок координат) проводять дві взаємно перпендикулярні осі OX і OY (*мал. 29*). Положення точки на площині визначається двома координатами x і y. Наприклад, для точки А координати такі: $x = 3$, $y = -1$, координати точки B: $x = 4$, $y = 3$.

Нарешті, якщо тіло (точка) можуть рухатись не вздовж певної прямої і не в певній площині, а в просторі (наприклад, літак у повітрі), то через вибрану на тілі відліку точку (початок координат) проводять три взаємно перпендикулярні осі координат: OX, OY і OZ (*мал. 29, б*). Відповідно до цього положення точки в просторі визначається трьома координатами: x, y, z.

Отже, *положення точки на лінії, площині і в просторі визначається відповідно одним, двома або трьома числами — координатами*. Простір, у якому ми живемо, є *тривимірним простором*.

Тіло відліку і система координат, пов'язана з ним, дають змогу задати положення тіла в просторі. Але під час руху тіла (точки) його положення змінюється з часом. Отже, потрібен ще прилад для вимірювання часу (годинник), пов'язаний з тілом відліку. Разом вони утворюють систему відліку.

Тіло відліку, система координат, пов'язана з ним, і прилад для вимірювання часу утворюють систему відліку. Відносно вибраної системи відліку і розглядають будь-який рух.



Тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати, називають матеріальною точкою. Тіло відліку, система координат, пов'язана з ним, і прилад для вимірювання часу, складають систему відліку.



1. У яких з наведених нижче випадків тіла можна вважати матеріальними точками:

а) На верстаті виготовляють спортивний диск. Той самий диск після кидка спортсмена пролітає відстань 55 м.

б) Ковзаняр проходить дистанцію змагань. Фігурист виконує вправи довільної програми.

в) За рухом космічного корабля стежать з Центру управління польотам на Землі. За тим самим кораблем спостерігає космонавт, який здійснює стикування з ним у космосі.

г) Земля обертається навколо своєї осі. Земля рухається по орбіті навколо Сонця. Радіус орбіти 150 000 000 км.

2. Що таке система відліку?

? 1. Чи може координата бути від'ємною величиною?

2. Чи може зміна координати бути від'ємною величиною?

3. Чи потрібно обирати систему відліку для нерухомого тіла?

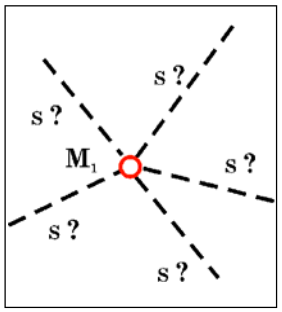
§13. ПЕРЕМІЩЕННЯ, ТРАЄКТОРІЯ, ШЛЯХ РУХУ ТІЛА

Уявимо, що в якийсь початковий момент часу рухоме тіло (точка) перебувало в положенні M_1 (*мал. 30*), а через певний інтервал часу виявилося в іншому положенні на відстані s від початкового. Як знайти нове положення тіла? Очевидно, для цього недостатньо знати відстань s, бо є безліч точок, віддалених від точки M_1 на цю відстань.

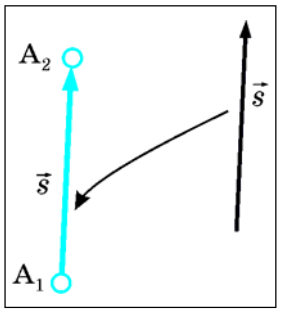
Рухоме тіло завжди рухається у якомусь напрямі. І щоб знайти нове положення тіла, треба знати напрям відрізка прямої, що сполучає початкове й кінцеве положення тіла. Цей напрямлений відрізок прямої і є переміщенням тіла. Кінець відрізка, що зображає переміщення, для наочності позначають стрілкою. Напрямлений відрізок $\vec{s}$, що сполучає початкове положення тіла A_1 з кінцевим положенням A_2, є переміщенням тіла (*мал. 31*).

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

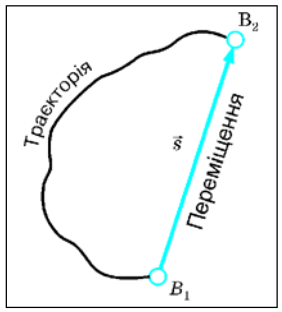
Переміщення тіла відрізняється від його траєкторії — лінії, уздовж якої рухається тіло. Траєкторія руху тіла може і не збігатися з переміщенням (*мал. 32*).



Мал. 30



Мал. 31



Мал. 32

Отже, щоб знайти положення тіла в будь-який момент часу, треба знати його *початкове положення і переміщення*, здійснене до цього моменту.

Переміщення — векторна величина.

За початковим положенням тіла, його траєкторією можна визначити шлях, пройдений тілом за будь-який час.

Довжину траєкторії, описану тілом за певний час, називають шляхом.

Шлях не має напрямку, ця фізична величина має певне числове значення. Шлях позначається літерою l. Основна одиниця шляху — 1 м. Використовуються також кратні й частинні одиниці довжини: кілометр (км), дециметр (дм), сантиметр (см), міліметр (мм) та інші.

Механічний рух характеризується траєкторією, переміщенням, шляхом.

1. Що таке траєкторія руху? **2.** Що таке переміщення? **3.** Що таке шлях? 4. В яких одиницях вимірюється шлях? Які прилади використовуються для вимірювання шляху?

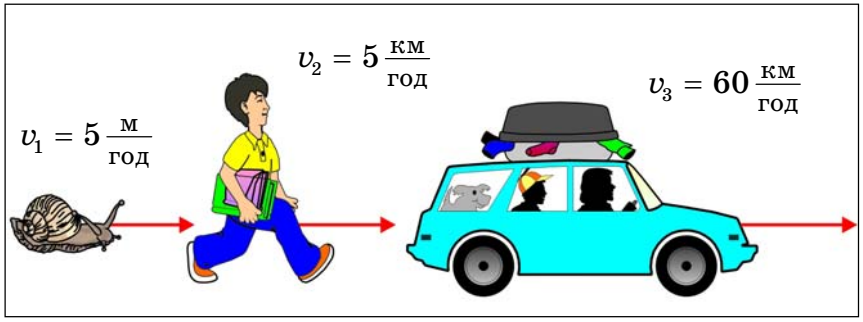
? 1. Чим відрізняються траєкторія, шлях, переміщення? Що між ними спільне? **2.** Спостереження за рухом футболіста показали, що протягом матчу він пробіг 12 км. Що це за величина: переміщення чи пройдений шлях? **3.** Штурман, визначаючи вранці положення корабля, виявив, що корабель перебуває в точці, на 100 км на північ від пункту, де він був напередодні увечері. Що виражає це число: довжину переміщення чи пройдений шлях? **4.** Черговий по гаражу, приймаючи автомашину в шофера, який закінчив роботу, записав збільшення показу лічильника на 300 км. Що означає цей запис: пройдений шлях чи довжину переміщення?

§14. ШВИДКІСТЬ РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ

Що нам потрібно знати, щоб встановити закон, за яким змінюється шлях рухомого тіла з часом? Час ми можемо виміряти годинником. А щоб знати положення рухомого тіла в будь-який момент часу, потрібно знати, як змінюється його шлях з часом. Тобто, потрібно знати швидкість тіла. Швидкість тіла характеризується числовим значенням і напрямом. Ви вже знаєте, що величини, які характеризуються числовим значенням і напрямом називають *векторними величинами* або *векторами*. Позначають векторні величини символами із стрілочками. Так, швидкість позначають $\vec{v}$ (ве), а її числове значення буквою v без стрілочки. На малюнках вектори зображують у вигляді стрілок.

У тіл, зображених на *мал. 33*, швидкість різна за числовим значенням і однакова за напрямом. Швидкість цих тіл зображується стрілками різної довжини.

Для полегшення наших міркувань розглянемо швидкість рівномірного руху тіл (пізніше ми його дослідимо), що рухаються вздовж прямої лінії. Автомобіль, що рівномірно рухається по шосе (вздовж прямої лінії), переганяє людину, яка йде рівномірно,



Мал. 33. Швидкість механічного руху різних тіл

людина переганяє равлика, який теж рухається рівномірно. Це означає, що протягом того самого проміжку часу автомобіль проходить більший шлях, ніж пішохід, а пішохід — більший, ніж равлик.

Швидкість тіла при рівномірному русі показує, який шлях проходить тіло за одиницю часу. Наприклад, якщо за кожну годину равлик проходить 5 м, а автомобіль 60 км, то кажуть, що швидкість равлика 5 м/год, а швидкість автомобіля 60 км/год.

Те тіло, яке за одиницю часу проходить більший шлях, рухається з більшою швидкістю.

Щоб визначити швидкість тіла при рівномірному русі, треба шлях, пройдений тілом за який-небудь проміжок часу, поділити на цей час.

Отже, швидкість тіла під час рівномірного руху дорівнює відношенню шляху до часу, за який цей шлях пройдений, тобто,

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

Позначимо всі розглядувані величини символами: l — пройдений шлях, t — проміжок часу, за який пройдено шлях, v — швидкість. За допомогою символів формулу швидкості можна записати наступним чином:

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

Швидкість тіла під час рівномірного руху — величина стала.

За одиницю швидкості беруть швидкість такого рівномірного руху, при якому рухоме тіло за 1 с проходить шлях, що дорівнює 1 м.

Цю одиницю швидкості записують так: 1 м/с.

У цих міркуваннях ми використали одиниці СІ — 1 м та 1 с. Використовуються і інші одиниці швидкості:

$$1\,\frac{\text{км}}{\text{год}},\ 1\,\frac{\text{см}}{\text{с}},\ 1\,\frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

(Наведіть приклади руху тіл, швидкість яких доцільно вимірювати в таких одиницях).

Використавши таблицю 4, порівняйте швидкість в м руху обраних вами тіл.

Таблиця 4

Швидкості руху деяких тіл

Тіло	Швидкість v, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$	Тіло	Швидкість v, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$
Равлик	0,0014	Місяць навколо Землі	1000
Пішохід	1,4	Молекула водню (при 0 °С)	1693
Ковзаняр	2,3	Молекула водню (при 25 °С)	1770
Шпак	до 20	Штучний супутник Землі	8000
Автомобіль «Жигулі»	до 40	Земля навколо Сонця	30 000

Приклад. Літак пролітає відстань, що дорівнює 800 км, за 1,1 год. Визначити швидкість літака, вважаючи його рух рівномірним.

Дано:

$l = 800$ км

$t = 1{,}1$ год

v — ?

Розв'язання:

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

$$v = \frac{800}{1{,}1}\,\frac{\text{км}}{\text{год}} \approx 720\,\frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Відповідь: $v = 720$ км/год.

Знайдену швидкість виразимо в метрах за секунду. Для цього перетворимо кілометри в метри, а години — в секунди:

$$v = 720\,\frac{\text{км}}{\text{год}} = \frac{720000}{3600}\,\frac{\text{м}}{\text{с}} = 200\,\frac{\text{м}}{\text{с}}.\ v = \frac{l}{t}.$$

Отже, числове значення швидкості, як і будь-якої іншої величини (довжини, об'єму тощо), залежить від обраної одиниці вимірювання.

Швидкість рівномірного руху тіла — це фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню шляху до часу, за який тіло пройшло цей шлях. Швидкість тіла в СІ вимірюється у м/с.

1. Чим відрізняються один від одного рівномірні рухи пішохода, автомобіля й равлика? **2.** Що показує швидкість рівномірного руху? **3.** Як визначити швидкість руху, знаючи пройдений шлях і час? **4.** Як значення швидкості, задане в км/год, перевести в м/с? **5.** Чим характеризується швидкість тіла?

? **1.** Швидкість течії річки 1,6 м/с. На яку відстань переміститься човен, що пливе за течією, за 30 хв? **2.** Велосипедист, рухаючись рівномірно, проїхав за 30 хв шлях 5 км. Знайдіть його швидкість та виразіть її в м/с. **3.** Швидкість електровоза дорівнює 150 км/год. Виразіть цю швидкість у м/с.

1. Як визначають шлях, пройдений тілом при рівномірному русі, коли відомі швидкість і час руху? **2.** Як, знаючи шлях і швидкість, визначити час рівномірного руху? **3.** Як визначити шлях, пройдений тілом при нерівномірному рухові?

Експериментальне завдання

Визначте швидкість, з якою ви долаєте шлях зі школи додому. Час та шлях виміряйте доступними вам приладами.

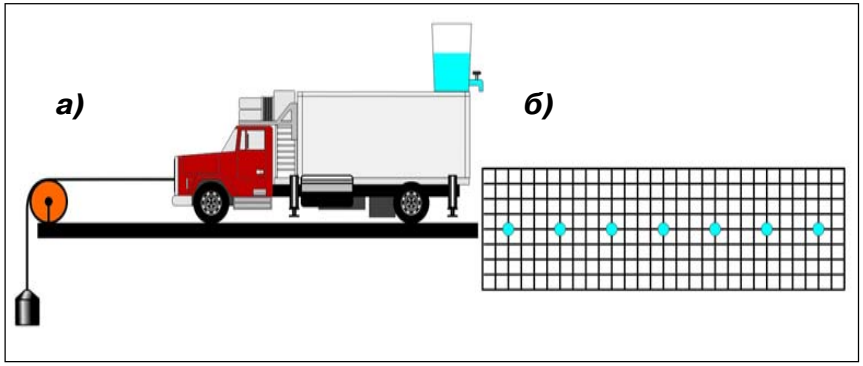
§15. ШЛЯХ РІВНОМІРНОГО РУХУ

Серед всіх рухів тіла прямолінійний рівномірний рух є найпростішим. Траєкторія цього руху є прямою лінією, а швидкість є сталою величиною.

Дослідимо рівномірній рух тіла. Складемо установку за *мал. 34*. Для неї потрібен іграшковий автомобіль, на який встановлюється крапельниця, смужка міліметрового паперу, блок та важок на нитці. Відрегулюємо рух автомобіля так, щоб сила тертя була рівна силі тяги. При таких умовах візок буде рухатися рівномірно, краплі під час руху автомобіля залишать на папері слід через рівні відстані. Відрегулювавши крапельницю так, щоб краплі падали через більші чи менші проміжки часу, будемо спостерігати ту саму картину. Сліди від крапель на паперовій смужці будуть розташовані на однакових відстанях.

Рівномірним називається рух, при якому тіло за будь-які рівні проміжки часу проходить рівні відрізки шляху.

Знаючи швидкість рівномірного руху тіла, можна визначити шлях, пройдений ним за певний час.



Мал. 34. Вивчення прямолінійного рівномірного руху: а) автомобіль з крапельницею; б) смужка зі слідами крапель

Щоб визначити шлях, пройдений при рівномірному русі, потрібно швидкість тіла помножити на час його руху:

$$l = vt.$$

Цю формулу називають рівнянням шляху рівномірного руху.

Формула виражає закономірний зв'язок між часом і шляхом: шлях, пройдений при рівномірному рухові, прямо пропорційний часові руху тіла. У цій формулі l (шлях) — залежна змінна, t (час) — незалежна змінна.

Знаючи шлях і швидкість рівномірного руху тіла, можна визначити час його руху:

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

Рівномірним називають рух, при якому тіло за будь-які рівні проміжки часу проходить однакові відрізки шляху.

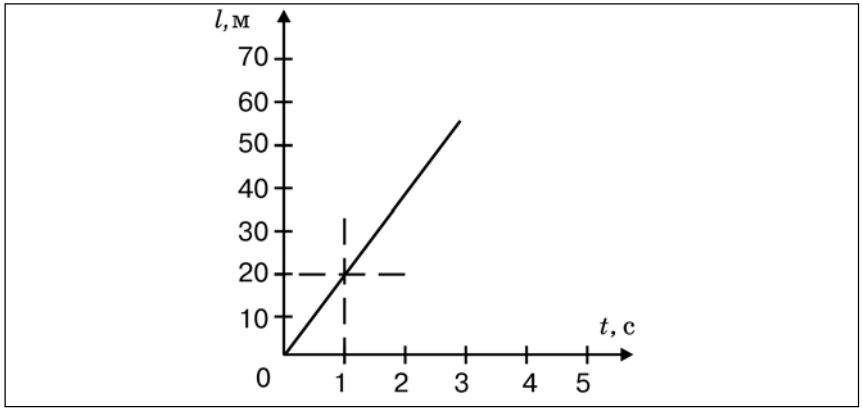
1. Який рух називають рівномірним? 2. Чи може бути рівномірний рух не прямолінійним? 3. Яку швидкість показує спідометр автомобіля — рівномірного чи не рівномірного руху?

? 1. Як у рівнянні рівномірного руху проявляється закономірність збереження?

§16. ГРАФІКИ РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ

Ви вже знаєте, що залежність між фізичними величинами можна виразити словами, формулою, графічно. Виразимо графічно залежність між шляхом і часом.

Вздовж горизонтальної осі (осі абсцис) відкладемо в певному масштабі час, що минув з початку його



Мал.35. Графік шляху рівномірного руху

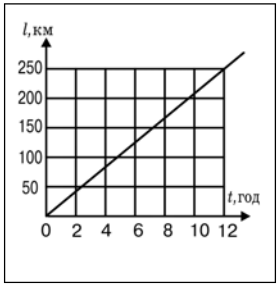
відліку, а по вертикальній осі (ординат) теж у певному масштабі відкладемо шлях, який проходить тіло. Графік функції $l = vt$ є прямою лінією. Зобразимо на графіку залежність між шляхом і часом рівномірного руху тіла зі швидкістю 20 м/с. Для цього знайдемо дві точки: при $t = 0$; $l = 20$ м/с $\cdot$ 0 = 0; при $t = 1$ с пройдений тілом шлях $l = 20$ м/с $\cdot$ 1 с = 20 м.

Через знайдені дві точки проведемо пряму, яка і є графіком функції $l = 20\,t$ (мал. 34). За графіком можна знайти пройдений шлях за будь-який час.

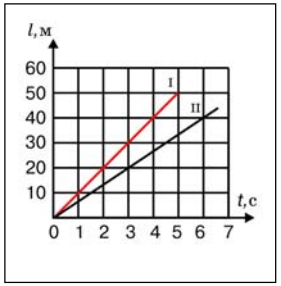
Залежність між шляхом і часом рівномірного руху можна виразити словесно, формулою, графіком. Між шляхом і часом рівномірного руху існує прямопропорційна залежність, графіком її є пряма лінія.

Розв'яжіть задачі

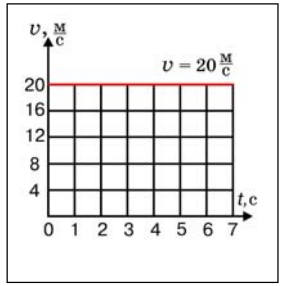
1. На *малюнку 36* зображено графік шляху рівномірного руху. На графіку по осі ординат відкладено пройдений шлях, по осі абсцис — час. Визначте за графіком шлях, пройдений за 10 год, і швидкість руху.



Мал. 36. До задачі 2



Мал. 37. До задачі 3



Мал. 38. До задачі 4

2. На *малюнку 37* зображено графіки шляхів двох рівномірних рухів I і II. Визначте за графіками, швидкість якого з рухів більша. Відповідь обґрунтуйте.

3. На *малюнку 38* наведено графік швидкості рівномірного руху тіла. Чим цей графік відрізняється від графіка шляху (*мал. 36*)? Чи можна на ньому визначити шлях? Яка швидкість руху?

1. Чим відрізняється графік шляху рівномірного прямолінійного руху від його траєкторії? **2.** Чи можете застосувати закономірність збереження до пояснення формул рівномірного руху?

§17. НЕРІВНОМІРНИЙ ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ НЕРІВНОМІРНОГО РУХУ

Рівномірний рух у побуті і природі зустрічається рідко. При нерівномірному русі тіло проходить за однакові проміжки часу неоднакові шляхи. Швидкість такого руху змінюється з часом.

Яку швидкість мають на увазі, зазначаючи, наприклад, що швидкість автобуса 60 км/год? Адже всі знають, що на зупинках автобуса чи іншого виду транспорту швидкість його дорівнює нулю, при зрушенні з місця вона збільшується, а перед

наступною зупинкою зменшується.

У цих випадках мають на увазі середню швидкість на певній ділянці шляху за певний проміжок часу руху. Щоб визначити середню швидкість, пройдений тілом шлях ділять на час його руху. Тобто поступають так само, як при обчисленні швидкості рівномірного руху.

Розглянемо приклад. Відстань між двома містами 480 км. Швидкісний поїзд, рухаючись нерівномірно, проходить цю відстань за 5 годин. Визначити середню швидкість поїзда.

Середня швидкість поїзда:

$$v_c = \frac{l}{t},\ v_c = \frac{480}{5}\frac{\text{км}}{\text{год}} = 96\frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

$$\text{Середня швидкість} = \frac{\text{шлях}}{\text{час}} \text{ або } v_c = \frac{l}{t}.$$

Отже, для визначення середньої швидкості необхідно знати час руху тіла і шлях, який тіло пройшло за цей час.

Приклад. Автомобіль 2 години рухався зі швидкістю 60 км/год, наступні 3 год — зі швидкістю 80 км/год. З якою середньою швидкістю рухався автомобіль?

Дано:

$v_1 = 60\frac{\text{км}}{\text{год}}$

$t_1 = 2$ год

$v_2 = 80\frac{\text{км}}{\text{год}}$

$t_2 = 3$ год

v_c — ?

Розв'язання:

За означенням середня швидкість

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

Знайдемо шлях, пройдений автомобілем за час руху:

$$l = v_1 t_1 + v_2 t_2$$

Час руху автомобіля $t = t_1 + t_2$.

Отже,

$$v_c = \frac{l_1 + l_2}{t_1 + t_2};$$

$$v_c = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2};$$

$$v_c = \frac{60\frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 2\text{ год} + 80\frac{\text{км}}{\text{год}} \cdot 3\text{ год}}{5\text{ год}} = 72\frac{\text{км}}{\text{год}} = 20\frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Зверніть увагу: середня швидкість визначається на певному відрізку шляху за певний інтервал часу руху автомобіля.

Знаючи середню швидкість руху на певному відрізку шляху та час його руху на цьому відрізку, можна визначити пройдений тілом шлях:

$$l = v_c t$$



Нерівномірний рух характеризується середньою швидкістю. За середню швидкість нерівномірного руху приймають швидкість такого рівномірного руху, у якого шлях і час однакові з нерівномірним.



1. Яку швидкість мають на увазі, коли говорять про швидкість руху літака, автомобіля? **2.** Як визначають середню швидкість нерівномірного руху?

? **1.** Кулька, скочуючись з похилого жолоба, перемістилася за першу секунду на 10 см, за другу — на 30 см, за третю — на 50 см і четверту — на 70 см. Яким був рух кульки? Яка середня швидкість руху кульки протягом цього часу? **2.** Запропонуйте варіанти експериментального визначення середньої швидкості. **3.** Відомо, що середня швидкість росту дуба приблизно 30 см/рік. Скільки років дереву висотою в 6,3 м?

*§18. ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ НЕРІВНОМІРНОГО РУХУ

Експериментальна задача

Мета: навчитися вимірювати середню швидкість руху тіла.

Прилади і матеріали: секундомір, метроном, жолоб, штатив, металева кулька, лінійка (мірна стрічка), паперова стрічка.

Хід роботи

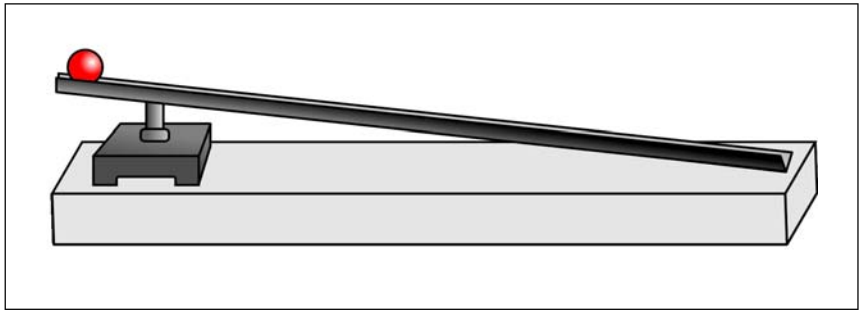
1. Закріпіть на жолобі паперову стрічку за допомогою скотчу. Виміряйте довжину жолоба. Установіть жолоб під малим кутом до поверхні столу. Використайте для цього штатив або підкладіть під жолоб тонку книгу (кілька зошитів) (*мал. 39*).

2. Розмістіть кульку у верхній точці жолоба. Відпустіть кульку, одночасно ввімкнувши секундомір. Вимкніть секундомір, коли кулька досягне нижньої точки жолоба. Дослід повторіть кілька разів. Розрахуйте середню швидкість кульки. Дані вимірювань і розрахунків занесіть до таблиці.

№	Шлях l, м	Час t, с	Швидкість $v_с$, $\frac{м}{с}$
1			
2			

3. Поставте позначку на паперовій стрічці. Розмістіть кульку у місці позначки і повторіть дослід із іншим значенням шляху, який проходить кулька.

4. Зробіть висновок про залежність середньої швидкості від величини шляху.



Мал. 39. Вимірювання середньої швидкості руху кульки

5. Дослід із визначення середньої швидкості кульки проведіть за допомогою метронома, відрегульованого на проміжок часу 1 с (проміжок часу може бути іншим). Для цього установіть жолоб так, щоб під час руху по ньому кульки метроном робив не менше трьох ударів.

6. Виміряйте довжину шляху руху кульки у момент третього удару, зробивши відповідну позначку на паперовій стрічці. Повторіть дослід. Дані вимірювань і розрахунків занесіть до *таблиці 2*. За формулою визначте середню швидкість.

§19. РІВНОМІРНИЙ РУХ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПО КОЛУ

Обертальний рух тіл вам знайомий з початкової школи та курсу природознавства, з побуту. Ви знаєте, що Сонце, Земля, Місяць, інші космічні тіла обертаються навколо своєї осі. Земля разом з Місяцем обертаються навколо Сонця, а Сонце разом з планетами та їх супутниками обертається навколо центра Галактики. Обертання Землі обумовлює періодичність змін у живій та неживій природі.

Що характерно для обертального руху тіла? Спостереження за рухом стрілки годинника, лопатей



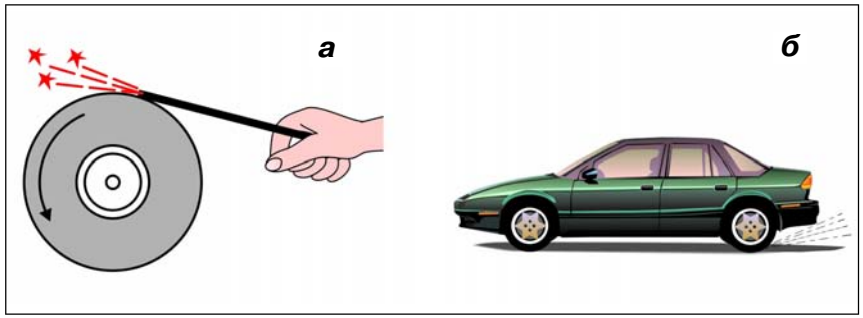


Мал. 40. Приклади частин машин, що здійснюють обертальний рух: диск колеса, лопаті вертольота

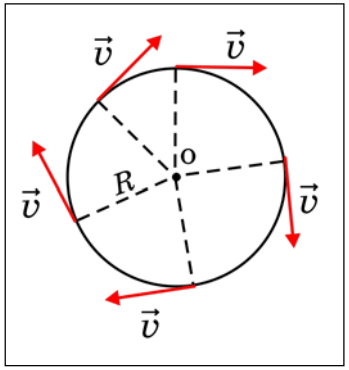
вертольота, колеса автомобіля (*мал. 40*), точильного каменя допоможуть вам відповісти на це запитання.

Визначити напрямок швидкості точки, що рухається по колу, можна з досліду. При обертальному русі всі точки тіла рухаються по колах. Отже, щоб охарактеризувати обертальний рух, необхідно навчитися визначати рух матеріальної точки по колу. Такі рухи належать до криволінійних рухів, оскільки траєкторія руху не є прямою лінією. При криволінійному русі напрямок швидкості весь час змінюється.

При заточуванні інструменту іскри летять по дотичній (*мал. 41, а*). Такий напрямок швидкості мають частинки каменя, що відриваються від точила. Бризки від буксуючого автомобіля летять по дотичній до ободу колеса (*мал. 41, б*).



Мал. 41. Напрямок швидкості при криволінійному русі



Мал. 42. Напрям швидкості під час руху тіла по колу

Як же вказати напрямок швидкості при криволінійному русі? При криволінійному русі величина швидкості може залишатися сталою, але напрямок її змінюється кожної миті. Швидкість тіла в будь-якій точці криволінійної траєкторії напрямлена по дотичній до траєкторії в цій точці (*мал. 42*).

Якщо точка рухається по колу з однаковою за величиною швидкістю, тобто рівномірно, то такий рух належить до періодичних рухів. Цей рух характеризують *періодом* — часом, протягом якого тіло здійснює один оберт. Період обертання T визначають як відношення часу t, протягом якого тіло здійснило N повних обертів, до кількості обертів:

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

Рух, при якому всі точки тіла рухаються по колу, називається обертальним і характеризується періодом обертання. Швидкість руху матеріальної точки по колу спрямована по дотичній.

1. Який рух називається обертальним? **2.** Наведи приклади обертального руху в природі, техніці, побуті.

? **1.** Якою є траєкторія небесних тіл? **2.** Місяць, Земля мають космічні розміри. Чому при визначенні положення їх вважають матеріальними точками? **3.** Яким загальним закономірностям підлягає рух небесних тіл?

§20. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ ОБЕРТАННЯ ТА ШВИДКОСТІ РУХУ ПО КОЛУ

Лабораторна робота №4

Мета: навчитися визначати частоту обертання тіл та швидкість руху по колу.

Прилади і матеріали: штатив з муфтою і кільцем, кулька, міцна нитка, відцентрова машина, проектор, секундомір (годинник із секундною стрілкою), лінійка.

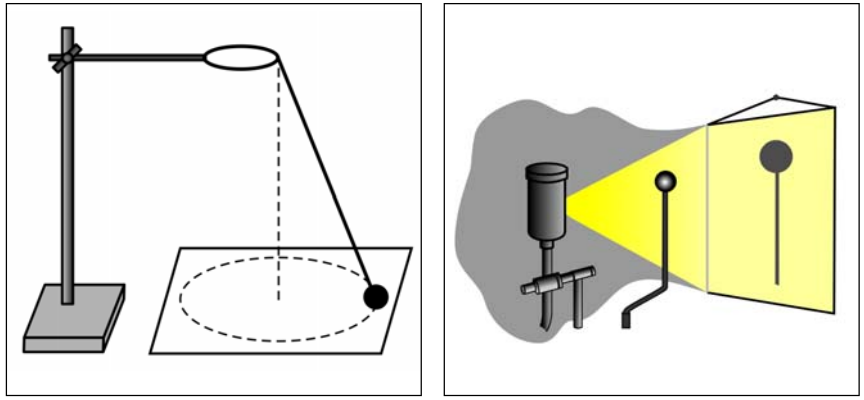
Хід роботи

I варіант

1. Підвісьте на штативі кульку, приведіть її в обертовий рух (*мал. 45*). Визначте за допомогою секундоміра (годинника) час 10 обертів кульки та період обертання кульки: $T = \frac{t}{10}$, за формулою $n = \frac{1}{T}$ визначте частоту обертання кульки.

2. За допомогою лінійки визначте діаметр кола, по якому обертається кулька та шлях, який вона проходить за 1 оберт.

$$l = 2\pi R, \text{ де } \pi \approx 3{,}14.$$



Мал. 45. При обертанні кульки тінь її коливається

3. За формулою $v = \frac{2\pi R}{T}$ визначте швидкість руху кульки.

II варіант

1. З дроту діаметром 3—5 мм зігніть стержень (*мал. 45*). На один кінець стержня насадіть пластилінову кульку, а на другий — дерев'яний циліндрик для встановлення пристрою в патроні відцентрової машини. Замість відцентрової машини можна використати обертовий диск.

2. Спрямуйте світло від проектора на кульку, отримайте її тінь на екрані в положенні, коли кулька перебуває на прямій, що проходить через проектор і центр обертання.

3. Обертайте кульку за допомогою відцентрової машини, спостерігайте за коливанням тіні кульки на екрані. Час одного повного коливання тіні кульки відповідає періодові обертання кульки. За допомогою секундоміра (годинника) визначте час 10 обертів кульки та період її обертання.

Зробіть висновок про зв'язок періоду обертання та частоти обертання кульки.

4.Визначивши діаметр кола, по якому обертається кулька, визначте його довжину та швидкість обертання кульки за формулою $v = \frac{2\pi R}{T}$, де $\pi = 3{,}14$.

III варіант

Прилади і матеріали: годинник з годинною, хвилинною та секундною стрілками, секундомір механічний, лінійка.

Хід роботи

1. Визначте період обертання хвилинної та секундної стрілки у секундах за формулою $T = \frac{t}{n}$, де t — час обертання стрілки, n — кількість обертів.

2. Визначте довжину кола, які описують крайні точки стрілок, за формулою $l = 2\pi R$.

3. Визначте швидкість руху крайніх точок хвилинної і секундної стрілки.

Зробіть висновок.

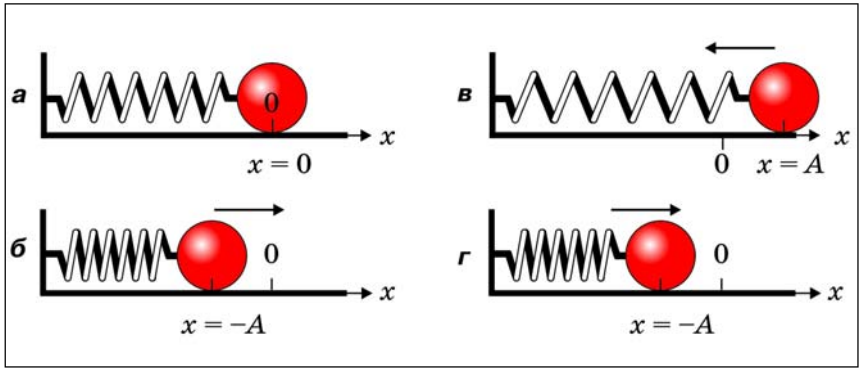
§ 21. КОЛИВАЛЬНИЙ РУХ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

До періодичних рухів належить також коливальний рух. Коливаються гілки дерев, поплавок на хвилях водойми, гойдалка. Спільним для всіх коливальних рухів є те, що в них тіло відхиляється то в одну, то в другу сторону від положення рівноваги.

Найпростішим прикладом коливального руху є коливання тягарця на кінці пружини, який рухається по прямій. Причинами коливання кульки на пружині є сила пружності пружини та інертність кульки. Багато інших видів коливальних рухів подібні до цих коливань, тому розглянемо цей приклад детальніше. Вважатимемо, що масою пружини можна знехтувати. Розмістимо пружину горизонтально (*мал. 46 а*).

Спрямуємо координатну вісь x уздовж опори, а за точку відліку приймемо центр кулі (тягарця) в стані рівноваги ($x = 0$).

Відхилимо тіло вліво від положення рівноваги на деяку відстань A (*мал. 46 б*). Пружина від цього стиснеться, і на тіло діятиме сила пружності, напрямлена вправо. Якщо відпустити пружину і тіло, воно почне рухатися до положення рівноваги, але не зупиниться в ньому, а внаслідок інерції пройде його і відхилиться вправо на відстань, яка також дорівнює A (*мал. 46, в*). Тепер пружина розтягнута, на тіло діє сила, напрямлена вліво, куди тіло, після миттєвої зупинки, й почне рухатися. Воно знову пройде через положення



Мал. 46. Коливання тягарця на пружині

рівноваги і знову відхилиться від нього на відстань A, тобто повернеться в початкову точку (*мал. 46, г*). Відбулося одне коливання тіла і починається наступне, яке відбудеться подібно до попереднього.

Звернімо увагу, що в будь-якій точці траєкторії тіла, яке коливається, сила пружності спрямована до положення рівноваги, тобто протилежно відхиленню від нього.

Амплітуда коливання. З розглянутого коливального руху бачимо, що траєкторією його є пряма. При цьому тіло, яке коливається, не відхиляється від положення рівноваги на відстань, більшу за A. Це найбільше відхилення тіла від положення рівноваги називають амплітудою коливання. Вона залежить тільки від того, на скільки було відхилене тіло від положення рівноваги перед тим, як воно почало коливатися.

Щоб здійснити одне повне коливання, потрібен певний час. Час одного повного коливання називають періодом коливання. Період коливання позначають буквою T і вимірюють його в секундах. Якщо тіло за час t здійснило N повних коливань, то період коливання визначають як відношення часу t до кількості повних коливань N:

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

Коливання характеризуються також частотою коливань. Частота коливань — це кількість коливань за 1 с (одиницю часу). Частоту позначають грецькою буквою ν (ню). За одиницю частоти прийнято частоту такого коливання, при якому за 1 с здійснюється одне повне коливання. Ця одиниця на честь видатного фізика Г. Герца називається герцом (Гц). 1 Гц = 1/с.

Між періодом коливання і його частотою зв'язок такий самий, як і між періодом обертання тіла по колу і обертовою частотою

$$\nu = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{\nu}.$$

Коливальним називається рух, при якому тіло відхиляється то в одну, то в другу сторону від положення рівноваги. Коливальний рух належить до періодичних рухів і характеризується періодом, частотою та амплітудою коливань.

1. Який рух називають коливальним? У чому полягає основна відмінність його від інших рухів? **2.** Що таке період коливань? Що таке частота коливань? Який зв'язок між ними? **3.** Що називають амплітудою коливань?

? 1. Система коливається з частотою 1 Гц. Чому дорівнює період коливань? **2.** У яких точках траєкторії швидкість тіла, яке коливається, дорівнює нулю (*мал. 46*)? **3.** Які величини, що характеризують коливальний рух, змінюються періодично? **4.** Чи в усіх коливальних рухах амплітуда залишається незмінною? **5.** Від чого залежить амплітуда коливань?

1. Які коливання ви б назвали затухаючими? **2.** При яких умовах можуть відбуватися незатухаючі коливання?

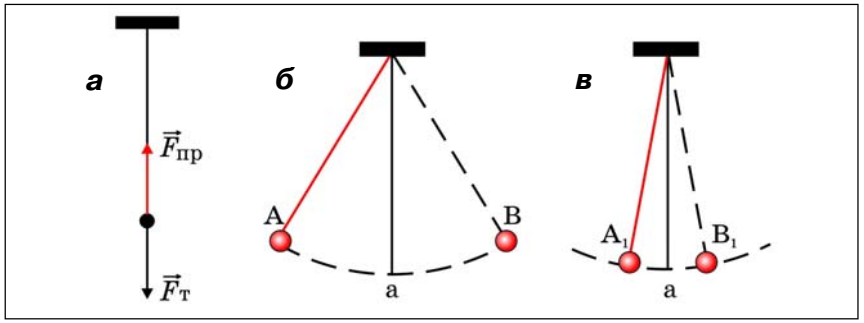
§22. МАЯТНИКИ

Розглянутий нами приклад коливального руху тіла, прикріпленого до пружини, показує, що такий рух відбувається під дією сили пружності. Коливання можливі не тільки під дією сили пружності. Ознайомимося з коливанням математичного маятника — кульки, підвішеної на довгій, нерозтяжній нитці.

Тіло, яке коливається, і нитка повинні бути такими, щоб розмірами тіла можна було знехтувати порівнюючи з розмірами нитки, або, як кажуть фізики, тіло можна було вважати матеріальною точкою, а нитку порівнюючи з вагою тіла невагомою. Такий маятник називають математичним маятником.

Коли нитка з підвішеним до неї вантажем займає вертикальне положення, маятник перебуває в спокої — у стані рівноваги (*мал. 47, а*), дія сили тяжіння врівноважується силою пружності. Якщо відхилити маятник до положення A (*мал. 47, б*), він почне коливатися.

Чи схожий рух маятника на рух тіла, прикріпленого до пружини? Якщо відхилити маятник на досить малий кут (5—10°), наприклад не до точки A, а до точки A_1 (*мал. 47, в*), то дуга дуже мало відрізнятиметься від прямої (від хорди). Для малих кутів відхилення коливання математичного маятника стають схожими на коливання тіла, прикріпленого до пружини.



Мал. 47. Коливання маятника

Вимірювання показують, що період T коливань математичного маятника залежить від довжини математичного маятника і не залежить від маси підвішеного вантажу і амплітуди коливань (якщо вона мала маятник відхиляється на 5—10°). Незалежність періоду коливань математичного маятника від його маси і амплітуди коливань дала можливість використовувати його в будові годинників (дивись інформацію у рубриці «Для допитливих» — «Відкриття Галілея»).

Маятник певної довжини має цілком певний період коливань, завдяки цьому його використовують для регулювання ходу годинників. Застосовуються маятники з періодами коливань 1 с або 2 с.

Уявлення про характер коливання математичного маятника можна дістати «з графіка», який може зобразити саме тіло, що коливається. Для цього до нього прикріплюють якийсь легкий пишучий пристрій, а під ним кладуть паперову стрічку. Коли під час коливань маятника стрічку рухати з деякою сталою швидкістю в напрямі, перпендикулярному до площини коливань, то на ній з'явиться крива.

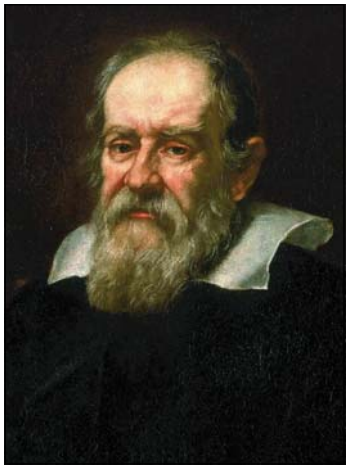
За математичний маятник приймають тіло малих розмірів, підвішене на довгій, невагомій, нерозтяжній нитці.

При малих амплітудах коливання, період коливань математичного маятника залежить від його довжини, не залежить від маси та практично не залежить від амплітуди.

1. Що називають математичним маятником? **2.** Наведіть приклади використання маятників. **3.** Які сили діють на маятник під час його руху? **4.** Якими повинні бути нитка і підвішений до неї вантаж, щоб маятник можна було вважати математичним? **5.** Для яких відхилень від положення рівноваги період коливання математичного маятника не залежить від амплітуди маятника?

? **1.** Чому дорівнює період коливань маятника з довжиною підвісу 1 м? **2.** Як зміниться період коливань математичного маятника, якщо замінити вантаж іншим, вдвічі меншим за масою? **3.** Як зміниться період коливань маятника, якщо зменшити довжину підвісу в 4 рази? **4.** Маятник здійснює 24 коливання за 20 с. Чому дорівнюють період і частота його коливань? **5.** На основі якої закономірності включите коливальні та обертальні рухи у свій образ природи?

Для допитливих
Відкриття Галілея



У Пізанському соборі правилася служба. Але молодий італієць на ймення Галілей, студент місцевого університету, ніби не бачив і не чув, що відбувалося навколо. Увага його була прикута до церковних люстр, що злегка коливалися на довгих ланцюгах. Годинника в Галілея не було, і він, узявши свою ліву руку за зап'ястя, почав відлічувати удари пульсу, стежачи за коливанням люстр. «А таким способом можна вимірювати час» — подумав Галілей. Так було відкрито, що період коливань маятника при малих амплітудах не залежить від амплітуди коливань. Це дало можливість використовувати маятник у годинниках.

У питаннях природознавства... пізнання явищ є те, що веде нас до знаходження причин.

Галілей

§23. ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ НИТЯНОГО МАЯТНИКА

Лабораторна робота №5

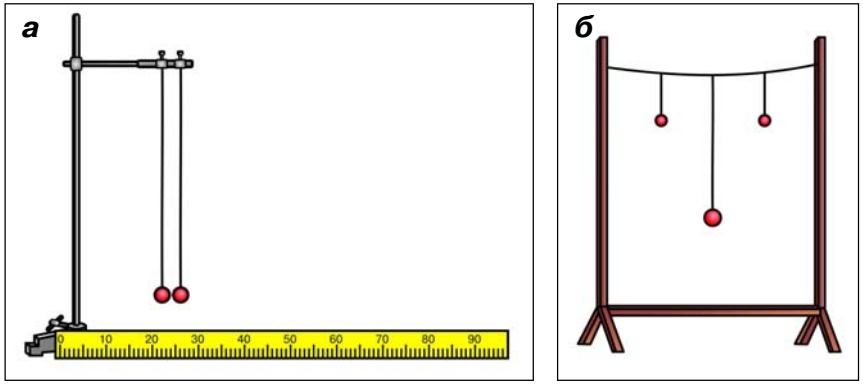
Мета: дослідити, від чого залежить період коливань математичного маятника.

Прилади і матеріали: 3 нитяних маятники, два з них мають однакову довжину нитки і різну масу кульок, третій маятник має більшу довжину нитки; штатив, або підставка (*мал. 48*); секундомір, лінійка.

Хід роботи

1. Підвісьте на штатив чи підставку два маятники різної маси, однакової довжини. Відхиліть їх на однаковий кут від положення рівноваги і відпустіть. Спостерігайте за періодом їх коливань (*мал. 48, а*). Зробіть висновок, чи залежить період коливань математичного маятника від його маси.

2. Ці самі маятники однакової довжини відхиліть від положення рівноваги на різні невеликі кути і відпустіть. Зробіть висновок, чи залежить період коливань математичного маятника від амплітуди при малих амплітудах.



Мал. 48. Прилади до лабораторної роботи № 5

3. Визначте за допомогою секундоміра час 10 повних коливань маятників різної довжини. Період коливань визначте за формулою:

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

4. Зробіть висновок про залежність періоду коливань від довжини маятника.

5.* Спостерігайте явище резонансу. Протягніть нитку на підставці і підвісьте два маятники однакової довжини, третій довший (*мал. 48 б*). Відхиліть і відпустіть один з коротких маятників. Опишіть, що спостерігаєте, і спробуйте пояснити явище. Тепер відхиліть і відпустіть довгий маятник.

§24. МЕХАНІЧНИЙ РУХ ТА ВЗАЄМОДІЇ У СЕРЕДОВИЩІ ЖИТТЯ. ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ РУХОМИХ ТІЛ

Урок серед природи

Мета: Дослідження проявів механічного руху, визначення середньої швидкості рухомих тіл.

Прилади і матеріали: секундомір, бінокль, фотоапарат (по можливості).

1. Оберіть тіло (тіла) відліку та визначте, як рухаються обрані вами (визначені учителем) об'єкти відносно тіла відліку.

Траєкторія	Швидкість
Прямолінійна: ...	Рівномірного руху
Криволінійна: ...	Нерівномірного руху

2. Визначте швидкість руху автомобіля (велосипедиста, пішохода) на обраному відрізку шляху. Яку швидкість ви визначили?

3.* Спробуйте зробити фотографії — «портрети» видів руху. Ці «портрети» будуть слугувати наочністю під час вивчення наступних розділів.

4. Зверніться до народних прикмет та складіть передбачення стану довкілля на найближчі дні і місяці. Відмітьте у прикметах народні знання про механічний рух у природі.

ЗАДАЧІ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Трактор рухається по ґрунту. Як переміщуються відносно ґрунту верхня і нижня частини гусениць трактора?

2. Хлопчик спостерігав за роботою лісоруба, який працював на відстані 680 м від нього. Звук від удару сокири по дереву хлопчик почув через 2 с Визначте за цими даними швидкість звуку в повітрі.

3. Відстань 60 км заєць-русак пробігає за 1 год, а вовк — за 1 год 20 хв. Визначте і порівняйте швидкості тварин.

4. Найбільш швидкохідна тварина-ссавець — гепард. На коротких дистанціях він може розвивати швидкість 112 км/год. Порівняйте швидкість гепарда з швидкістю автомобіля, що дорівнює 30 м/с.

5. Перша космічна швидкість (швидкість, яку повинне мати тіло, щоб стати штучним супутником Землі) дорівнює 8 км/с. Яку відстань пройде за 1 хв. ракета, що летить з такою швидкістю?

6. Моторний човен за перші 5 хв. руху пройшов 2 км, за наступні 12 хв — 5,5 км і за останні 3 хв — 900 м. Чи можна назвати рух човна рівномірним? Визначте середню швидкість його за весь час руху,

7. Усі крупинки точильного каменя рухаються разом з ним по колу. Та як тільки крупинка відривається від каменя, її рух стає прямолінійним. Чому?

УЗАГАЛЬНІТЬ ВИВЧЕНЕ

1. Доведіть, що механічний рух — це один з видів руху матерії.

2. Охарактеризуйте умови, при яких можливо визначити положення тіла у просторі.

3. Охарактеризуйте рівномірний прямолінійний рух, закон зміни його шляху та накресліть графіки шляху та швидкості за заданою учителем або обраною самостійно швидкістю тіла.

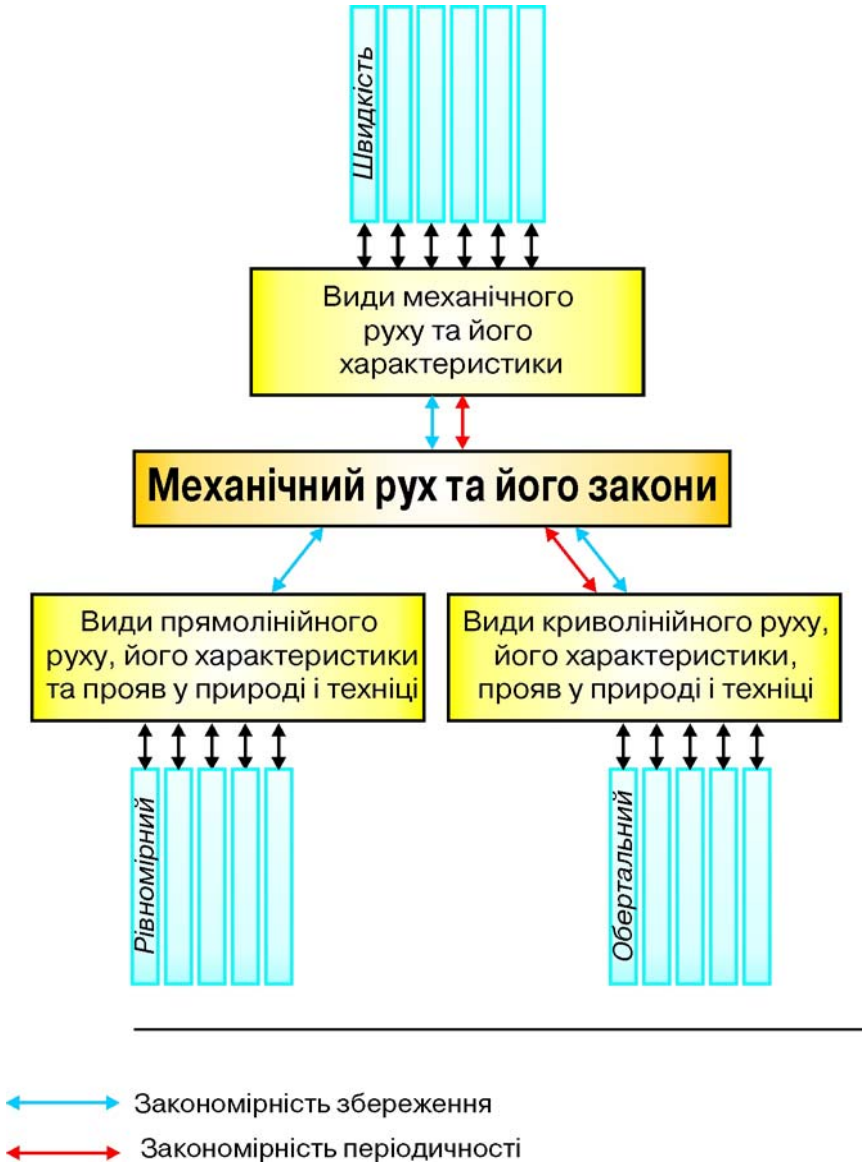
4. Що таке середня швидкість? Чи можливо накреслити графік шляху тіла за середньою швидкістю і часом його руху?

5. Назвіть обертальні рухи у природі та охарактеризуйте рух тіла по колу, його відмінність від прямолінійного руху.

6. Коливальний рух, його характеристики та прояв у природі.

7.* Як у механічних явищах проявляється закономірність збереження та періодичності процесів? Як механічні явища включите у свій образ природи?

8.* Складіть структурно-логічну схему (СЛС) узагальнення знань з теми. Для встановлення зв'язку між елементами знань використайте закономірність збереження та повторюваності процесів у природі. Варіант СЛС до розділу подано на *мал. 49*.



Мал. 49. Варіант структурно-логічної схеми до розділу «Механічний рух»



Розділ III

ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА









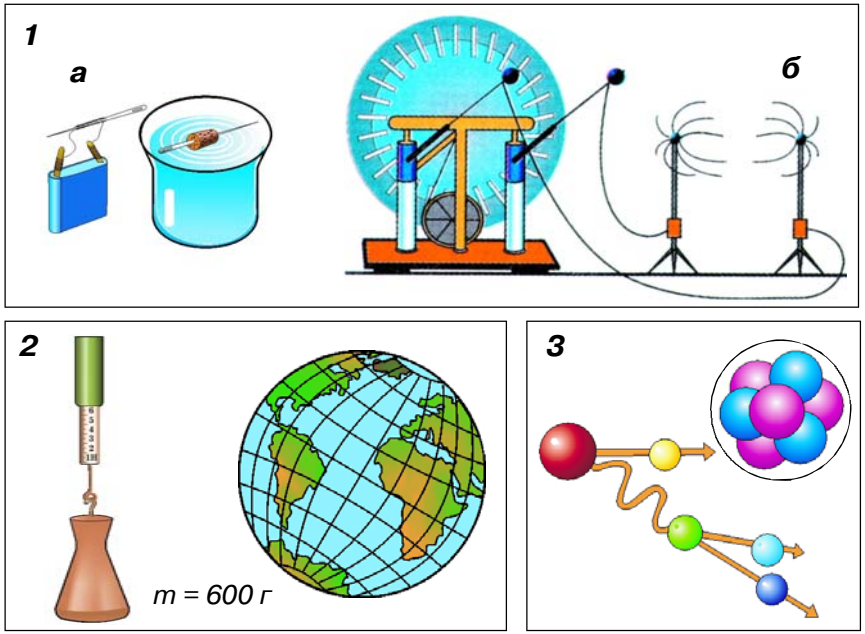
Засвоївши зміст цього розділу, ви зможете розв'язувати різноманітні задачі, використовуючи поняття взаємодія тіл, сила, сила тяжіння, вага, сила тиску, сила пружності, виштовхувальна сила, засвоїти закономірності прояву названих сил.

Відомий французький математик Ж. Фур'є казав: «Мої слова математично правильні». Ваші судження стосовно діючих у природі, техніці сил будуть об'єктивні, відповідатимуть законам природи. Бо математика – мова природи.

§25. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА — МІРА ВЗАЄМОДІЇ

Сили та взаємодії у природі. Ми розглядали матеріальний світ, його структурні рівні у просторі й часі як сукупність окремих об'єктів, систем. Тепер ми приступимо до найголовнішого — пошуку відповіді на запитання: як і чому відбуваються зміни у світі?

З курсу природознавства ви вже знаєте, що неможливо вказати нерухомі у просторі або незмінні в часі об'єкти. Рухаються електрони навколо атомних ядер. Коливаються або переміщаються, залежно від агрегатного стану, частинки, з яких складаються тіла. Рухається вода у водоймах, повітря в атмосфері, земна кора. Рухається наша Земля і ми разом із нею, Сонячна система та наша Галактика. Світло зір поширюється з величезною швидкістю (300 000 км/с).



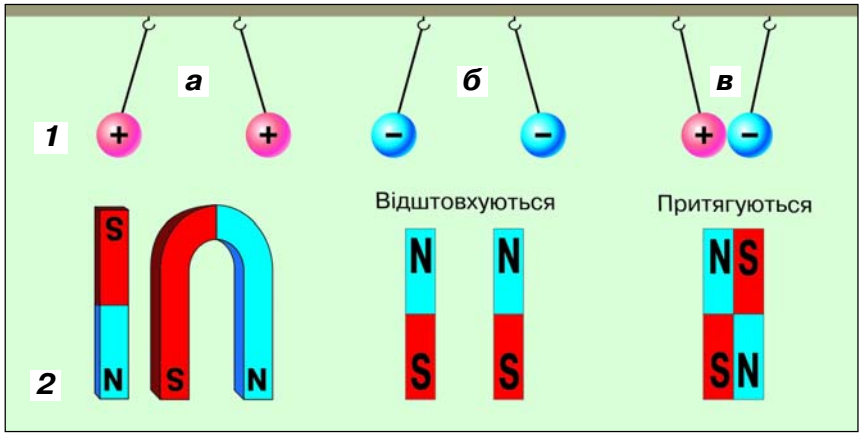
Мал. 50. Приклади прояву взаємодій у природі: 1 — електромагнітна взаємодія; 2 — гравітаційна взаємодія; 3 — взаємодії у мікросвіті

У матеріальному світі під дією різноманітних сил відбуваються зміни. Краплини води під час дощу падають униз, річки течуть до моря, льодовики сповзають з гір — це прояви сили тяжіння, яка притягує тіла до Землі. Місяць обертається навколо Землі, Земля — навколо Сонця, Сонячна система — навколо центра нашої Галактики — це прояви сили всесвітнього тяжіння. Про ці та деякі інші сили (*мал. 50; 51*) ви вже маєте уявлення з курсу природознавства.

Ще стародавні греки помітили, що бурштин, натертий хутром чи вовною, притягує до себе легкі ворсинки, пух та інші тіла. Це явище назвали *електризацією*. Тіло, яке після натирання притягує до себе інші тіла, називають *наелектризованим*, або кажуть, що йому надано *електричного заряду*.

Електричні заряди бувають позитивні й негативні.

Заряджені тіла взаємодіють. *Різнойменно заряджені тіла притягуються, а однойменно заряджені — відштовхуються* (*мал. 51, 1*). Позитивні заряди позначають символом «+» (плюс), негативні — символом «−» (мінус). Навколо заряджених тіл існує електричне поле, завдяки якому вони взаємодіють.



Мал. 51. 1 — взаємодія заряджених тіл (тіла заряджені: а — позитивно, б — негативно, в — позитивно і негативно); 2 — магніти та їх взаємодія

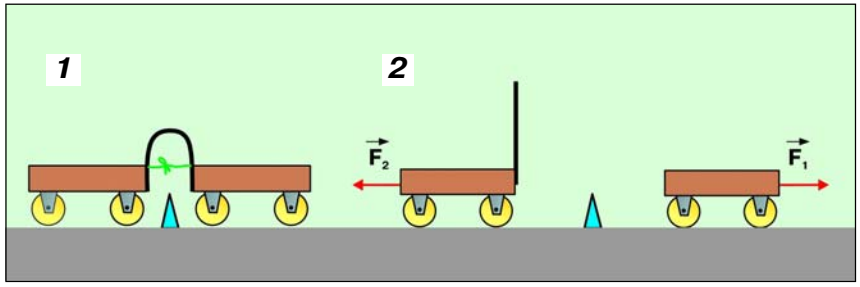
Тіла можуть взаємодіяти також завдяки магнітному полю, що існує навколо магніту. У різноманітних приладах використовуються штучні магніти. Їх виготовляють, намагнічуючи, наприклад, сталеві тіла відповідної форми електричним струмом. Кожен магніт має два полюси: північний (*N*) і південний (*S*) (*мал. 51, 2*). На полюсах дія магніту виявляється найсильніше.

Під час взаємодії магніти з різнойменними полюсами притягуються, з однойменними — відштовхуються (мал. 51, 2). Магніт діє на сталеві й залізні предмети. Постійні магніти застосовуються у мікрофонах, телефонах, магнітофонах, дзвінках, електромузичних інструментах, автомобільному та авіаційному обладнанні.

Можливо, ви подумали, що сил надто багато. Це сила тиску, виштовхувальна сила, сила міжмолекулярної взаємодії... Але багато різних сил можна об'єднати на основі видів взаємодій, під час яких вони виникають (*мал. 50; 51*).

Усі сили, пов'язані з проявами сили всесвітнього тяжіння, породжуються *гравітаційними взаємодіями*. Сила тиску, сила міжмолекулярної взаємодії породжуються *електромагнітними взаємодіями*.

Взаємодії у мікросвіті ви будете вивчати пізніше. Наприклад, сильна взаємодія обумовлює зв'язок частинок у ядрі атома, взаємодія у мікросвіті призводить до розпаду деяких елементарних частинок (*мал. 50, 3*).



Мал. 52. Під час взаємодії тіл змінюється їх швидкість

Взаємодія у фізиці — це взаємний вплив тіл або частинок, що викликає зміну стану їх руху.

Цікавим є факт, що взаємодії проявляють себе порізному на різних відстанях. Так, гравітаційні й електромагнітні мають безмежний радіус дії, тоді як ядерні проявляються на дуже малих відстанях.

Сила — міра взаємодії тіл. Виникнення всіх сил, що проявляються в природі, пояснюється чотирма видами взаємодій. З розглянутого нижче досліду можна зробити висновок, що сила — причина зміни швидкості за величиною чи напрямом, а також *зміни форми тіла*.

Матеріальний світ є цілісною системою, між елементами якої існує взаємодія. Мірою взаємодії є сила.

Проведемо дослід. Поставимо на стіл візок, до якого прикріпимо пружну пластинку. Зігнемо її і зв'яжемо ниткою. Перепалимо нитку — пластинка розпрямиться. Візок залишиться нерухомим відносно стола.

Знову зігнемо пластинку і зв'яжемо її ниткою. Упритул до першого візка поставимо другий (*мал. 52, 1*). Перепаливши нитку, побачимо, що візки відкотилися від початкового положення на однакову відстань (*мал. 52, 2*). Унаслідок взаємодії візків виникла сила, під дією якої візки змінили стан спокою — набули швидкості. Під час взаємодії тіл сили, з якими одне тіло діє на друге, рівні за величиною і протилежні за напрямом.

З *мал. 52* видно, що для характеристики сили необхідно знати її числове значення, напрям дії і точку прикладання. На малюнку сила позначена символом *F* (еф). Стрілочка над символом *F* означає, що сила — величина векторна.

Звернімося ще до досліду (*мал. 52*). Сильніше зігнемо пластинку, поставимо візки, як показано на *мал. 52*, 1, і перепалимо нитку. Унаслідок взаємодії візки будуть рухатися з більшою швидкістю, ніж

перший раз, відкотяться від початкового положення на більшу відстань. Це спостерігається тому, що візки взаємодіють з більшою силою. Отже, сила — міра взаємодії тіл.

У СІ за одиницю сили прийнято 1 ньютон (Н). Це сила, яка за 1 с змінює швидкість тіла масою 1 кг на 1 м/с. На практиці застосовуються також кілоньютони, міліньютони та інші кратні і частинні одиниці (1 кН = 1 000 Н, 1 мН = 0,001 Н).

Силу можна вимірювати приладом, який називають динамометром. Дія динамометра заснована на дії сили пружності під час деформації пружини приладу.

У навколишньому світі системи взаємодіють між собою, що приводить до зміни їх стану, утворення нових систем. Сили, що діють у природі, зводяться до чотирьох типів взаємодій: гравітаційних, електромагнітних, сильних та слабких. Сила — величина векторна, вона характеризується числовим значенням, напрямом дії та точкою прикладання. У СІ сила вимірюється в ньютонах (Н).

1. Що таке сила? **2.** Наведи 3—4 приклади прояву дії сил у природі. **3.** У яких одиницях та яким приладом вимірюється сила?

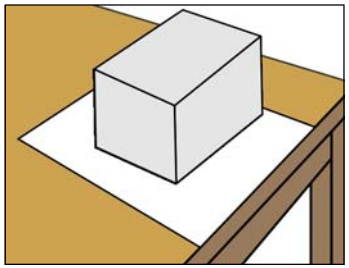
? **1.** Які із взаємодій найчастіше зустрічаються у макросвіті? Доведи на конкретних прикладах. **2.** Наведіть приклади на підтвердження того, що під час взаємодії тіл сили, з якими одне тіло діє на друге, рівні за величиною і протилежні за напрямом. **3.** Прочитайте наведений нижче вислів Піфагора. Спробуйте аргументувати його, використавши матеріал параграфа.

Зведення множини до єдиного — у цьому першооснова краси.

Піфагор

§26. ІНЕРЦІЯ. МАСА ЯК МІРА ІНЕРТНОСТІ ТІЛ

Проведемо дослід. Для цього покладемо на стіл аркуш паперу, а на нього дерев'яний брусок (*мал. 56*). Різко смикнемо за аркуш. Він висмикнеться, а брусок залишиться на столі. Цей дослід повторимо декілька разів із брусками різної маси. Побачимо, що чим менша маса бруска, тим папір висмикнути важче, бо брусок рухається разом з листком.



Мал. 56. До досліду з інертності тіла

Закріпимо у штативі тонку пружну металеву пластинку. Поставимо штатив на стіл і, відхиливши пластинку на певний кут, штовхнемо нею кульку. Кулька відкотиться від початкового положення на певну відстань. Повторимо дослід з кулькою більшої маси. Вона відкотиться на меншу відстань.

В обох випадках кульки не спиняються після припинення дії сили, а продовжують рух.

З проведених дослідів можна зробити наступні висновки:

1. Для зміни стану тіла потрібно на нього подіяти силою.
2. Якщо сила не діє, стан тіла не зміниться.
3. Тіло не може змінити свій стан спокою чи руху миттєво. Явище збереження швидкості тілом при відсутності на нього інших тіл називається *інерцією*. Властивість тіл змінювати свою швидкість під дією інших тіл не миттєво, а в певний проміжок часу називають *інертністю*.

Інертність — це властивість всіх тіл. Тіла з великою масою мають велику інертність, а тіла з малою масою — малу інертність. З інертністю тіл пов'язане явище інерції.

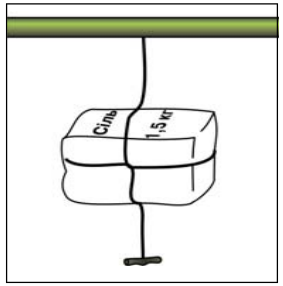
Для того, щоб зрушити тіло з місця, потрібно подіяти на нього силою. Потрібно враховувати інертність тіла, яке зберігає стан спокою. При раптовому гальмуванні доводиться враховувати інертність тіла, яке «намагається» продовжити рух із тією ж швидкістю у тому ж напрямку, тобто зберегти стан руху.

Чим більша маса тіла, тим більшу силу потрібно прикласти, щоб вивести його із стану спокою або змінити його швидкість на однакову величину за рівні проміжки часу.

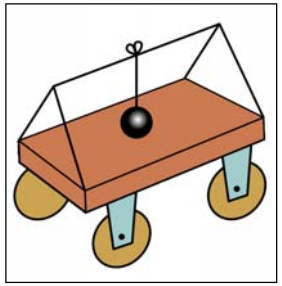
Явище інерції полягає в тому, що будь-яке тіло зберігає свій стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, поки якась взаємодія не виведе його з цього стану. Інертність — властивість всіх тіл. Вона полягає в тому, що в процесі взаємодії тіло змінює свою швидкість не миттєво, а за певний проміжок часу. Мірою інертності тіла є його маса.

1. Що таке інерція? **2.** Наведіть приклади прояву інерції в природі і побуті. **3.** Що таке інертність? **4.** Наведіть приклади, які підтверджують, що маса — міра інертності. **5.** Чому на поворотах шофер, мотоцикліст, велосипедист зменшують швидкість руху?

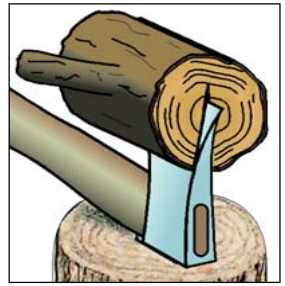
? **1.** Чому розбилась фарфорова тарілка, що впала на підлогу? **2.** На *мал. 57* ви бачите вантаж, який висить на мотузці. Де порветься мотузка, коли повільно тягти її за вільний кінець вниз? Те ж саме при різкому ривку мотузки? Чому? **3.** На візочку підвішена на нитці кулька (*мал. 58*). Як буде рухатись кулька, якщо: а) візок штовхнути; б) візок рухається прямолінійно із постійною швидкістю; в) візок наїхав на перешкоду; г) повернув праворуч; д) рухається по колу? 4. Щоб розколоти сокирою поліно, людина вдарила так, як показано на *мал. 59*. Чому вона вдарила об опору не поліном, а сокирою?



Мал. 57



Мал. 58



Мал. 59

1. До стелі вагона, який рівномірно рухається, підвішена куля. Як зміниться положення кулі, якщо вагон збільшить швидкість руху, зменшить чи раптом зупиниться? **2.** З якою метою в торець ручки молотка чи сокири забивають клин?

§27. МАСА ТІЛА

Фізичний зміст маси. Чи залежить маса тіла від розмірів тіла? Не завжди. У тіла з пінопласту великого об'єму маса може бути менша, ніж у каменя значно меншого об'єму (*мал. 60*). Від чого ж залежить маса тіла?

Ви знаєте, що всі тіла притягуються до Землі. Вони притягуються також до зір, планет та інших тіл. Земля



Мал. 60. У якого тіла маса більша?



Мал. 61. Земля притягує тіла

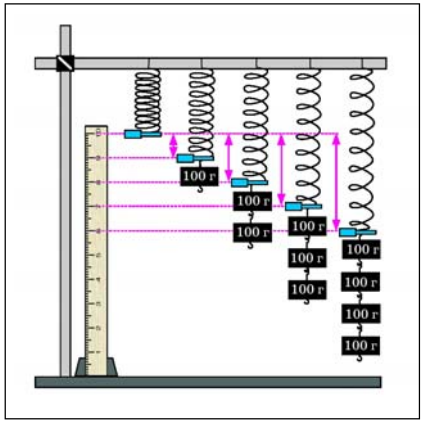
серед цих тіл найближче і її розміри дуже великі. З цієї причини притягання тіл, що нас оточують, до Землі є найбільш відчутним та важливим. Своїм притяганням Земля утримує всі тіла біля себе (*мал. 61*).

Перевіримо, чи з однаковою силою Земля притягує до себе різні за розмірами тіла з однакової речовини. Проведемо такий дослід. На пружині підвісимо тягарець (*мал. 62*). Він розтягне пружину на певну відстань. Це можна побачити за допомогою лінійки (Л). Підвісимо ще один такий же тягарець. Розтяг збільшиться вдвічі. Підвісимо 4 тягарці — розтяг пружини збільшиться в 4 рази. Отже, 4 тягарці притягуються до Землі із силою більшою, ніж 1 тягарець. Маса 4 тягарців у 4 рази більша, ніж маса одного тягарця. Таким чином, *маса тіла є мірою його гравітаційної взаємодії із Землею*. Сонце, інші планети, зорі теж впливають на тіло, але вони далеко, тому їхнім притяганням можна знехтувати при визначенні маси тіла. З досліду за *мал. 62* можна зробити висновок, що *маса тіла дорівнює масі частин, з яких воно складається*.

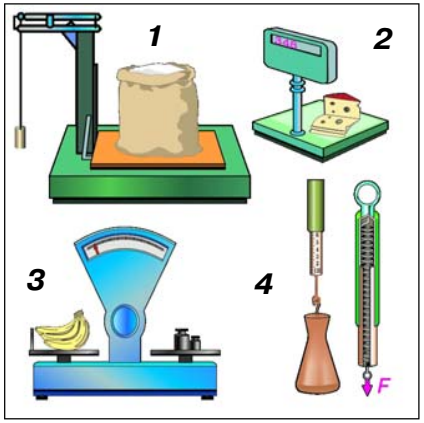
Для вимірювання маси найчастіше використовують зважування. Пристрої, що для цього використовуються, називаються терезами. Вони бувають різних конструкцій (*мал. 63*). Терези, зображені на *мал. 63, 1—3*, відносять до важільних, а на *мал. 63, 4* — до пружинних.

Одиницею маси в СІ є 1 кілограм (1 кг). Існують також кратні та частинні одиниці маси: 1 тонна = 1 000 кг, 1 грам (г) = 0,001 кг, міліграм (1 мг = 0,001 г) та інші. Маса позначається символом m (ем).

Зважуючи тіло на пружинних або важільних терезах, ми використовуємо його здатність проявляти гравітаційні властивості.



Мал. 62. Маса — міра гравітаційних властивостей тіла



Мал. 63. Терези важільні (1 — десяткові; 2 — електронні; 3 — настільні торговельні) та пружинні (4)

Для допитливих

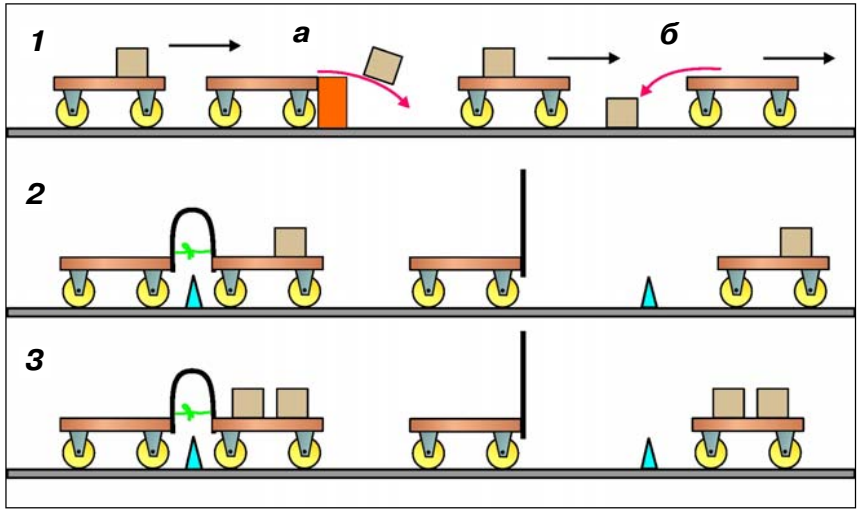
Ще про масу тіла

Маса — міра не тільки гравітаційних властивостей тіла. Проведемо дослід. На візок покладемо дерев'яний брусок. Примусимо візок, на якому лежить дерев'яний брусок, котитися до зіткнення з масивною перешкодою на його шляху (*мал. 64, 1 а*). Побачимо, що у момент зіткнення брусок продовжуватиме рухатися. Чому це відбувається? Причиною є те, що *кожне тіло має властивість зберігати стан руху*.

Проведемо інший дослід (*мал. 64, 1, б*). Покладемо брусок на візок і різко смикнемо за мотузку, прив'язану до візка. Побачимо, що візок поїхав, а брусок залишився на місці і впав. Отже, тіла мають властивість *зберігати стан спокою*.

Явище збереження тілами стану спокою або руху при відсутності дії на них сил називають інерцією.

Чи однаково проявляється інерція у тіл різної маси? Проведемо такий дослід. Візьмемо два однакових візки



Мал. 64. Спостереження прояву явища інерції

і встановимо між ними пружну пластину, перев'язану ниткою (*мал. 64, 2*).

На один із візків покладемо брусок і перепалимо нитку, що тримає пружну пластину зігнутою. Візки відкотяться від мітки на різну відстань. Покладемо на той самий візок ще один брусок і знову перепалимо нитку (мал. 64, 3). Цей візок відкотиться ще на меншу відстань.

Під час взаємодії тіла різної маси по-різному змінюють швидкість. Чим більша маса тіла, що взаємодіє, тим менша зміна його швидкості. Властивість тіл змінювати свою швидкість не миттєво, а за деякий проміжок часу називається інертністю. З досліду бачимо, що чим більша маса тіла, тим більша його інертність. Таким чином, *маса — міра інертних властивостей тіла (міра інертності тіла)*.

Досліди вчених довели, що маса тіла, визначена як міра інертних властивостей тіла і як міра його гравітаційних властивостей, однакова.

ВИМІРЮВАННЯ МАСИ ТІЛА МЕТОДОМ ЗВАЖУВАННЯ
Лабораторна робота № 6

Мета роботи: навчитися користуватися важільними терезами (*мал. 65*) і визначати масу різних тіл.

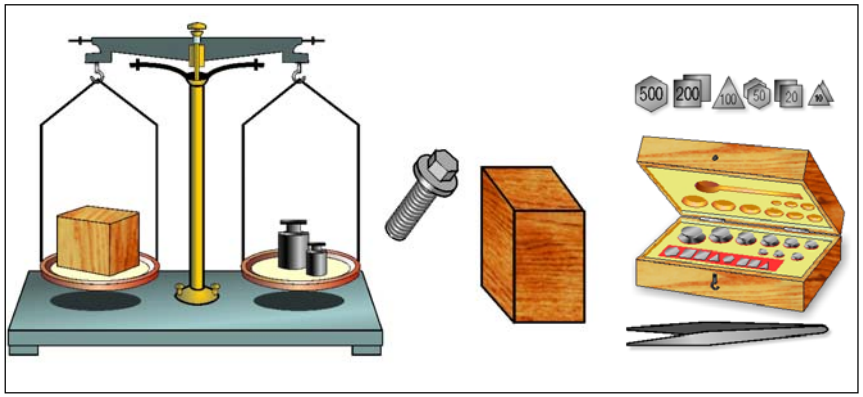
Прилади і матеріали: терези, набір тягарців, тіла різної маси (брусок, болт тощо).

Хід роботи

1. Зрівноважте терези за допомогою клаптиків паперу.
2. Визначте масу різних тіл.
3. Дані занесіть у таблицю.

№	Тіло	Маса
1		
2		
3		

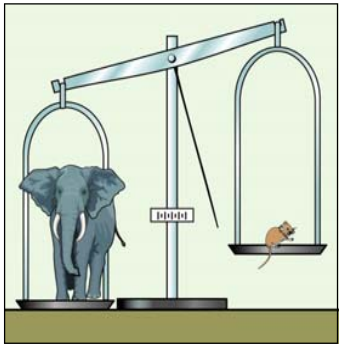
У висновку порівняйте маси тіл та вкажіть причину різниці у значеннях їхніх мас.



Мал. 65. Терези важільні та набір важків, тіла різної маси



Мал. 66. Автомобілі різної маси



Мал. 67. Тіла різної маси

Маса — фізична величина, що є мірою гравітаційних властивостей тіла. Маса вимірюється в кілограмах, кратних та частинних одиницях.

1. Що таке маса тіла? **2.** За допомогою яких пристроїв визначають масу? **3.** У яких одиницях вимірюється маса? **4.** Вирази в кг такі маси: 2 т; 3,2 т; 0,2 т; 320 г; 2 г; 130 мг; 2 мг. **5.** Учень визначав масу тіла за допомогою терезів. Для цього на одну шальку терезів він поклав тіло, а на другу поставив гирі: одну — 100 г, дві — по 20 г, по одній — 50 мг і 10 мг. Яка маса тіла? Якою властивістю маси тіла ви користувалися, розв'язуючи задачу?

? **1.** У якого автомобіля шлях гальмування більший, якщо перед початком гальмування їх швидкості однакові (мал. 66)? Чому? **2.** Чим пояснити значний гальмівний шлях поїзда (700 м) порівняно з легковим автомобілем? **3.** Наведіть приклади прояву гравітаційних та інертних властивостей тіла. **4.** У скільки разів маса слона (m_1 = 5 т) більша (мал. 67) за масу землерийки (m_2 = 3 г)? 5. Для чого водій і пасажири автомобіля при русі повинні використовувати паски безпеки?

§28. ГУСТИНА РЕЧОВИНИ

Густина речовини. Однією з найважливіших характеристик тіла є маса. Її можна отримати за допомогою зважування на терезах. Якщо виготовити з різних матеріалів тіла однакового об'єму і зважити їх, то можна помітити, що їх маса є різною. Це визначається особливостями внутрішньої будови тих речовин, із яких складаються ці тіла.

Масу тіла можна визначити, знаючи його об'єм і *густину*. *Густиною речовини називається фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню маси тіла до його об'єму*. Позначається густина грецькою буквою р («ро»). Одиницею густини в СІ є кг/м^3. Часто використовують таку одиницю густини, як г/см^3. Щоб визначити густину тіла, потрібно його масу поділити на об'єм:

$$\rho = m/V.$$

Знаючи густину льоду, можна знайти масу крижини, що плаває у воді. Один кубічний метр льоду має масу 900 кг, тобто густина льоду — 900 кг/м^3.

Помноживши густину льоду на об'єм крижини, отримаємо її масу. Дані про густину льоду та інших речовин містяться в *таблиці 5* або у спеціальних довідниках. Ви можете визначити густину речовини твердого тіла самостійно. Для цього треба взяти брусок, наприклад, з алюмінію або заліза, виміряти його об'єм і зважити на терезах. Потім масу належить поділити на об'єм і отримати густину речовини.

Одна і та ж речовина в різних агрегатних станах має неоднакову густину. Так, густина води — 1 000 кг/м^3, льоду — 900 кг/м^3. Різні речовини можуть значно відрізнятися за густиною. Наприклад, порівняно з водою залізо має майже у 8 разів більшу густину (7800 кг/м^3).

Таблиця 5

Густина, кг/м³		*Густина, кг/м³*	
Гази при t = 0 °С, P = 10^5 Па		**Рідини**	
Азот	1,25	Бензин (20 °С)	720
Водень	0,0899	Вода	1000
Повітря без вологи	1,29	Олія рослинна (20 °С)	940
Гелій	0,178	Ртуть	13600
Кисень	1,43		
Вуглекислий газ	1,98		
Неон	0,899		
Хлор	3,21		
Метали при t = 20 °С		**Тверді тіла при t = 20 °С**	
Алюміній	2700	Алмаз	3520
Залізо	7870	Береза	880
Золото	19300	Бетон	1800—2800
Літій	534	Граніт	2500—3000
Мідь	8960	Графіт	2260
Нікель	8900	Дуб	1020
Олово	7300	Кварц	2600
Платина	21500	Кістка	1700—2000
Свинець	11400	Лід (0°С)	900
Срібло	10500	Мармур	2700
Сталь	7600—7900	Сіль кухонна	2160
Уран	19000	Сосна	860
Цинк	7140	Порцеляна	2400

У різних агрегатних станах речовини мають різні густину та інші фізичні властивості. Густиною називають фізичну величину, яка чисельно дорівнює відношенню маси тіла до його об'єму.

1. Що таке густина? **2.** В яких одиницях вимірюється густина? **3.** Чому у різних речовин густина різна? **4.** Визнач масу олії у повному бідоні об'ємом 20 л (1 л = 1 дм³). **5.** Як до пояснення агрегатних перетворень речовини застосувати закон збереження маси речовини?

1. Маса алюмінієвої деталі 300 г, а об'єм — 200 см³. Чи є в цій деталі пустоти? **2.** Яку масу має чиста вода при 20 °С, якщо її об'єм 2 л? **3.** Визначте масу мідного дроту довжиною 5 м і площею поперечного перерізу S = 2 мм². **4.** Стальна деталь машини має масу 4,5 кг. Який об'єм деталі?

§29. ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ РЕЧОВИНИ (ТВЕРДИХ ТІЛ І РІДИН)

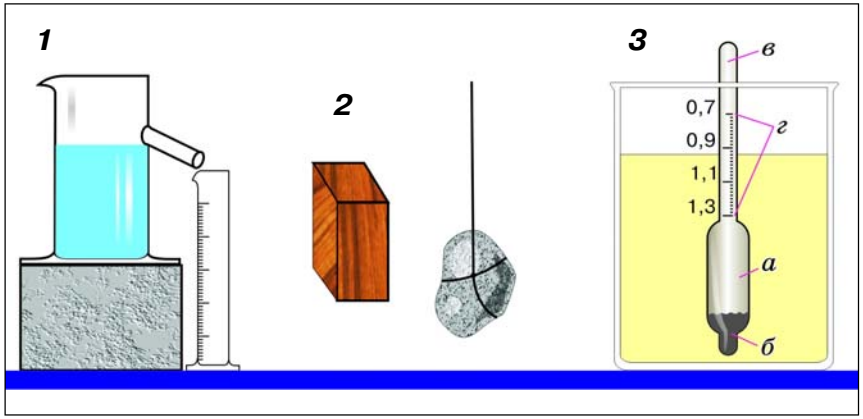
Лабораторна робота № 7

Мета: навчитися визначати густину твердих тіл і рідин за допомогою вимірювальних приладів.

Прилади і матеріали: набір твердих тіл; посудина з рідиною; терези з важками; мірний циліндр; лінійка (ціна поділки шкали — 1 мм); відливна посудина; ареометр (якщо можливо).

Хід роботи

1. Визначте об'єм бруска та зважте його. Визначте густину матеріалу, з якого зроблено брусок. За *таблицею 5* зробіть припущення про матеріал, із якого виготовлено брусок.



Мал. 68. Обладнання для визначення густини тіла: 1 — відливна посудина з рідиною і мірний циліндр; 2 — тіла різної форми; 3 — ареометр

2. Візьміть тіло неправильної форми (*мал. 68, 2*). За допомогою відливної посудини та мірного циліндра (*мал. 68, 1*) визначте його об'єм. Зважте тіло та знайдіть його густину.

3. За допомогою терезів визначте масу порожнього мірного циліндра. Налийте в нього рідину з невідомою густиною і визначте її об'єм. Зважте мірний циліндр разом із рідиною. Масу рідини визначте як різницю мас порожнього і наповненого рідиною мірного циліндра. За формулою густини визначте густину рідини.

Знайдіть густину рідини за допомогою ареометра (за його наявності). Порівняйте покази ареометра та дані розрахунків.

Зробіть висновок.

§30. СИЛА ПРУЖНОСТІ. ЗАКОН ГУКА

Під дією сил тіло може змінити свій стан спокою чи руху або зазнати деформації. *Деформація — це зміна форми або об'єму тіла під дією зовнішніх сил*. Причини

її — зміщення частинок тіла одної відносно іншої або зміна середньої відстані між частинками. Деформації бувають пружні і пластичні.

Якщо після припинення дії зовнішніх сил деформація зникає, то її називають *пружною*, якщо ж деформація залишається — *пластичною*. В залежності від величини діючої сили тіло може проявити як пружність так і пластичність.

З пружною деформацією ви вже зустрічалися під час вивчення коливань. Саме під дією сили пружності коливається кулька (*мал. 45*). З мал. 45 видно, що коли пружина розтягнута, то сила пружності напрямлена так, що пружина знову стискається. Якщо пружина стиснена, то сила пружності намагається розтягнути пружину. Взагалі, сила пружності — це сила, яка відновлює той стан тіла, який був до його деформації.

Відновлюючі сили виникають не тільки під час розтягування і стискання тіл. Вони виникають також, коли тіла згинають або скручують. Розтяг, стиск, зсув, згин, кручення тіл — це *види деформації*. При деформації, якщо вона невелика порівняно з розмірами тіла, виникає сила пружності, яка повертає тіло до того стану, в якому воно було до деформації.

Ми розглянемо сили пружності, які виникають під час деформації розтягу або стиску.

Виникнення сили пружності пояснюється на основі будови речовини. Всі тіла складаються з частинок: атомів або молекул, які взаємодіють між собою. Природа цієї взаємодії — електромагнітна. У взаємодію вступають ядра і електрони атомів, що входять до складу речовини.

При розтягуванні тіла відстань між частинками збільшується, а при стисненні — зменшується. Якщо відстані між частинками збільшуються, переважають сили притягання. У випадку зменшення відстаней між частинками, переважатимуть *сили відштовхування*.

Тому під час деформації виникають сили пружності які намагаються повернути тіло у попередній стан. Сила пружності тим більша, чим більша величина деформації.

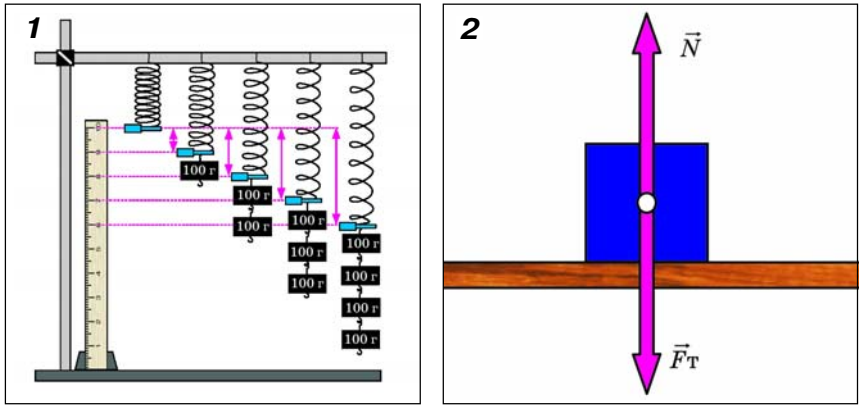
Проведемо дослід із розтягування пружини. Розгляньте *мал. 69, 1*. Сила пружності збільшується пропорційно до сили тяжіння. У випадку пружних деформацій при збільшенні модуля деформуючої сиди (F) пропорційно зростає і величина деформації (x). Між модулем сили пружності і величиною деформації x спостерігається *прямо пропорційна залежність*:

$$F_{пр} = k \cdot x.$$

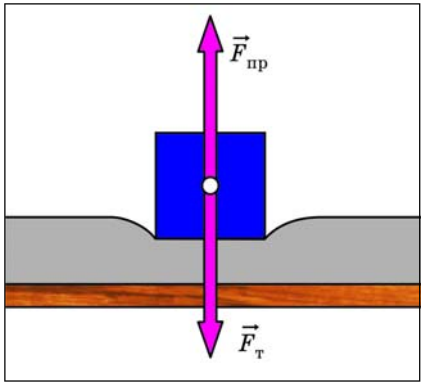
Модуль сили пружності прямопропорційний величині деформації. Напрям сили пружності протилежний деформуючій силі. Це закон був відкритий англійським фізиком Робертом Гуком (1635—1703).

Коефіцієнт пропорційності k має назву жорсткість тіла (пружини). Вона визначає величину сили пружності яка виникає при зміні розмірів тіла на одиницю довжини. Одиницею жорсткості у СІ є 1 Н/м.

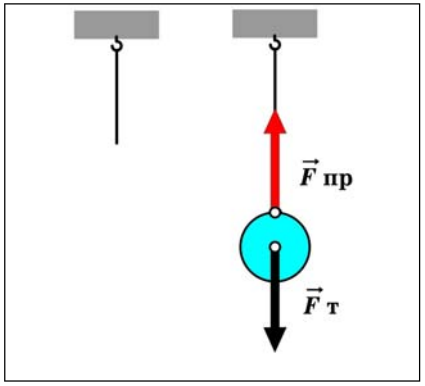
Коли ми кладемо вантаж на стіл, він під дією сили тяжіння тисне на нього. При цьому зміщуються



Мал. 69. Дія сили пружності: 1 — поступове розтягування пружини, 2 — вантаж на столі перебуває у спокої



Мал. 70. Деформація опори



Мал. 71. Деформація підвісу

частинки, з яких складається частина стола, що дотикається до вантажу. Стіл деформується, виникає сила пружності, напрямлена вгору, яка дорівнює силі тяжіння, що діє на вантаж. Тому вантаж на столі перебуває в спокої (*мал. 69, 2*). Силу пружності, яка діє на тіло з боку опори або підвісу, називають силою реакції опори .

Поклавши вантаж на підставку з м'якої гуми, помітимо деформацію гуми (*мал. 70*). Те ж саме можна сказати і про деформацію підвісу (*мал. 71*).

Важливою особливістю сили пружності є те, що вона направлена перпендикулярно до поверхні стикання тіл, а коли йдеться про такі тіла, як деформовані пружини, стиснуті або розтягнуті стержні, шнури, нитки, то сила пружності направлена вздовж їхніх осей.

Деформація — це зміна об'єму або форми тіла під дією зовнішньої сили. Модуль сили пружності прямо-пропорційний величині деформації. Напрям сили пружності протилежний деформуючій силі.

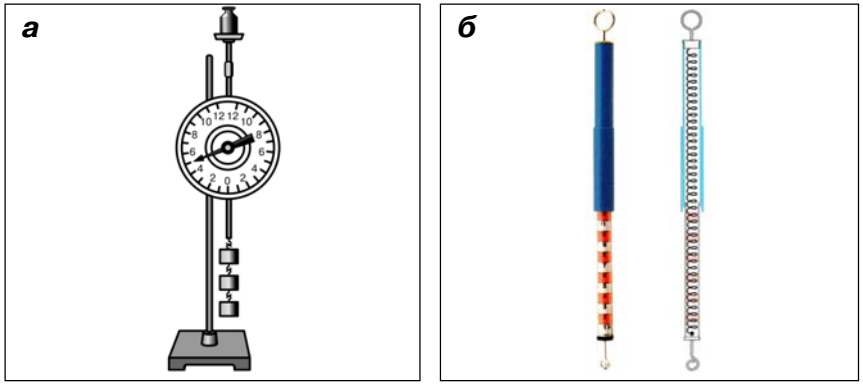
1. Що таке деформація? **2.** Які тіла називаються пружними? **3.** Які тіла називають пластичними? **4.** В чому полягає закон Гука? **5.** Що таке жорсткість пружини? **6.** Наведіть приклади різних деформацій тіла.

? 1. Яку силу приклали до пружини, якщо під її дією вона видовжилась на 14 см? Жорсткість пружини — 3 Н/см. **2.** Пружина у кульковій ручці має $k = 3$ Н/см. З якою силою кулька тисне на папір, якщо зміщення пружини 0,2 см? **3.** Пружина ресори автомобіля має жорсткість 24 Н/мм. Яка сила подіяла на колесо, якщо ресора деформувалась на 1, 2 см?

§31. ПРУЖИННІ ДИНАМОМЕТРИ

У більшості випадків вимірювання сил ґрунтується на застосуванні закону Гука. Для вимірювання використовують динамометр. Основною частиною динамометра є пружина. Матеріал пружини впливає на її жорсткість. В залежності від цього динамометри матимуть різну чутливість.

На *мал. 72* ви бачите демонстраційний динамометр та основні деталі ще одного типу динамометра — трубчатого.



Мал. 72. Динамометри:
а — демонстраційний; б — трубчастий (будова)

Для кращого ознайомлення з будовою та роботою динамометрів виконайте лабораторну роботу № 8.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІЛ

Лабораторна робота № 8

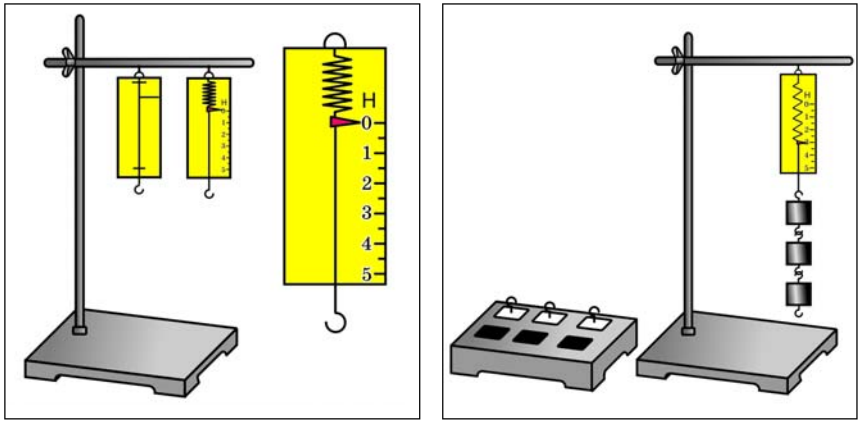
Мета: дослідити пружні властивості тіл, сконструювати динамометр.

Прилади і матеріали: динамометр без шкали або динамометр, у якого шкала закрита чистою смужкою паперу; набір тягарців масою по 102 г; штатив; набір деталей для конструювання динамометра (*мал. 73*).

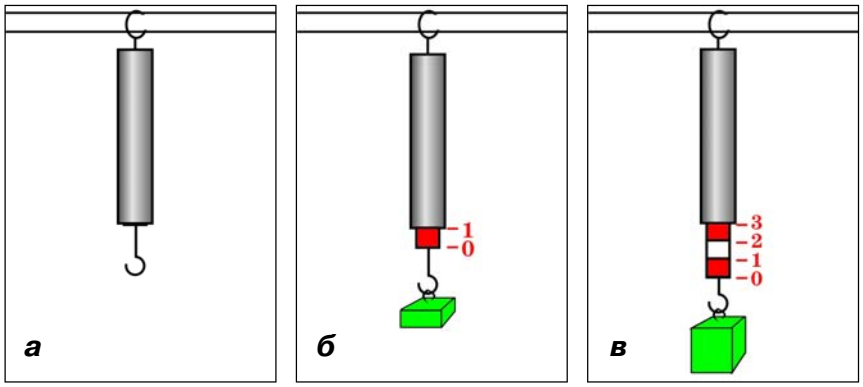
1. Підвісьте на штативі динамометр із закритою шкалою (*мал. 74*).
2. Прийміть до уваги, що сила тяжіння, яка діє на тіло масою 102 г, приблизно пропорційна силі в 1 Н.

Хід роботи

Підвішуйте до динамометра важки масою по 102 г і відмічайте проти покажчика динамометра 1 Н, 2 Н, 3 Н і т. д.



Мал. 73. Прилади до лабораторної роботи №8



Мал. 74. Градуювання динамометра

У фізичних кабінетах є важки масою по 100 г, їх потрібно переробити на важки масою в 102 г, прикріпивши до них пластинки або дротяні кільця масою по 2 г.

3. За допомогою лінійки нанесіть на шкалу поділки через 0,1 Н.

4. Зробіть висновки.

Дослідження довело, що принцип дії пружних динамометрів базується на законі Гука. Величина сили визначається за величиною деформації пружного тіла, яке є основним елементом динамометра.

1. Охарактеризуйте найпростіший динамометр. **2.** Який принцип дії динамометрів, основним елементом яких є пружне тіло? **3.** Яка похибка динамометра, сконструйованого вами?

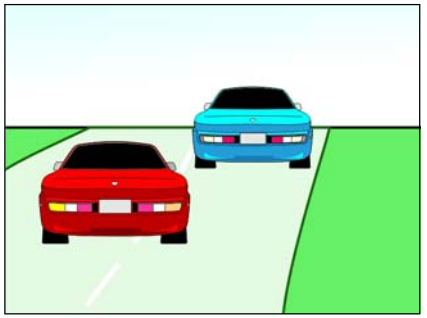
? **1.** Чи можна при конструюванні динамометра використати мідну пружину? **2.** Запропонуйте власну конструкцію динамометра.

§32. ГРАФІЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ СИЛ

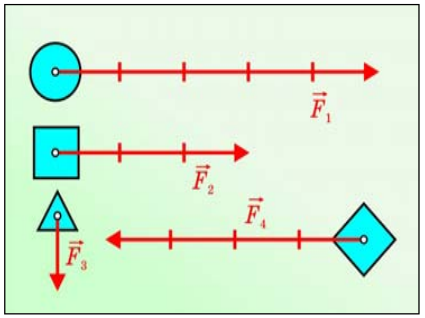
Термін «сила» вам знайомий з дитинства, а поняття «сила» ви вивчали в курсі природознавства та в курсі фізики, в тому числі і в попередніх параграфах. У попередніх параграфах ми розглядали зв'язок цього поняття з поняттям «взаємодія тіл» і прийшли до висновку, що сила не виникає сама по собі, вона є мірою взаємодії тіл. Сили, з якими тіла діють одне на друге, рівні за величиною, протилежні за напрямком і прикладені до різних тіл.

Уявимо, що водій одного з автомобілів змушений обігнати інший автомобіль. Для цього він примушує двигун свого автомобіля працювати інтенсивніше для збільшення швидкості руху. Збільшивши швидкість і змінивши напрям руху, він здійснює обгін (*мал. 75*). Ви спостерігали, як вітер, діючи з силою на дерева, викликав їх деформацію. Або як водій автомобіля, помітивши перешкоду, натиснув на гальма, автомобіль змінив свою швидкість. З наведених прикладів робимо висновок, що сила проявляє себе через дію. Завжди, коли змінюється стан тіла (руху чи спокою), на нього діє сила.

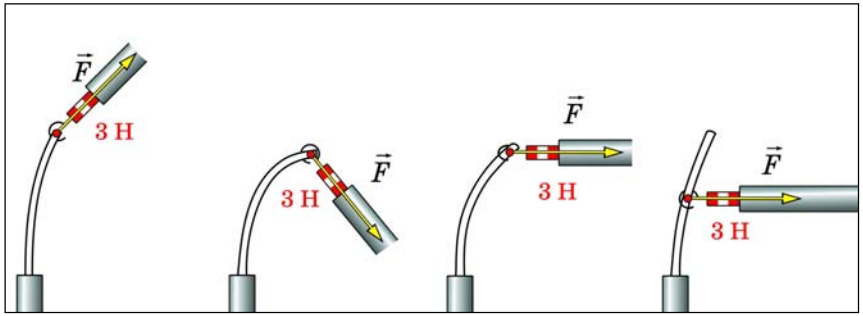
Проведемо дослід з пружною пластинкою, на якій зроблені отвори для закріплення динамометра. З *мал. 77* видно, що у всіх випадках величина сили однакова, проте



Мал. 75. Обгін автомобіля



Мал. 76. Зображення вектора сили



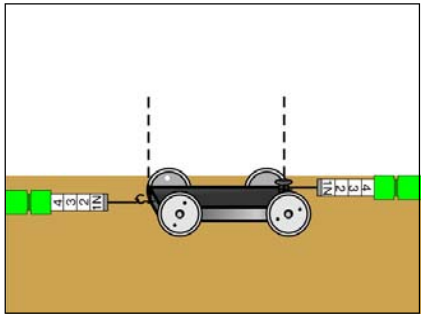
Мал. 77. Залежність величини деформації від напрямку дії сили та точки її прикладання

напрям і точка прикладання — різні. Через те дія сили на стержень різна. Можна зробити висновок, що результат дії сили залежить не тільки від її числового значення, а і від напряму дії та точки прикладання. Отже, сила — векторна величина, яка є мірою взаємодії тіл.

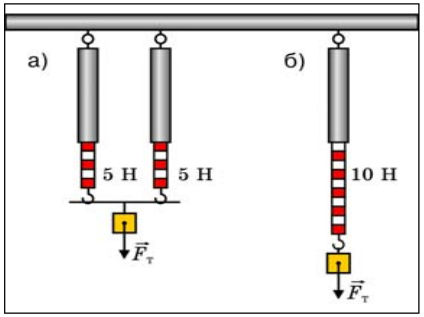
Позначають силу символом $\vec{F}$ (еф). Числове значення сили називають модулем і позначають символом F без стрілки. Числове значення сили вимірюють за допомогою динамометра (*мал. 77*). У СІ одиницею сили є один *ньютон* (1 Н). Це *сила, яка за 1 с змінює швидкість тіла масою 1кг на 1 м/с*. Є кратні і частинні одиниці сили — кілоньютон (кН), міліньютон (мН) та ін.

На малюнку силу зображують вектором (*мал. 76*). Довжина вектора у певному масштабі повинна відповідати модулю сили. Нехай масштаб 1 Н = 1 см. Тоді стрілочка довжиною 5 см відповідає силі 5 Н тощо (*мал. 76*). Напрям стрілки повинен відповідати напрямку дії сили, а початок стрілки — точці прикладання сили (*мал. 77*).

Сила — векторна величина, яка є мірою взаємодії тіл. Сила проявляє себе через дію. Одиницею сили у СІ є ньютон (Н). Сили характеризуються напрямом, величиною і точкою прикладання.



Мал. 78



Мал. 79. Дія сил в одному напрямку

1. Що таке сила? **2.** Яка одиниця сили у СІ? **3.** Які ви знаєте частинні і кратні одиниці сили? **4.** Сила — векторна величина. Що це означає? **5.** За *мал. 76* визначте модулі сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_3$, $\vec{F}_4$? **6.** На горизонтальній підставці знаходиться п'ять тіл: плитка шоколаду (100 г); пачка масла (200 г); коробка цукерок (500 г); пачка солі (1 кг). Вважаючи, що сила тяжіння, яка діє на тіло масою 100 г, приблизно рівна силі в 1 Н, схематично зобразіть ці тіла (аналогічно до $\vec{F}_1$ на *мал. 76*). Вкажіть напрям і модуль сили тяжіння. Масштаб: 1Н = 1 см. **7.** Вкажіть напрями та модулі прикладених до візка сил (*мал. 78*).

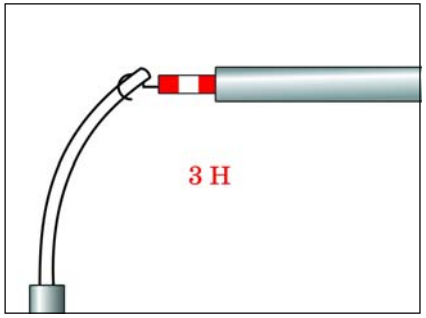
Чи можна до тіла прикласти силу так, щоб результат її дії дорівнював нулю?

§33. ДОДАВАННЯ СИЛ, РІВНОДІЙНА

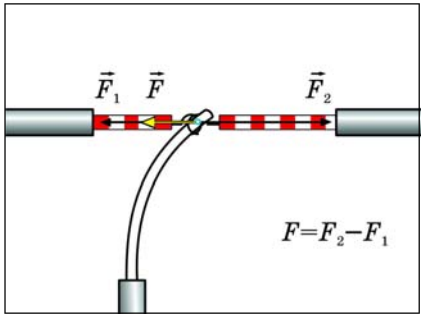
У природі дуже часто на тіло діють не одна, а декілька сил.

Проведемо такий дослід. Візьмемо брусок з відомою масою, наприклад, 1 кг. За допомогою динамометра побачимо, що сила тяжіння, яка діє на нього 10 Н (*мал. 79 б*).

Підвісимо цей же вантаж до двох динамометрів (мал. 79 а). Побачимо, що кожен із них покаже 5 Н.



Мал. 80. Деформация під дією сили 3 Н



Мал. 81. Деформація силами протилежного напрямку

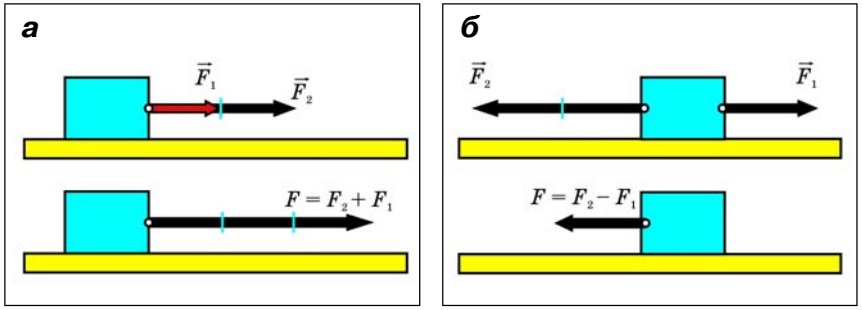
Отже, сили, які діють на тіло в одному напрямку, додаються.

Закріпимо вертикально пружну пластинку і за допомогою динамометра деформуємо її (*мал. 80*). Видно, що динамометр показує значення сили 3 Н. Прикріпимо до цієї ж пластинки у тій же точці два динамометри. Будемо діяти на пластинку з різними силами у протилежних напрямках (мал. 81). Видно, що у випадку дії на пластинку двох сил, протилежно спрямованих з величиною $F_1 = 5$ Н, а $F_2 = 8$ Н, деформація буде такою ж, як і під дією сили 3 Н.

Сили, що діють на тіло вздовж однієї прямої у протилежних напрямках, викликають таку ж дію, як і сила, рівна різниці цих сил (*мал. 81*). Сили, що діють на тіло в однаковому напрямку, спричинюють таку ж дію, як і сила, що дорівнює сумі цих сил (*мал. 79*).

Таким чином, при додаванні двох сил, що діють в одному напрямку уздовж однієї прямої, модулі їх додаються: $F = F_1 + F_2$ (*мал. 82, а*), а при дії сил у протилежних напрямках модулі їх віднімаються: $F = F_2 - F_1$ (*мал. 82, б*).

Сила, яка викликає таку ж дію, як і декілька сил разом, називається рівнодійною. Сила F є рівнодійною сил F_1 та F_2.



Мал. 82. Схема додавання сил, що діють уздовж однієї прямої

Якщо на тіло діють дві однакові сили у протилежних напрямках, то вони можуть викликати деформацію тіла, але не зможуть спричинити його рух. На тіло може діяти і більше число сил, але якщо рівнодійна сил, що діють на тіло в одному напрямку, дорівнює рівнодійній сил, що діють на тіло в протилежному напрямку, то тіло рухатись не буде. Такий стан називається рівноважним.

Рівновага сил наступає тоді, коли суми всіх сил, що діють на тіло вздовж однієї прямої у протилежних напрямках, однакові.

Зовнішньою ознакою рівноваги сил є те, що тіло знаходиться у стані спокою або рухається з постійною швидкістю.

Приклад. Дві команди учнів змагались у перетягуванні канату. За один кінець каната тягнули п'ять учнів, які розвивали зусилля 220 Н, 190 Н, 250 Н, 200 Н, і 180 Н. У протилежну сторону тягнули чотири учні, що розвивали зусилля 250 Н, 240 Н, 260 Н, 270 Н.

Яка команда перемогла і чому?

Розв'язання

Рівнодійна сила першої команди

$F_1 = 220 + 190 + 250 + 200 + 180 = 1040$ (Н).

Рівнодійна сила другої команди $F_2 = 250 + 240 + 260 + 270 = 1020$ (Н).

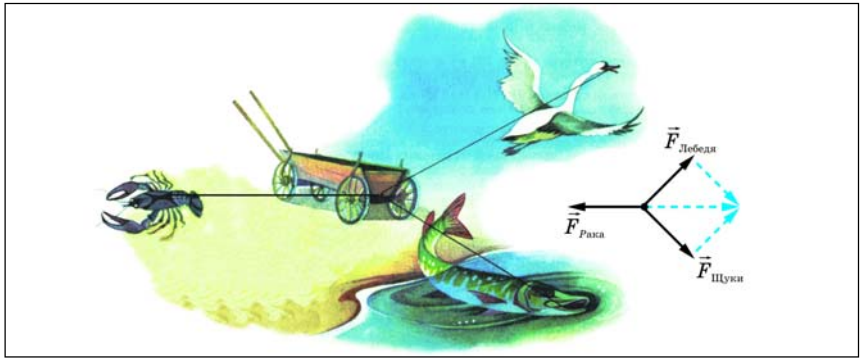
Отже, перемогла перша команда оскільки F_1 більша F_2. Малюнок до задачі виконайте самостійно.

Сила, яка викликає таку ж дію, як і декілька сил разом, називається рівнодійною цих сил. Якщо сили діють уздовж однієї прямої в одному напрямку, то їх рівнодійна за модулем рівна сумі сил. Коли сили діють по одній прямій у протилежних напрямках, то рівнодійна за модулем дорівнює різниці числових значень сил і направлена у бік більшої сили.

1. Що таке рівнодійна кількох сил? **2.** Як додаються сили, що діють: а) уздовж однієї прямої в одному напрямку; б) коли напрямки сил протилежні?

? 1. Якою буде рівнодійна двох сил 15 Н і 17 Н, що діють вздовж однієї прямої у одному напрямку? **2.** Визначте величину рівнодійної двох протилежно направлених сил 540 Н і 380 Н. **3.** На стіні висить картина. Які сили діють на неї та чому рівна їх рівнодійна? **4.** Чотири сили величиною 15 Н діють в одному напрямку по одній прямій, а п'ять сил величиною по 3 Н вздовж цієї ж прямої — у протилежному. Яка рівнодійна цих сил? **5.** Людина несе відро води масою 10 кг. Яку силу до відра вона прикладає? Чому дорівнює рівнодійна сил, які прикладені до відра?

Пригадайте байку про щуку, лебедя і рака. Розгляньте *мал. 83* і поясніть, чому дорівнює рівнодійна всіх сил на віз.



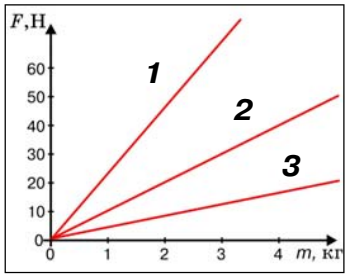
Мал. 83. Чому віз і «нині там»?

§34. СИЛА ТЯЖІННЯ

Вивчаючи закони руху планет, німецький астроном Іоганн Кеплер висловив міркування про існування всесвітнього тяжіння (1609 р.). Подібні міркування були висловлені і французьким математиком П. Ферма. Англійський фізик Р. Гук намагався визначити силу тяжіння і дослідити, як вона залежить від відстані між тілами. Проте лише у 1684—1686 рр. Ньютон зміг сформулювати закон всесвітнього тяжіння. На основі цього закону він встановив, що числове значення сили земного тяжіння F_T, яка діє на тіло масою m, виражається формулою:

$$F_t = gm.$$

Коефіцієнт пропорційності g (його називають прискоренням вільного падіння) приблизно дорівнює 9,8 Н/кг ($g \approx 9{,}8$ Н/кг). Цей коефіцієнт чисельно рівний силі, з якою гравітаційне поле Землі діє на тіло масою 1 кг, яке знаходиться на її поверхні.



Мал. 84. Залежність між масою і силою тяжіння на різних планетах: 1 — на Юпітері; 2 — на Землі; 3 — на Марсі

Оскільки закон всесвітнього тяжіння стосується всіх тіл, то його можна застосувати для визначення сили тяжіння всіх планет Сонячної системи. Це означає, що сила тяжіння на всіх планетах буде пропорційна масі тіла. Коефіцієнт пропорційності буде різним для різних планет. Залежність між масою і силою тяжіння показана на *мал. 84*. З малюнка видно, що серед планет Сонячної системи сила тяжіння найбільша на Юпітері, а найменша — на Місяці. Так, g на Місяці рівне 1,62 Н/кг, на Марсі — 3,93 Н/кг, на Венері — 8,87 Н/кг, на Землі — 9,80 Н/кг, а на Юпітері 23,31 Н/кг.

Як приклад розглянемо, з якою силою буде притягуватись (яка сила тяжіння) тіло масою 20 кг до Землі, Марса і Юпітера.

Отримаємо відповідно:

$F_з = 9{,}80$ Н/кг · 20 кг = 196,0 Н;

$F_м = 3{,}93$ Н/кг · 20 кг = 78,6 Н;

$F_ю = 23{,}31$ Н/кг · 20 кг = 466,2 Н.

Таким чином, сила притягання тіл до Землі у 2,5 рази більша, ніж до Марса, і у 2,4 рази менша, ніж до Юпітера. Стала тяжіння g не однакова на всій поверхні планети. Так, на Землі у центральній Європі вона рівна 9,81 Н/кг, 9,78 Н/кг на екваторі і 9,83 Н/кг на полюсах.

Сила тяжіння діє на кожне тіло. Числове значення сили земного тяжіння пропорційне масі тіла, на яке вона діє: $F_т = gm$, де g — коефіцієнт пропорційності.

1. Що таке сила тяжіння? **2.** Від чого залежить коефіцієнт пропорційності g між силою тяжіння і масою? **3.** Чи однакова сила тяжіння на різних планетах? **4.** Чи зміниться маса тіла після її перенесення на Юпітер?

? 1. Екіпірування астронавтів, які здійснювали космічну подорож на Місяць, мало масу 84 кг. Що показав би динамометр, коли б вони визначали силу притягання екіпірування на Землі і на Місяці? **2.** Визначте силу гравітаційного притягання до Землі людини масою 80 кг на екваторі, на європейському континенті і на полюсі. **3.** Чи змінюється маса космонавта, коли він прилітає на іншу планету?

§35. ВАГА ТІЛА. НЕВАГОМІСТЬ

З попереднього параграфа ви знаєте, що кожне тіло притягується до Землі із силою, яка пропорційна його масі. Причиною притягання є наявність навколо Землі

(та й інших небесних тіл) гравітаційного поля (поля тяжіння). Виміряти цю силу можна за допомогою динамометра. Сила земного тяжіння зображується вектором, який направлений до її центра.

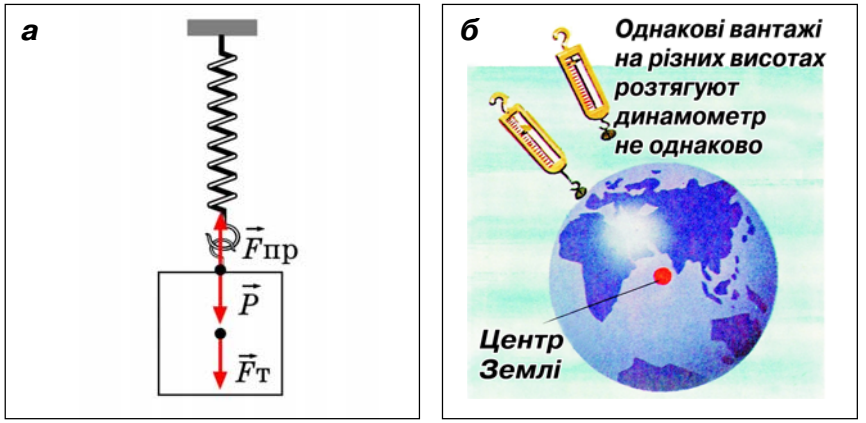
Поняття ваги тіла пов'язане із силою пружності, що виникає під час взаємодії тіла з опорою або підвісом. *Вага — сила, з якою внаслідок гравітаційного притягання тіло розтягує вертикальний підвіс або тисне на горизонтальну опору.*

З *мал. 85* а видно, що вага тіла прикладена до пружини. Вага і сила тяжіння прикладені до різних тіл, напрямок сили ваги і сили тяжіння однаковий.

Вага тіла залежить від його механічного стану. Якщо тіло перебуває у спокою відносно опори чи підвісу, або рухається рівномірно і прямолінійно, та вага за числовим значенням і напрямом збігається із силою тяжіння. У цьому випадку числове значення ваги тіла P розраховують згідно формули:

$$P = mg.$$

Сила тяжіння завжди діє на тіло, а вага діє на підвіс або на опору. Тому для визначення ваги тіла використовують пружинний динамометр (*мал. 85, б*) або спеціальні пружинні терези (*мал. 86, а*).



Мал. 85. Вага тіла (а), залежність ваги і сили тяжіння від висоти над поверхнею Землі (б)

Оскільки сила тяжіння залежить від широти місцевості та висоти над поверхнею Землі, то і вага тіл різна на полюсах і екваторі, біля підніжжя гори та на її вершині (*мал. 85, б*).

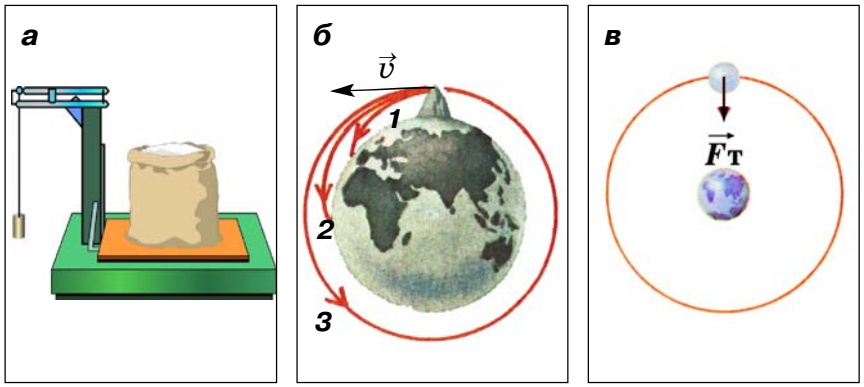
Таким чином, у гравітаційному полі величина маси тіла залишається незмінною. Змінюється його вага, яка різна на різних планетах і навіть на одній планеті залежить від місцезнаходження тіла. З поняттям «вага» тісно пов'язане інше поняття — «невагомість». Це поняття люди почали вживати особливо часто у зв'язку з космічними польотами.

Ще раз згадаймо означення ваги і спробуємо дати відповідь на запитання: а яка вага у тіла, що вільно падає? Наприклад, у яблука, яке падає з гілки на землю.

Тіло, що вільно падає, перебуває у стані невагомості. Снаряд, допоки він у польоті, також перебуває у стані невагомості. Нехай вистрілили дві гармати, причому одна з гармат далекобійна. Снаряд якої гармати перебуватиме у невагомості довший час? Звичайно, далекобійної, оскільки він довше вільно падатиме.

Подивимося на *мал. 86, б*. На ньому зображено, як з однієї точки на Землі почали рухатися три тіла.

Тілам надано швидкості в однаковому напрямку. Рухаючись за інерцією, вони в той же час будуть



Мал. 86. Сила тяжіння та її прояви

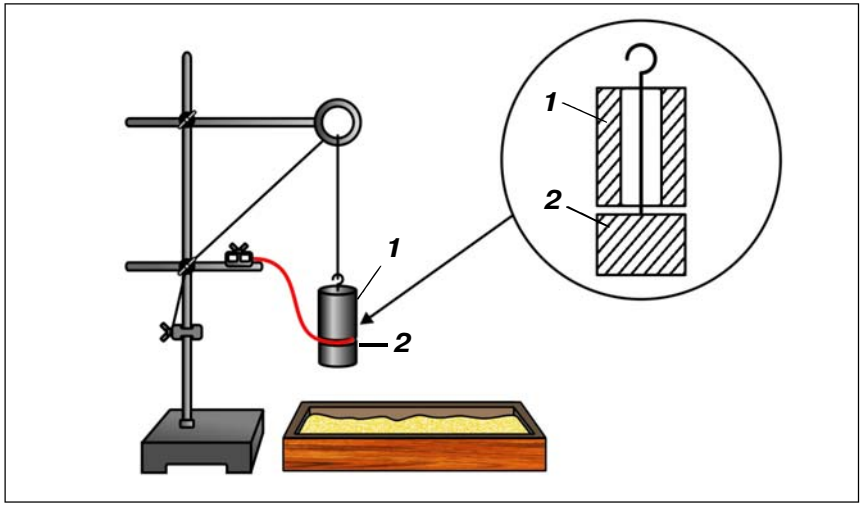
притягуватися до Землі — падати на Землю. Тіло (*1*) з найменшою швидкістю впаде швидше, з найбільшою (*3*) — облетить Землю. Всі тіла під час руху перебувають у стані невагомості, вони не тиснуть на опору і не розтягують підвіс.

Аналогічна ситуація спостерігається і у космічного корабля. Різниця лише в тому, що він розганяється настільки швидко, що облітає Землю декілька разів. Поки він літає, то всі предмети на борту корабля, як і він сам, перебувають у стані невагомості. У стані невагомості тіло не має ваги, тому воно може прийняти будь-яку орієнтацію у просторі. Таким чином, втрачається поняття верх і низ, рідина перестає виливатися із посудини та ін. При цьому слід мати на увазі, що космічний корабель продовжує знаходитись у гравітаційному полі і сила тяжіння на нього діє, утримуючи на замкнутій орбіті (*мал. 86, в*).

Вагою називають силу, з якою у гравітаційному полі тіло буде тиснути на горизонтальну опору або розтягувати підвіс. Стан, у якому перебуває вільно падаюче тіло, називається невагомістю. Гравітаційне поле діє на тіло у будь-якому стані.

1. Що таке вага? **2.** Як можна визначити вагу? 3. У якому випадку вага тіла буде рівна нулю? **4.** Чи діє сила тяжіння на тіло у стані невагомості?

? 1. Чому ніхто не організовує «бізнес», купуючи товари в екваторіальних країнах, де вони легші, та продаючи їх у північних, де вони важчі? **2.** У фантастичній повісті Ж. Верна «Подорож на Місяць» розповідається, що люди мандрували на Місяць всередині ядра, яке вистрілила потужна гармата. Під час подорожі на ділянці дороги, де притягання Місяця зрівнялося із притяганням Землі, всі предмети втратили вагу. Доведіть, що явище втрати ваги повинне бути не в одній точці, а протягом всієї подорожі. **3.** Яка вага буде у



Мал. 87. Демонстрування невагомості тіла

людини масою 60 кг на планетах Земля і Марс?
4. Придумайте експеримент, за допомогою якого можна було б довести, що маси будь-якого предмета на Землі і Марсі однакові.

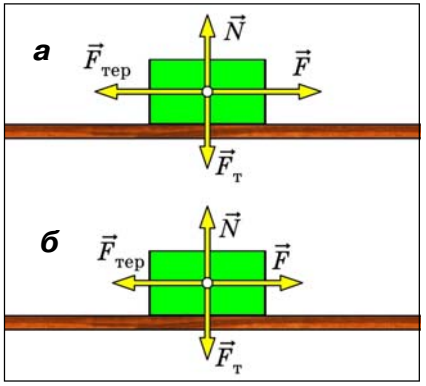
1.* Складіть установку за *мал. 87* та спостерігайте стан невагомості тіла. Між гирями 1, 2 закладіть смужку паперу і вільний її кінець затисніть у лапці штативу. При повільному опусканні гир смужка натягується і рветься. Замінивши порвану смужку цілою, пустіть вантаж вільно падати. Смужка вислизне, не порветься. Чому?

§36. СИЛА ТЕРТЯ. КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Коли людина, стоячи на рівній земній поверхні, вирішила рухатися, то при відсутності перешкод це здійснити легко. Коли ж вона стоїть на рівному гладкому льоду, то цю дію реалізувати відносно важко. Чому? Подивимося на поверхню тіла під мікроскопом.



Мал. 88. Металева поверхня під мікроскопом



Мал. 89. Вимірювання сили тертя спокою і сили тертя ковзання

Навіть на рівній металевій поверхні побачимо багато нерівностей (*мал. 88*). На всякій поверхні є більші чи менші нерівності. Під час руху одного тіла по поверхні іншого нерівності зачіпають одна одну і перешкоджають рухові тіла. Коли стикаються добре відполіровані поверхні, то рухові тіла перешкоджаю притягання між молекулами стичних тіл. В обох випадках діє сила тертя.

Візьмемо дерев'яний (матеріал може бути і іншим) брусок і покладемо його на горизонтальну плиту. Прикріпимо до бруска динамометр і будемо рухати брусок, приклавши деяку силу. Цю силу виміряємо динамометром. Збільшуючи силу тяги, ми відмітимо ріст показів динамометра до певної межі. Коли сила тяги досягне деякого максимального значення, брусок почне рухатися, а покази динамо метра зменшаться. Поки брусок не рухався, а сила тяги (F) існувала, значить існувала і протилежно направлена сила. Цю силу називають силою тертя спокою ($F_{тер}$). Ця сила не може перевищувати певну величину, яку називають максимальною силою тертя спокою. Рівнодійна сили тяги і сили тертя спокою рівна нулю. Отже, сила тертя спокою діє на нерухоме тіло в протилежному напрямку до сили тяги та рівна їй по величині (*мал. 89, а*).

Якщо тіло тягти з постійною швидкістю, то сила тяги буде дорівнювати силі, яку називають силою тертя ковзання ($F_{тер}$).

Сила тертя ковзання також діє на нерухоме тіло в протилежному напрямку до сили тяги та рівна їй по величині (*мал. 89, б*). Максимальна сила тертя спокою більша за силу тертя ковзання.

В обох випадках (*мал. 89*) на брусок діє сила реакції опори $\vec{N}$, спрямована перпендикулярно до поверхні, що урівноважує силу тяжіння F_T. Коли на брусок поставити вантаж, то зміниться сила реакції опори та сила тертя ковзання. Проте між ними завжди існує співвідношення $F_{тер} = \mu N$, де μ (мю) — коефіцієнт тертя ковзання (залежить від стану, природи та обробки поверхонь тіл). Якщо тіло рухається по горизонтальній поверхні, то $F_{тер} = \mu P$, де P — вага тіла.

Окрім тертя ковзання, існує і тертя кочення. Цей випадок спостерігається при коченні колеса по поверхні. Сила тертя кочення менша сили тертя ковзання.

Сила, яка протидіє рухові одного тіла по поверхні іншого і спрямована проти цього руху, називається силою тертя. Коефіцієнт тертя ковзання чисельно дорівнює відношенню сили тертя до сили тиску (на горизонтальній поверхні до ваги тіла). Розрізняють сили тертя спокою, ковзання і кочення.

1. Що таке тертя? **2.** Чому виникає тертя? **3.** Яку силу називають силою тертя спокою? **4.** Чому сила тертя ковзання більша за силу тертя кочення? **5.** Від чого залежить величина сили тертя?

? **1.** Яку роль відіграє тертя при забиванні цвяхів, закручуванні шурупів? **2.** Чому важко писати крейдою по віконному склі? **3.** Яка сила тертя між шинами і асфальтом у автомобіля масою 1,5 т? Коефіцієнт тертя 0,6.

§37. ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Лабораторна робота № 9

Мета: оволодіти одним із методів вимірювання коефіцієнта тертя ковзання.

Прилади і матеріали: динамометр, невеликий дерев'яний брусок, набір тягарців, гладенька дошка (або лінійка) (*мал. 90*).

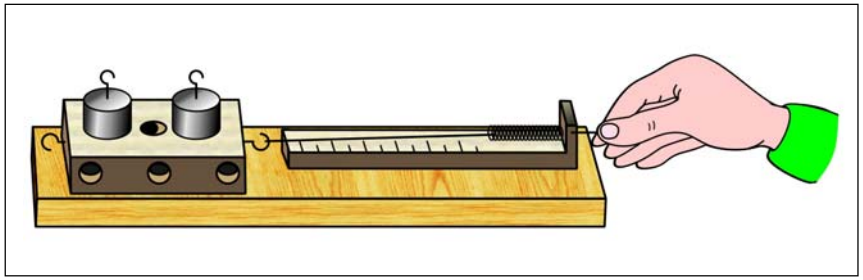
Хід роботи

1. Зважте динамометром брусок.
2. Зачепіть динамометр за гачок бруска і, пересуваючи брусок рівномірно вздовж горизонтальної дошки (або лінійки), визначте силу тертя, яка дорівнює силі тяги.
3. Навантажуючи брусок послідовно спочатку одним, потім двома, а далі трьома тягарцями, виміряйте силу тертя для кожного випадку. Визначте коефіцієнт тертя ковзання за формулою:

$$\mu = \frac{F_{тр}}{P}.$$

4. Результати вимірювань запишіть у таблицю.

№ досліду	Вага бруска, Н		Сила тертя, Н
	без тягарців	з тягарцями	
1			
2			
3			



Мал. 90. Прилади до лабораторної роботи №9

5. Зробіть висновок, порівнявши величину коефіцієнта тертя ковзання, отриману в дослідах; про точність вимірювань.

§38. ТЕРТЯ В ПРИРОДІ І ТЕХНІЦІ

Всі, хто ідуть, стрибають, повзуть, біжать, використовують силу тертя. Тертя може бути корисним і шкідливим. Коли воно корисне, його намагаються збільшити, коли шкідливе, — зменшити.

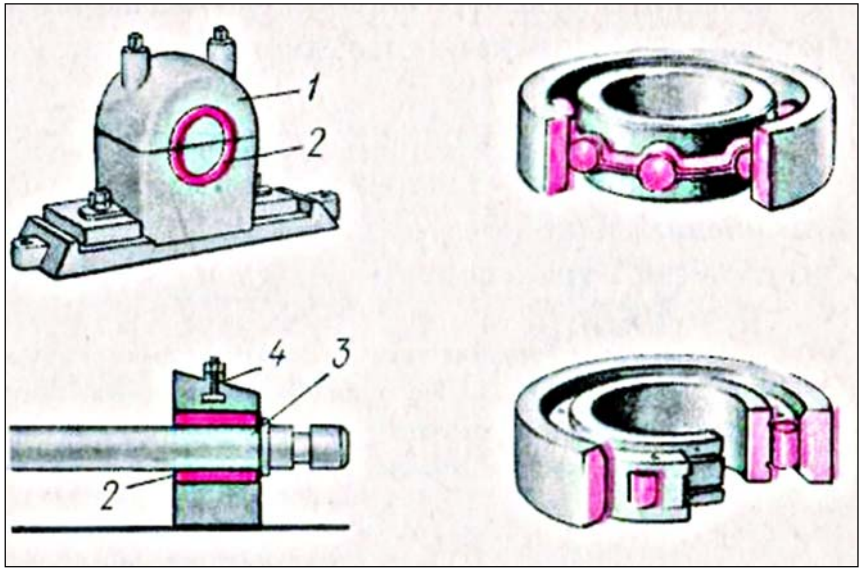
Без тертя спокою ні люди, ні тварини, ні машини не могли б рухатися. Справді, йдучи, ми відштовхуємося ногами від землі. Коли ж тертя між підошвою взуття і поверхнею мале, наприклад під час ожеледі, то відштовхуватися від землі дуже важко, ноги при цьому ковзають. Щоб ноги пішоходів не ковзали, тротуари посипають піском. Це збільшує силу тертя між підошвою взуття і льодом.

Без тертя ми б не могли тримати в руках ні зошита, ні ручки.

Сила тертя зупиняє автомобіль під час гальмування, але без тертя спокою він не зміг би й почати рух. Колеса оберталися б, проковзували, проте автомобіль стояв би на місці. Щоб збільшити тертя, поверхню автомобільних шин роблять з ребристими виступами. Узимку, коли дорога буває особливо слизька, на колеса автомобіля надівають спеціальні ланцюги.

У багатьох рослин і тварин є різні органи, призначені для хапання (вусики рослин, хобот слона, чіпкі хвости лазячих тварин). Усі вони мають шорстку поверхню для збільшення тертя і форму, зручну для намотування.

Проте ми вже говорили, що в багатьох випадках тертя шкідливе і з ним доводиться боротися. Наприклад, в усіх машинах внаслідок тертя нагріваються і спрацьовуються рухомі частини. Щоб зменшити тертя,



Мал. 91. Підшипники ковзання: 1 — корпус підшипника; 2 — вкладиш; 3 — вал; 4 — отвір для змащування

стичні поверхні роблять гладенькими, між них вводять мастило. Щоб зменшити тертя обертових валів машин і верстатів, їх установлюють на підшипниках. Деталь підшипника, яка безпосередньо стикається з валом, називається вкладишем. Вкладиші виготовляють з твердих матеріалів — бронзи, чавуну або сталі, внутрішню поверхню їх покривають особливими матеріалами, найчастіше бабітом, і змащують. На *малюнку 91* зображено підшипник, у якому вал *3* під час обертання ковзає по поверхні вкладиша *2*. Такі підшипники називають підшипниками ковзання.

Ви знаєте, що сила тертя кочення при однаковому навантаженні значно менша за силу тертя ковзання. На цьому явищі ґрунтується застосування кулькових і роликових підшипників. У таких підшипниках обертовий вал не ковзає по нерухомому вкладишу підшипника, а котиться по ньому на сталевих кульках або роликах.

Будову найпростіших кулькового і роликового підшипників зображено на *малюнку 91*. Внутрішнє кільце підшипника, виготовлене з твердої сталі, насаджене на вал, а зовнішнє — закріплене в корпусі машини. Під час обертання вала внутрішнє кільце котиться по кульках або роликах, що містяться між кільцями.

Заміна в машинах підшипників ковзання кульковими або роликовими підшипниками дає змогу зменшити силу тертя в 20—30 разів.

Кулькові й роликові підшипники використовують у різних машинах: автомобілях, токарних верстатах, електричних двигунах, велосипедах тощо. Без підшипників не можна уявити сучасну промисловість і транспорт.

1. Яке значення має тертя в житті людини й тварин? **2.** Яке значення тертя на транспорті? **3.** Які способи зменшення тертя ви знаєте? **4.** З якою метою використовують у машинах підшипники? **5.** Як побудований підшипник ковзання? кульковий підшипник?

§39. ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ НА ПОВЕРХНЮ. СИЛА ТИСКУ

Ви вивчили вже декілька сил. Згадаємо ще одну силу, яка діє на вас повсякчас. Коли ви сидите за партою, то тиснете на стілець, а стілець — на вас. Стоячи біля шкільної дошки, ви тиснете на підлогу, а підлога — на вас. Витираючи дошку, ви тиснете рукою на дошку, а дошка тисне на вашу руку.

Проте сила тиску і тиск — не одне й те саме. Ви будете здивовані, коли дізнаєтеся, що можете створити тиск значно більший, ніж його створює автомобіль. А це дійсно так! Коли ви тиснете на голку або ріжете



Мал. 92. Людина на лижах не провалюється у сніг, а без лиж — провалюється

щось ножицями, то при цьому створюєте тиск більший у тисячі разів, ніж тиск, створюваний колесами автомобіля на дорогу.

Щоб переконатися, що дія сили тиску залежить не тільки від її величини, проведемо дослід. Станемо на пухкий сніг і, певно, провалимось у нього. Тепер на той самий сніг станемо на лижах (*мал. 92*). Ми їдемо по снігу, не провалюючись у нього. Чому? На лижах або без лиж ми діємо на сніг із однаковою силою. Проте дія цієї сили в обох випадках неоднакова, бо різна площа поверхні, на яку ми тиснемо. Площа поверхні лижі разів у 10 більша за площу підошви. Тому, стоячи на лижах, ми спричинюємо на сніг тиск у десять разів менший, ніж тоді, коли стоїмо на снігу без лиж.

Тиском називають фізичну величину, яка характеризує дію сили тиску на одиницю площі поверхні.

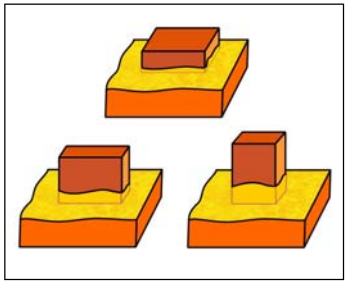
$$p = \frac{F}{S},$$

де p — тиск, F — сила тиску, S — площа поверхні, на яку діє сила.

Одиницю тиску називають паскалем (Па) на честь французького вченого Блеза Паскаля (1623—1662). За одиницю тиску беруть такий тиск, який чинить сила 1Н на площу 1м^2,

$$1\ \text{Па} = 1\ \text{Н/м}^2.$$

Щоб переконатися у залежності тиску від площі опори, на яку діє сила тиску, зробіть дослід. Поставте цеглину на вологий пісок по черзі кожною з граней. Найбільше вона вгрузне в пісок, коли буде опиратися на найменшу грань (*мал. 93*)



Мал. 93. Дія сили тиску залежить від площі опори тіла.

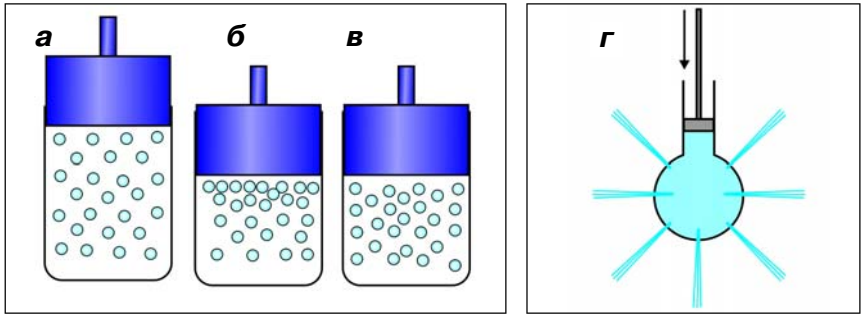
Сила тиску спрямована перпендикулярно до площі і визначається за формулою $F = P{\cdot}S$.

Тиск — це фізична величина, яка визначається відношенням сили, яка діє перпендикулярно до якоїсь поверхні, до величини цієї поверхні. Тиск вимірюється в паскалях.

1. Що таке тиск? Чим сила тиску відрізняється від тиску? **2.** Чому людина, що йде на лижах, не провалюється у сніг? **3.** У яких одиницях вимірюється тиск?

§40. ТИСК ГАЗУ І РІДИН. ЗАКОН ПАСКАЛЯ

Ви вже знаєте, що гази, на відміну від твердих тіл і рідин, заповнюють усю посудину, у якій вони містяться, наприклад сталевий балон для зберігання газів, камеру автомобільної шини або волейбольного



Мал. 94. Тиск газу або рідини у закритій посудині

м'яча. При цьому газ чинить тиск на стінки балона, камери або будь-якого іншого тіла, з яким він стикається. Тиск газу зумовлений іншими причинами, ніж тиск твердого тіла на опору.

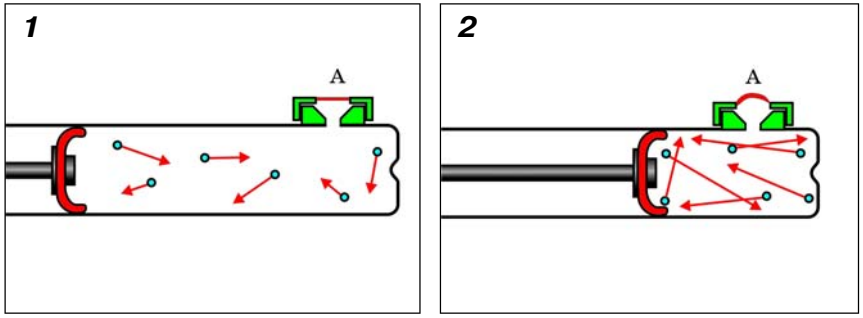
Відомо, що молекули газу безладно рухаються з великими швидкостями. Під час свого руху вони стикаються з іншими молекулами, а також із стінками посудини, у якій міститься газ (*мал. 94, а*). Молекул у газі багато, тому й число їхніх ударів дуже велике.

Хоч удар окремої молекули і слабкий, проте велике число ударів молекул об стінки посудини обумовлює значну величину тиску.

Прикладаючи деяку силу, примусимо поршень стиснути газ, який міститься безпосередньо під ним. Тоді частинки розмістяться в цьому місці щільніше, ніж раніше (*мал. 94, б*). Частинки газу хаотично рухаючись в усіх напрямах, внаслідок чого вони розмістяться знову рівномірно, але щільніше, ніж раніше (*мал. 94, в*), тому тиск газу у всьому об'ємі збільшиться. Звідси випливає, що додатковий тиск передається всім частинкам газу або рідини.

Отже, тиск газу на стінки посудини (і на вміщене в газ тіло) спричинюється ударами молекул газу.

Чим більше молекул газу в одиниці об'єму, тим більший його тиск на стінки посудини (*мал. 95*), тиск на гумову плівку А при зменшенні об'єму газу збільшився.



Мал. 95. Тиск газу на стінки посудини залежить від кількості молекул в одиниці об'єму

Куляста форма, якої набирає роздута гумова оболонка кульки, свідчить про те, що газ тисне на стінки в усіх напрямах однаково. Інакше кажучи, кількість ударів молекул, що припадають на кожний квадратний сантиметр площі поверхні оболонки, в усіх напрямах однакова. Однаковий тиск газу в усіх напрямах є результатом безладного руху безлічі молекул.

Якщо об'єм газу зменшити, але так, щоб маса його залишалась незмінною, то в кожному кубічному сантиметрі газу молекул стане більше, густина газу збільшиться. Тоді кількість ударів молекул об стінку посудини зросте, зросте і тиск газу.

Якщо на рідину, або газ, що перебувають у закритій посудині, спричинити тиск, він передається у всіх напрямках без зміни.

У закритій посудині тиск передається без зміни в кожну точку рідини або газу.

Це твердження називають законом Паскаля.

На основі закону Паскаля легко пояснити такі досліди. На *малюнку 94, г* зображено порожнисту кулю, що має в різних місцях вузькі отвори. До кулі приєднано трубку з поршнем. Якщо набрати води в кулю і натиснути на поршень у трубці, то вода поллється з усіх отворів кулі. У цьому досліді поршень тисне на поверхню води в трубці. Частинки води під

поршнем, ущільнюючись, передають тиск іншим шарам, що лежать глибше. Таким чином, тиск поршня передається в кожну точку рідини, яка заповнює кулю. Внаслідок цього частина води виштовхується з усіх отворів кулі у вигляді струменів.

Тиск на рідину або газ у закритій посудині передається в усіх напрямках без зміни. У цьому полягає закон Паскаля.

1. Як пояснити тиск газу на основі молекулярно-кінетичної теорії? **2.** Як можна на досліді показати, що газ чинить тиск на стінки посудини, у якій він міститься? **3.** Як довести, що газ чинить однаковий тиск в усіх напрямах? **4.** Чому тиск газу збільшується при його стисканні й зменшується при розширенні?

? **1.** Ширина сліду шини велосипеда 3 см. Яка вага велосипедиста разом з велосипедом, якщо тиск, який він створює на ґрунт, 18 Н/см^2 і довжина поверхні дотику шини до ґрунту 6 см? **2.** Допустиме навантаження на залізничні рейки 2 кН/м^2. Площа дотику одного колеса до рейки 5 см^2. Скільки тонн вугільного брикету можна навантажити в чотиривісний вагон, маса якого без вантажу 21,55 т?

Покладіть на стіл дерев'яну лінійку так, щоб половина її звисала зі столу. Вдарте по кінцю лінійки, що звисає. Що спостерігаєте? Повторіть дослід, накривши половину лінійки, що лежить на столі, газетою. Знову вдарте по кінцю лінійки, що звисає. Чому лінійка в обох випадках поводить себе по-різному?

§41. СПОЛУЧЕНІ ПОСУДИНИ. МАНОМЕТРИ

Сполученими посудинами є посудини довільної форми, які відкриті і з'єднані між собою трубкою. Заповнимо посудини однаковою рідиною. Рідина у

трубці, що їх з'єднує, буде нерухомою, коли в обох посудинах висота стовпчика рідини буде однаковою, і, відповідно, на обох кінцях трубки тиск буде однаковим. Якщо ця умова не виконана, то рідина буде перетікати з одної посудини до іншої (*мал. 96*).

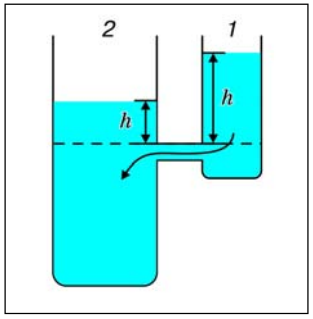
Позначимо висоту стовпа рідини, яка тисне на рідину на рівні трубки, в першій посудині через h_1, площу, на яку тисне рідина на цьому рівні, — S, густину рідини — p. Маса рідини, що тисне на площу S, $m = pV$, де V — об'єм рідини, що створює тиск на рівні верхньої частини трубки, $V = Sh$. Вага цієї рідини $P = mg$, тобто $P = pgSh$. Визначимо тиск P, який спричиняє шар рідини висотою h.

$$p = \frac{P}{S}, \text{ або } p = \frac{\rho gSh}{S}, \text{ тобто } p = \rho gh.$$

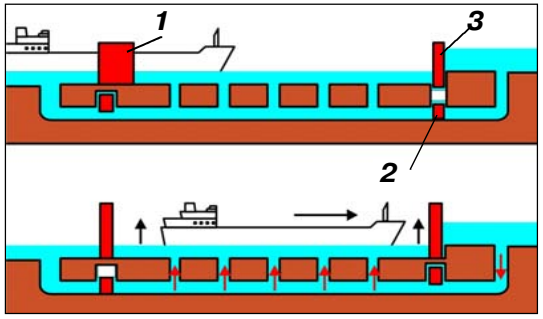
Отже, тиск, який створює стовп рідини на будь-якому її рівні, в тому числі і на дно чи стінки посудини, залежить від густини і висоти стовпа рідини.

Рівновага у сполучених посудинах наступає тоді, коли вільні поверхні рідини у всіх посудинах установлюються на однаковому рівні.

Властивості сполучених посудин використовують на практиці. Як приклад можна розглянути роботу річкового шлюзу (*мал. 97*). При підході судна перші ворота (*1*) відкривають і воно заходить до шлюзу. Коли



Мал. 96. Схема руху рідини



Мал. 97. Річковий шлюз в сполучених посудинах

судно зайшло у шлюз, перші ворота закривають, а відкривають кран (*2*) для потрапляння води. Вода з частини ріки, де високий рівень води, поступає у шлюз, поки рівні не вирівняються, тоді другі ворота (*3*) відкривають і судно продовжує плавання.

Рідинний манометр. Рівень рідини в сполучених посудинах залежить від зовнішнього тиску. Це явище використано для побудови *рідинних манометрів* — приладів для вимірювання тиску.

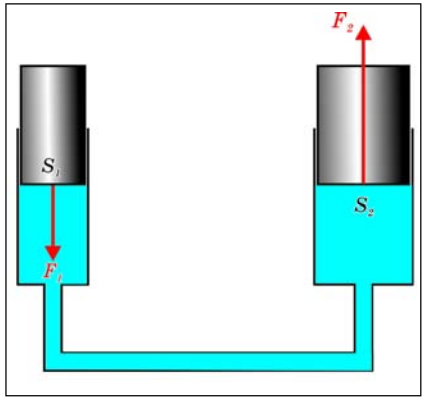
Рідинний манометр складається з металевого або дерев'яного вертикального корпусу, на якому закріплена U-подібна скляна трубка і шкала для вимірювання висоти рівня рідини в кожному коліні трубки. Один із кінців трубки відкритий. До іншого кінця приєднана гумова або пластмасова трубка для з'єднання манометра з резервуаром, у якому потрібно виміряти тиск.

У сполучених посудинах будь-якої форми однорідна рідина встановлюється на однаковому рівні. Тиск рідини у таких посудинах не залежить від їх форми, а залежить від висоти стовпа рідини.

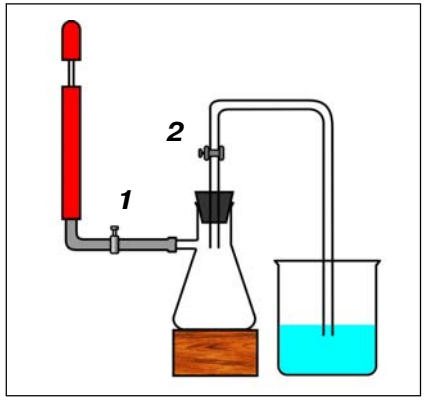
1. Як розміщуються вільні поверхні рідини у сполучених посудинах? **2.** Як працює річковий шлюз? **3.** Наведіть приклади сполучених посудин у побуті і природі.

§42. ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС. НАСОСИ

Іншим широким застосуванням сполучених посудин є гідравлічний прес. Такий прес складається з двох циліндрів, які мають різні діаметри. Циліндри з'єднані між собою і заповнені рідиною (*мал. 98*). Оскільки тиск у рідині згідно закону Паскаля передається без змін у різних напрямках, то за допомогою конструкції, яка зображена на *мал. 98*, можна збільшити силу дії за



Мал. 98. Модель гідравлічного преса



Мал. 99. Модель всмоктувального насоса

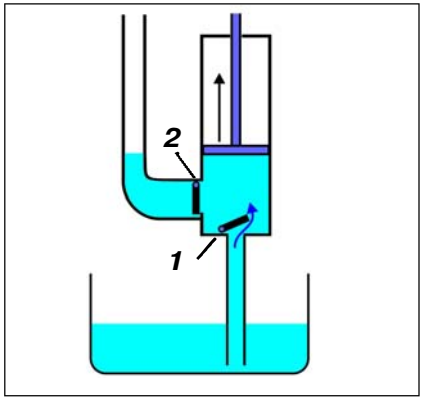
рахунок різних площ поршнів у кожному з циліндрів. Нехай площа першого поршня S_1, а другого — S_2. Якщо на поршень першого циліндра тиснуть із силою F_1, то тиск на рідину буде

$$p = \frac{F_1}{S_1}.$$

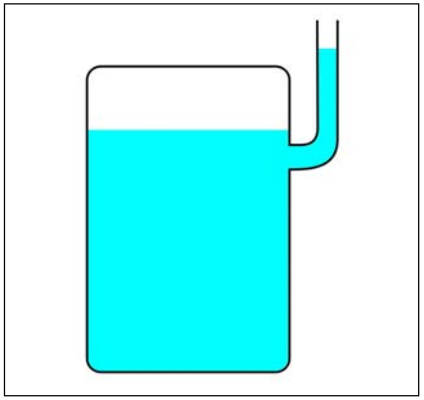
Цей тиск передається і на другий циліндр. Сила, що діє на поршень у другому циліндрі буде $F_2 = pS_2$. З цієї формули видно, що сила F2 буде більша за F_1 у стільки разів, у скільки S_2 більше за S_1. Беручи S_2 великим, а S_1 малим, можна досягти значних зусиль, які можуть бути досягнуті при переміщенні поршня S_2. Це і використовують на практиці, наприклад, у домкраті.

Властивості сполучених посудин використовуються у рідинних насосах. Такі насоси бувають двох типів — всмоктувальні і нагнітальні. Принцип роботи всмоктувального насоса зрозумілий із *малюнка 99*.

Спочатку відкритий кран *1* і закритий *2*, повітряний насос відкачує повітря із колби. Коли повітря відкачано, закривають кран *1* і відкривають *2*. Внаслідок розрідження у колбі вода засмоктується із посудини в колбу.



Мал. 100. Рідинний насос



Мал. 101. До задачі 3

Інша конструкція насоса показана на мал. 100. При русі поршня вгору клапан *1* відкритий і рідина засмоктується в циліндр. У цей час клапан *2* закритий. Коли поршень рухається вниз, відкривається клапан *2* і закривається клапан *1*. Рідина виштовхується із циліндра у трубопровід.

Закон сполучених посудин дав змогу побудувати пристрої, де вдається підвищити силу тиску у сотні разів (гідравлічний прес), побудувати насоси для перекачування рідин.

1. Який принцип дії гідравлічного преса? **2.** Який принцип роботи всмоктувальних насосів? Нагнітальних насосів?

? 1. Всмоктувальні насоси можуть підняти воду на висоту практично не більше 9,5 м. Чому? **2.** Якщо в пакеті молока проколоти невеликий отвір, то молоко не витікає. Чому? **3.** Чому вода залишилася у трубці, а не вилилася у резервуар (*мал. 101*)? **4.** Якщо вдарити по гумовій пробці, якою закрита пляшка, вщерть налита водою, то пляшка може розірватися. Чому? **5.** Якою повинна бути площа малого поршня гідравлічного преса, щоб, діючи на нього з силою 100 Н, можна було великим поршнем піднімати вантаж масою 900 кг? Площа великого поршня 30 см.

§43. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК. ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ. БАРОМЕТРИ

Атмосферний тиск. Планета Земля оточена газовою оболонкою — атмосферою. До складу атмосфери входять такі гази, як кисень, азот, вуглекислий газ, водень, гелій тощо. Межі атмосфери чітко визначити не можна, але вважається, що вона сягає кількох тисяч кілометрів.

Молекули газів, які входять до складу атмосфери, перебувають у первинному русі, але не розлітаються у космосі, хоч атмосфера і не має газонепроникних стінок. Біля поверхні Землі їх утримує сила тяжіння. Перебуваючи в складі атмосфери, молекули повітря не припиняють хаотичного руху, що й приводить до появи атмосферного тиску. Підтвердженням цього служать деякі явища, що їх можна відтворити в лабораторії.

Візьмемо трубку з поршнем, опустимо її кінець у посудину з водою. Якщо потягнемо поршень вгору, то вода підійматиметься за поршнем. На вільну поверхню води в посудині діє тиск атмосферного повітря, який передається рідиною в усіх напрямках. Коли поршень піднімається, під ним створюється знижений тиск, внаслідок чого туди надходить вода.

Вільний кінець трубки з поршнем затягнемо гумовою плівкою. Якщо почнемо витягувати поршень з трубки, то плівка вгинатиметься всередину трубки. Плівку деформує атмосферний тиск.

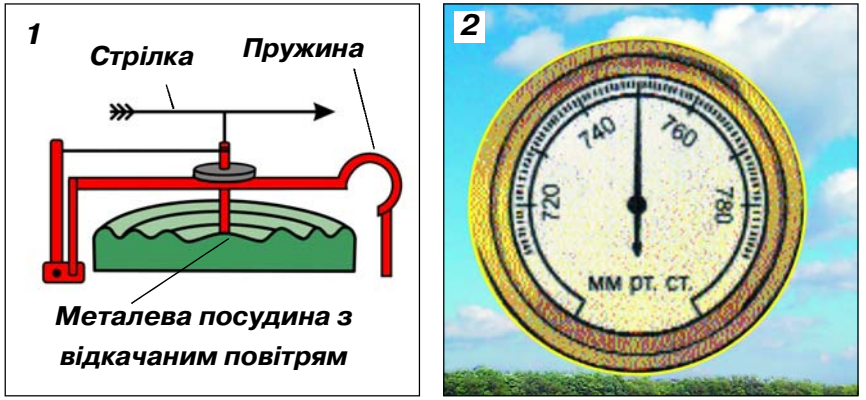
Вимірювання атмосферного тиску. Числове значення атмосферного тиску важливо знати для багатьох наукових і технічних розрахунків. Проте обчислити цей тиск так, як це робиться для рідин, надзвичайно складно, оскільки густина повітря на різних висотах різна, й немає чіткої верхньої межі атмосфери. Тому атмосферний тиск, як правило, не розраховують, а *вимірюють*.

Уперше атмосферний тиск виміряв італійський фізик і математик Еванджеліста Торрічеллі.

Для досліду було взято скляну трубку довжиною 1 м і запаяну з одного кінця. Розмістивши трубку вертикально відкритим отвором вгору, її заповнили вщерть ртуттю. Ртуть також була залита в широку металеву посудину.

Закривши відкритий кінець трубки її перевернули і опустили цим кінцем у широку посудину. Коли відкрили занурений у ртуть кінець трубки, то частина ртуті вилилася з неї, а частина — залишилася. Тиск стовпа у ртуті в трубці був зрівноважений атмосферним тиском. З цього часу, говорячи про значення атмосферного тиску, називають висоту стовпа ртуті, тиск якого зрівноважується атмосферним тиском. Тиск такого стовпа ртуті дорівнює атмосферному тиску. Наприклад, в одному з дослідів висота ртутного стовпа в трубці становила 760 мм. Про атмосферний тиск, який підтримував таких стовп ртуті, сказали, що він дорівнює 760 мм ртутного стовпа (760 мм рт. ст.). Ця одиниця — міліметр ртутного стовпа (мм рт. ст.) — є несистемною.

Прилади, які призначені для вимірювання тиску повітря, називають *барометрами*. Схематична будова



Мал. 102. Будова (1) та зовнішній вигляд (2) барометра-анероїда

безрідинного металевого барометра (анероїда) показана на *мал. 102, 1*. Під впливом атмосферного тиску корпус металевої посудини з відкачаним повітрям деформується. При деформації зміщується пружина, яка слугує протидією силам, що викликали деформацію.

Із пружиною з'єднана стрілка, яка переміщується, показуючи величину тиску на заздалегідь проградуйованій шкалі (*мал. 102, 2*).

Тиск в атмосфері сильно залежить від висоти. Всю атмосферу можна умовно поділити на три пояси (шари). Нижній шар — *тропосфера* — має товщину до 11 км. Вище розміщений шар розрідженого повітря — *стратосфера*. Починаючи приблизно з 14 км, молекули повітря знаходяться на дуже великих відстанях. Повітря дуже розріджене. Цей шар називається *йоносферою*. Вище йоносфери повітря, як такого, немає. Цей простір називається космічним.

У межах тропосфери змінюється не тільки тиск, а і температура. Зі збільшенням висоти на 1 км вона знижується на 6,5 °С. У межах стратосфери температура майже постійна і рівна −56,5 °С.

На висоті 5500 м тиск повітря менший на половину значення, яке було на рівні моря. На найвищій горі Еверест (8848 м) тиск 314 гПа. На висоті 50 км тиск повітря ~ 1 гПа. Зменшення тиску повітря обумовлене зменшенням його густини. На горі Еверест густина повітря становить третину її значення на рівні моря.

Тиск атмосфери зменшується зі збільшенням відстані від земної поверхні. Життя у звичних формах можливе лише у нижньому шарі атмосфери — тропосфері. Атмосферний тиск вимірюють барометрами. Безрідинні металеві барометри називають анероїдами.

1. Як тиск атмосфери залежить від висоти? **2.** На скільки приблизно зміниться тиск, якщо піднятися на висоту 5500 м над рівнем моря? **3.** Яким приладом вимірюють тиск? **4.** Яка будова барометра-анероїда?

? 1. Чи однакові покази барометра всередині приміщення і на відкритому повітрі? **2.** Який барометр точніший: водяний чи ртутний? Чому? **3.** У одного ртутного барометра трубка вертикальна, а в іншого — нахилена під кутом. Який з барометрів більш чутливий? **4.** Ртутний барометр вільно падає. Які його покази? **5.** Анероїд вільно падає. Які його покази?

§44. ВИШТОВХУВАЛЬНА СИЛА. ЗАКОН АРХІМЕДА

Коли піднімаєш тіло у воді, то воно здається легшим, ніж у повітрі. Може здатись, що сила земного тяжіння у воді менша. Проте це не так. Сила земного тяжіння у воді така ж, як і у повітрі. Причиною цього явища є наявність виштовхувальної сили води, яка направлена вертикально вгору.

Для того, щоб вияснити, як виникає виштовхувальна сила, уявимо тіло у формі куба, який знаходиться під водою (*мал. 103, 1*). Нехай довжина ребра куба h, верхня його грань знаходиться на відстані h_1 від поверхні води, а нижня — h_2. Густина рідини рівна ρ.

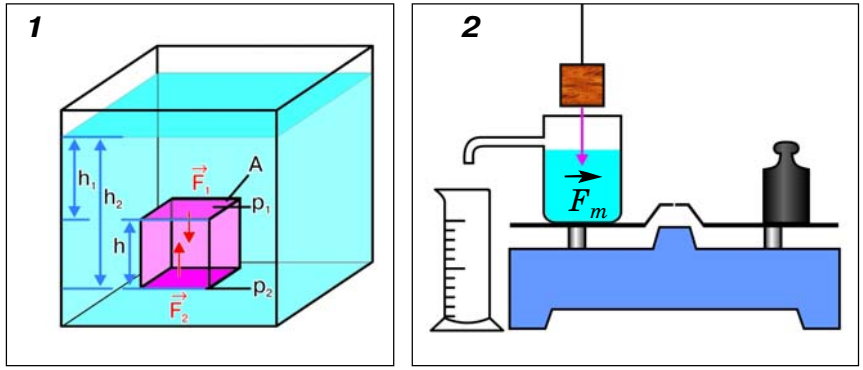
У такому випадку на верхню грань куба тиск дорівнює

$$p_1 = \rho g h_1.$$

Відповідно на нижню грань тиск води буде рівним

$$p_2 = \rho g h_2.$$

Площа бічної грані куба рівна S. Тоді сила, що діє на верхню грань рівна $F_1 = p_1 S = \rho g S h_1$, а на нижню $F_2 = \rho g S h_2$, (напрямки сил показані на *мал. 103, 1*).



Мал. 103. 1 — дія сил на занурене у рідину тіло; 2 — до задачі 1

Рівнодійна цих сил $F = F_2 - F_1 = \rho g S(h_2 - h_2) = \rho g S h$.

Добуток Sh дорівнює об'єму кубика V. Отже, $F = \rho g V$. Сили, які діють на бокові грані, рівні за величиною, але протилежно направлені, і їхня рівнодійна рівна нулю. Отже, на тіло діє направлена вертикально вгору сила

$$F = \rho g V.$$

Така ж сила діє на будь-яке тіло, яке занурене в рідину. Маса рідини в об'ємі зануреного тіла $m = \rho V$. Це означає, що $F = mg = P$, де P — вага рідини, витісненої тілом. Звідси висновок:

На занурене в рідину тіло вертикально вгору діє виштовхувальна сила, яка рівна вазі рідини, виштовхнутої цим тілом.

Це положення носить назву закон Архімеда.

Як видно з формули для виштовхувальної сили, її величина залежить від густини рідини. Тому в одних рідинах виштовхувальна сила може бути великою, а в інших — малою (для одного і того ж тіла).

З формули закону Архімеда видно, що виштовхувальна сила буде різною у різних полях тяжіння (гравітаційних полях). Тому для однієї і тієї ж рідини величина виштовхувальної сили на Землі і на інших планетах буде різною. Залежить величина виштовхувальної сили і від об'єму тіла. Тому, змінюючи об'єм тіла, можна регулювати її величину.

Приклад. Об'єм предмета 0,2 дм^3. Яка виштовхувальна сила діятиме на нього при повному зануренні у воду?

Дано:	*Розв'язання*
$V = 0{,}2$ дм^3 = $0{,}0002$ м^3 $\rho_в = 1000$ кг/м^3	Згідно закону Архімеда, величина виштовхувальної сили рівна $F = \rho g V$. Відомо, що густина води рівна 1000 кг/м^3. Тому виштовхувальна сила $F = 1000$ кг/м^3 $\cdot$ 9,8 Н/кг $\cdot$ $0{,}0002$ м^3 = 1,96 Н.
F — ?	

Відповідь: 1,96 Н.



На занурене у рідину чи газ тіло (занурену частину тіла) діє вертикально вгору виштовхувальна сила, рівна вазі рідини (газу), в об'ємі зануреного тіла (закон Архімеда). Величина виштовхувальної сили залежить від густини рідини, об'єму тіла і величини гравітаційного поля.



1. Сформулюйте закон Архімеда. **2.** Чи однакова виштовхувальна сила діє на тіло, занурені у різні рідини, гази? **3.** Чи з однаковою силою буде виштовхувати рідина тіло на Землі і на Марсі? **4.** Як величина виштовхувальної сили залежить від об'єму тіла? Запишіть формулу виштовхувальної сили.

? **1.** Відливний стакан з водою знаходиться в рівновазі на терезах (*мал. 103, 2*). Дерев'яний брусок опустимо в стакан. Скільки води витекло? Чи порушилась рівновага після того, як у стакані став плавати брусок? **2.** У посудині з водою плаває склянка. Чи зміниться рівень води в посудині, якщо, нахиливши склянку, зачерпнути нею трохи води і пустити знову плавати? **3.** У посудині плаває кусок льоду із вмерзлим у нього каменем. Як зміниться рівень води в посудині, коли лід розтане?

§45. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Визначення густини тіла гідростатичним зважуванням.

Закон Архімеда використовують для визначення густини твердих тіл та рідин. Наприклад, вам потрібно визначити, золота річ чи позолочена. Ви маєте досить наукових знань, щоб розв'язати цю задачу. Вам досить визначити густину тіла і порівняти її з табличними даними.

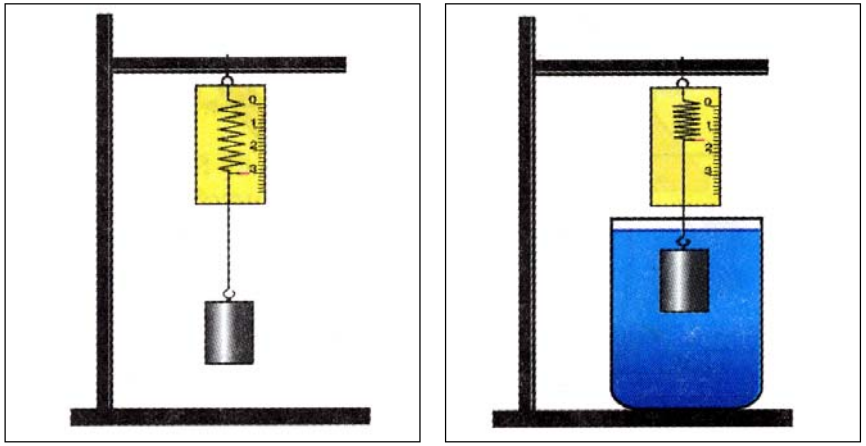
Використаємо динамометр та склянку з водою (*мал. 104*).

Спочатку за допомогою динамометра зважимо тіло, густину якого необхідно визначити, у повітрі. Сила тяжіння, яка діє на тіло:

$F_т = mg = \rho_T V_T g$, де ρ_T — густина тіла, V_T — об'єм тіла.

Виштовхувальною силою повітря при визначенні сили тяжіння нехтуємо. Опустимо тіло у склянку з водою. Динамометр покаже рівнодійну силу сили тяжіння і виштовхувальної сили, які діють на тіло:

$F = F_т - F_в = \rho_т V_т g - \rho_в V_т g$.



Мал. 104. Прилади для визначення густини твердого тіла.

Нам відомі сила тяжіння $F_т$ та рівнодійна сила сили тяжіння і виштовхувальної сили F, а також густина води $\rho_в$.

Запишемо $\frac{F_т}{F} = \frac{\rho_T V_T g}{V_T g(\rho_T - \rho_в)}$, $\frac{F_т}{F} = \frac{\rho_T}{\rho_T - \rho_в}$.

Звідки $\frac{F_т}{F} = \frac{\rho_T}{\rho_T - \rho_в}$.

Для визначення густини невідомої рідини можна скористатися цією формулою, якщо в наявності тверде тіло з відомою густиною. Замість густини води rв підставимо у формулу rр і визначимо її:

$\rho_р = \frac{\rho_T (F_т - F)}{F_т}$, де ρ_T — відома густина тіла, $F_т$ — показ динамометра, коли тіло зважуємо у повітрі, F — показ динамометра, коли тіло занурене в рідину.

Якщо немає твердого тіла з відомою густиною, можна її визначити.

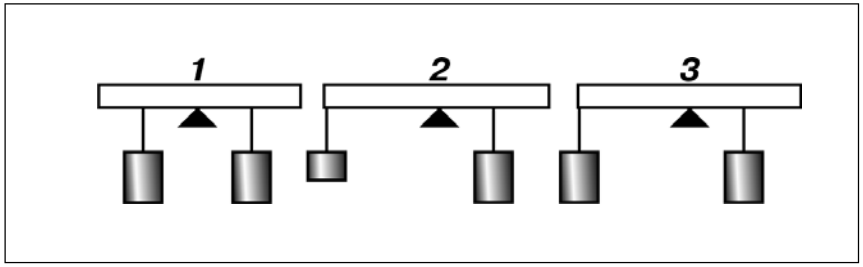
Задача 2. Визначити виштовхувальну силу, яка діє на камінь об'ємом 1,6 м³ у морській воді.

Дано:	*Розв'язання*
$V = 1{,}6$ м^3	$F_A = g\rho_в V$
$\rho_в = 1030$ кг/м^3	$F_A = 9{,}8$ Н/кг $\cdot$ 1030 кг/м^3 $\cdot$
$g = 9{,}8$ Н/кг	1,6 м^3 = 16480 Н $\approx$ 16,5 кН.
F_A — ?	

Відповідь: FA = 16,5 кН.

Задача 3. Як зменшиться вага металевого бруска об'ємом 100 см3 після повного занурення його в гас.

Дано:	*Розв'язання*
$V = 100$ м^3	На занурене в рідину тіло діє виштовхувальна сила, отже
$\rho_г = 800$ кг/м^3	$\Delta P = F_A$ $\quad$ $\Delta P = g\rho_г V$
ΔP — ?	$\Delta P = 9{,}8$ Н/кг $\cdot$ 800 кг/м^3.



Мал. 105. До задачі 2

Для вимірювання густин твердих тіл і рідин використовують метод гідростатичного зважування. Можна його використати і для визначення мас та об'ємів тіл різної форми. В основі методу лежить закон Архімеда.

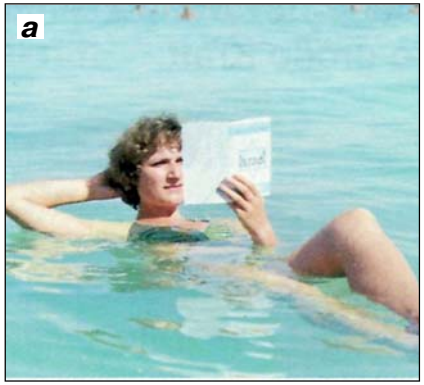
1. Яка будова гідростатичних терезів? **2.** Який закон лежить в основі методу гідростатичного зважування? **3.** Як за допомогою гідростатичного зважування визначити густину рідини?

? **1.** Коли глибше зануриться у воду корабель — влітку чи взимку? Обґрунтуйте. **2.** Є три важелі, які перебувають у положенні рівноваги: на першому зрівноважені дві цілком однакові гирі; на другому зрівноважені дві гирі з однакового матеріалу, причому одна гиря у два рази легша за другу (*мал. 105*). На третьому зрівноважені дві однакові за об'ємом гирі з різного матеріалу. Що ми спотерігатимемо при зануренні важелів у воду?

§46. УМОВИ ПЛАВАННЯ ТІЛ

На тіло, повністю занурене в рідину, діє сила тяжіння, направлена вертикально вниз, та виштовхувальна сила, направлена вгору. В залежності від співвідношення цих сил тіло буде:

— плавати, якщо виштовхувальна сила більша від сили тяжіння;





Мал. 106. Плавання тіл

— при рівності цих сил тіло буде в рівновазі в будь-якому місці в рідині;

— якщо сила тяжіння більша від виштовхувальної сили, тіло буде опускатися на дно (тонутиме).

Як залежить стан суцільного тіла, зануреного в рідину, від співвідношення густини рідини і тіла? Сила тяжіння $F_т = \rho_т g V$, де $\rho_р$ — густина тіла. Виштовхувальна сила $F_в = \rho_р\, gV$. Рівнодійна цих сил $R = F_в - F_т = gV\,(\rho_р - \rho_т)$.

Якщо густина тіла $\rho_т > \rho_р$, то тіло тоне. Якщо $\rho_т < \rho_р$ — тіло плаває на поверхні. У випадку $\rho_т = \rho_р$ тіло буде у рівновазі на будь-якому рівні всередині рідини.

Для демонстрації цього явища можна покласти куряче яйце у воду. Яйце потоне. Добавляючи у воду солі (потрібно, щоб вона розчинилась у воді), помітимо, що яйце плаває у рідині на будь-якому рівні. Зверніть увагу, що воно плаває на будь-якому рівні, але не в будь-якому положенні. Додавши більше солі в розчин, можна добитися, що яйце буде плавати на поверхні розчину.

У Палестині є Мертве море із дуже солоною водою. Людина у цьому морі може на поверхні майже сидіти (*мал. 106, а*). Стан рівноваги при плаванні використовують риби і підводні човни. Так, підводний човен має

спеціальні цистерни, заповнені водою. Якщо цистерни повністю заповнені водою, то його вага більша виштовхувальної сили і човен тоне. Коли за допомогою стиснутого повітря воду витіснити з цистерн, то виштовхувальна сила більша ваги човна і човен випливає на поверхню (*мал. 106, б*). При частковому заповненні баластних цистерн він може плавати під водою. У багатьох риб замість баластних цистерн є плавальний міхур. Роздуваючи міхур, риба піднімається на поверхню. Стискаючи його, вона опускається вниз.

Закон Архімеда можна використовувати і для газів. Так, підіймальна сила аеростата буде $F = gV\,(\rho_п - \rho_г)$, де $\rho_п$ — густина повітря, $\rho_г$ — густина газу, яким заповнена оболонка аеростату.

Тіло може плавати на поверхні рідини, перебувати у рівновазі у будь-якому місці рідини, опускатися на дно. Умови плавання тіла в рідині залежать від співвідношення між силою тяжіння і архімедовою силою. Якщо виштовхувальна сила більша за силу тяжіння, тіло плаває на поверхні рідини, а якщо менша — тоне.

1. Сформулюйте умову плавання тіла. **2.** При яких умовах тіло тоне? **3.** На якому законі ґрунтується плавання тіл?

? **1.** У пробірку налиті ртуть, вода, олія. Як вони розмістяться? **2.** Чому крижину легко пересувати у воді і важко витягати її з води? Яка частина крижини перебуває у воді, якщо загальний об'єм її 0,12 м³? **3.** Для визначення густини рідини, наприклад розчину кухонної солі, зважують якесь тіло у воді, а потім у цій рідині. Обчислити густину розчину кухонної солі, якщо важок 100 г важить у воді 0,86 Н, а в цьому розчині — 0,84 Н. **4.** Наведіть приклади використання закону Архімеда (плавання суден, повітроплавання, тощо).

§47. З'ЯСУВАННЯ УМОВ ПЛАВАННЯ ТІЛ

Лабораторна робота №10

Мета: експериментально встановити умови плавання тіл.

Прилади і матеріали: мензурка з водою, пробірка з корком, важільні терези з набором важків, пісок у сірниковій коробці, фільтрувальний папір, гачок.

Хід роботи:

1. Визначте ціну поділки мензурки, налийте в мензурку води.
2. Насипте у пробірку піску, закрийте пробірку корком і опустіть в мензурку. Визначте об'єм пробірки. Визначте, плаває мензурка, тоне чи спливає.
3. Вийміть пробірку з мензурки, висушіть її фільтрувальним папером і зважте її.
4. Визначте виштовхувальну силу, що діяла на пробірку, і порівняйте її з силою тяжіння, що діє на пробірку.
5. Відсипте з пробірки на 1/3 піску, дослід повторіть, а також всі вимірювання. Спостерігайте стан пробірки (тоне, плаває, спливає).
6. Повторіть дослід.

Результати вимірювання запишіть у таблицю.

Об'єм пробірки V, м³	Архімедова сила F_A, Н	Маса пробірки з піском m, кг	Сила тяжіння $F_{тяж}$, Н	Порівняння сил F_A і $F_{тяж}$	Спостереження явищ

Зробіть висновок, при яких співвідношеннях F_A та $F_{тяж}$ тіло тоне, спливає, плаває.

ЗАДАЧІ ДО РОЗДІЛУ ІІІ

1. Чому в процесі шліфування тертьових поверхонь тертя між ними спочатку зменшується, а потім знову зростає?

2. Чому колеса навантаженого автомобіля буксують на слизькій дорозі менше, ніж порожнього?

3. Чому треба берегти гальма автомобіля й мотоцикла від попадання на них масла?

4. Відомо, що між молекулами діють сили притягання. Чому ж дві молекули газу, зіткнувшись, не злипаються, а розлітаються в різні боки?

5. Яка із сил (сила тяжіння, сила пружності, сила тертя) діє в таких випадках: а) вода падає з греблі; б) автомобіль зупиняється від гальмування; в) гумовий м'яч відскакує від стінки; г) вода в річці тече; д) на пальці людини залишається слід від кнопки, яку вона вколювала в стінку; є) підошви черевиків зношуються; ж) пружина динамометра розтягується, коли до неї підвішено тягарець?

6. Для чого до рюкзака пришивають широкі лямки?

7. Чому дорівнює тиск на рейки чотиривісного вагона масою 60 т, якщо площа стикання одного колеса з рейкою 10 см^2?

8. Спортсмен, маса якого 80 кг, біжить на ковзанах. Який тиск чинить він на лід, якщо довжина кожного ковзана 40 см, а ширина леза 3 мм?

9. Важкий танк, який рухається по асфальтовій дорозі, не руйнує асфальту. Чому ж він розчавлює цеглину, що потрапила під його гусеницю?

10. Оса устромляє своє жало із силою 0,000 01 Н. Чому, діючи такою маленькою силою, вона проколює

шкіру тварини? Який тиск чинить жало на шкіру, якщо площа його вістря 0,000 000 000 003 см^2?

11. Висота мензурки 20 см. її наповнюють по черзі водою, гасом, машинним маслом. Визначте для кожної рідини тиск на дно мензурки.

12. Під час глибокого вдиху в легені дорослої людини входить близько 4л повітря. Визначте масу цього повітря.

13. Обчисліть масу повітря в об'ємі вашої жилої кімнати. Яка вага цього повітря?

14. Чи можна здійснити дослід Торрічеллі із скляною трубкою, довжина якої менша за 1 м? більша за 1 м?

15. Прикладений щільно до губ кленовий листок розривається, якщо вдихнути швидко повітря. Яка сила розриває листок?

16. У гідравлічному пресі площа поверхні насосного циліндра S_1=10 см^2, а преса S_2 = 200 см^2. Яка сила розвивається пресом, якщо на поршень насосного циліндра діють із силою 300 Н ?

17. Латунна куля вагою 294 Н плаває у воді зануреною рівно наполовину. Визначте об'єм порожнини у середині кулі. Густина латуні 8500 кг/м^3.

УЗАГАЛЬНІТЬ ВИВЧЕНЕ

1. Що таке сила? На основі яких явищ вона вимірюється та в яких одиницях?

2. Рівнодійна кількох сил. Приклади додавання сил.

3. Сила тертя та коефіцієнт тертя. Приклади прояву сили тертя.

4. Сила тяжіння та вага тіла. Невагомість.

5. Тиск і сила тиску. Закон Паскаля, його застосування в машинах і механізмах.

6. Атмосферний тиск, його вимірювання. Залежність атмосферного тиску від висоти.

7. Закон Архімеда та приклади його використання.

8*. Складіть структурно-логічну схему узагальнення знань з розділу на основі загальних закономірностей природи.

9*. Прочитайте вислів М.В. Ломоносова. Як би ви обґрунтували чи заперечили його думку?

Сліпий фізик без математики, сухорукий без хімії.
М. В. Ломоносов



Розділ IV

МЕХАНІЧНА РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ









Енергія — екологія — майбутнє — ці поняття нерозривні для розуміння умов взаємодії людини з природою.

У цьому розділі ви продовжите вивчення основних понять механіки, застосовувати знання про них при розв'язуванні кількісних задач, формувати свої вміння виконувати потрібну роботу з найменшою затратою енергії. Це запорука вашого успіху в будь-якій діяльності і конкурентноздатності нашого суспільства.

§48. МЕХАНІЧНА РОБОТА

З поняттям «механічна робота» ви вже зустрічалися на уроках природознавства та фізики. Пригадаємо приклади виконання механічної роботи.

Піднімаючи молоток, ми виконуємо роботу; двигун автомобіля виконує механічну роботу, переміщуючи автомобіль; підйомний кран виконує роботу, переміщуючи вантаж, гребці виконують роботу, переміщуючи човен (*мал. 107*). При яких умовах виконується механічна робота?

Зверніться до *мал. 107, 1*. Можлива така ситуація, що при русі човна проти течії він не буде змінювати своє положення відносно берега, хоча гребці прикладають силу до весел. Силу прикладено, але роботу не виконано, бо ця сила не привела до переміщення тіла. Механічна робота виконується тільки тоді, коли тіло під дією прикладеної до нього сили переміщується на деяку відстань. Учень, який стоїть, упираючись в стіну, чи тримає в руках м'яч, роботи не виконує. Якщо на тіло діє сила, а тіло не рухається, робота не виконується.



Мал. 107. Виконання механічної роботи: 1) людиною; 2) машиною

Спостерігаються такі випадки, коли тіло рухається без участі сил (за інерцією). Наприклад, котиться по підлозі кулька, що впала зі столу. У цьому випадку механічна робота також не виконується. Механічна робота виконується тоді, коли на тіло діє сила і воно рухається під дією цієї сили.

Розглянемо, як виконана робота залежить від величини сили і від довжини шляху, на якому тіло рухалося під дією сили.

Припустимо, що ми переміщуємо по горизонтальній поверхні брусок, прикріпивши до нього гачок динамометра. Нехай динамометр показує, що нам довелося прикласти силу 1 Н. Перемістивши брусок на 1 м, ми виконали певну роботу. Для переміщення іншого бруска силою 2 Н на 1 м доведеться виконати роботу вдвічі більшу.

Перемістимо тепер брусок силою 1Н на відстань 3 м. Виконаємо в 3 рази більшу роботу, ніж у першому випадку.

Розглянуті приклади показують, що механічна робота тим більша, чим більша сила її виконує і чим більший шлях, який проходить тіло під дією сили. Тому умовились вимірювати механічну роботу добутком сили на довжину шляху, що його пройшло тіло у напрямку дії сили.

Механічна робота прямо пропорційна силі й довжині шляху, який тіло пройшло під дією сили: робота = сила х шлях, або

$$A = Fs,$$

де A — робота, F — сила і s — пройдений шлях.

За одиницю роботи беруть роботу, яку виконує сила 1 Н, що діє в напрямку руху, на шляху 1 м. Одиницю роботи називають джоулем (позначається Дж) на честь англійського вченого Дж. Джоуля, який провів важливі для науки досліди щодо вимірювання роботи.

1 джоуль =1 ньютон х метр, або 1Дж = 1 Н х м.

1000 Дж = 1 кДж.

Приклад 1. Трактор під час оранки тягне плуг із силою 20000 Н. Яка робота виконується при цьому на шляху 50 м?

Дано:	*Розв'язання*:
$F = 20000$ Н $s = 50$ м	$A = Fs$ $A = 20000\ Н \cdot 50\ м =$ $1\ 000\ 000\ Дж\ 1{,}0 \cdot 10^6 Дж.$
A – ?	

Відповідь: $A = 1{,}0 \cdot 10^6$ *Дж.*

Приклад 2. Визначте роботу, яка виконується під час рівномірного піднімання залізної балки завдовжки 10 м і перерізом 100 см^2 на висоту 25 м.

Дано:	*Розв'язання*:
$l = 10$ м $S = 100$ см^2 $\rho = 7800$ кг/м^3 $h = 25$ м	$A = Fs$, де F — сила, яку потрібно прикласти, щоб рівномірно піднімати балку вгору. Ця сила чисельно дорівнює силі тяжіння F_T, яка діє на балку. Силу тяжіння визначимо за масою балки: $F_T = gm$. Масу балки обчислимо, знаючи її об'єм і густину заліза:
A – ?	

$m = \rho \cdot V$; об'єм V $= l \cdot S$;

$V = 100$ дм $\cdot$ 1дм$^2 = 100$ дм$^3 = 0{,}1$ м^3

Отже, $m = 7800$ кг/м$^3 \cdot 0{,}1$ м$^3 = 780$ кг

$F = 9{,}8$ Н/кг $\cdot$ 780 кг $= 7644$ Н.

$s = h$, тобто висоті піднімання.

$A = Fs = 7644$ Н $\cdot$ 25 м $= 191100$ Дж $= 191{,}1$ кДж

Відповідь: $A = 191{,}1$ кДж.

Механічна робота — це фізична величина, яка вимірюється добутком діючої на тіло сили на шлях, пройдений тілом у напрямку сили.

1. За яких умов виконується механічна робота? **2.** Від яких величин залежить виконана робота? **3.** В яких одиницях вимірюється робота? **4.** Чи виконується механічна робота в таких випадках: ведмідь вилазить на дерево; хлопчик тримає гирю в руці; учень тисне на стілець. Відповідь обґрунтуйте.

? 1. Цвях масою 100 мг підняли з підлоги і поклали на стіл, висота якого 75 см. Визначити виконану роботу. **2.** Кран піднімає вантаж 20 кН. Визначити виконану роботу за перші 5,0 с, якщо швидкість піднімання 30 м/хв. **3.** Відомо, що двигун трамвайного вагона під час від'їжджання від зупинки виконує механічної роботи в кілька разів більше, ніж під час руху на ділянці шляху такої самої довжини з усталеною швидкістю. Чому?

1. Визначте роботу, яку ви виконуєте, рівномірно піднімаючись з першого на другий поверх шкільного приміщення. Усі потрібні для цього дані виміряйте самостійно, результат запишіть у зошит.

2. Обчисліть, яку роботу ви виконуєте, рівномірно проходячи 20 м шляху горизонтальною дорогою. Врахуйте, що при кожному кроці ви виконуєте роботу приблизно 40 Дж.

§49. ПОТУЖНІСТЬ ТА ОДИНИЦІ ЇЇ ВИМІРЮВАННЯ

У багатьох випадках має значення не тільки виконана робота, а і час, за який вона виконується. Наприклад, трактор виорює ділянку землі за 20 хвилин, а кінь орав би її півдня. Підйомний кран на

будівництві за кілька хвилин піднімає на верхній поверх будинку таку кількість цеглин, яку людина не перенесла б за робочий день. На виробництві використовуються двигуни різної потужності (*мал. 108*).

Швидкість виконання роботи у техніці характеризують фізичною величиною, яку називають потужністю.

Потужність дорівнює відношенню роботи до часу її виконання. Щоб обчислити потужність, треба роботу поділити на час, за який цю роботу виконано:

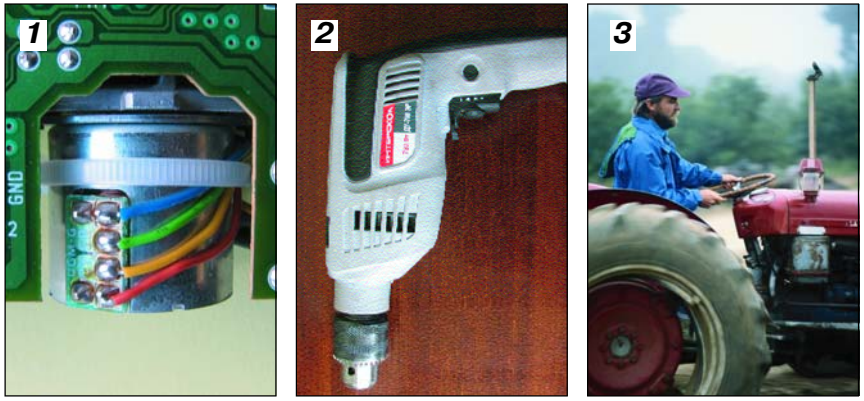
$$N = \frac{A}{t},$$

де N — потужність, A — робота, t — час виконання роботи. *За одиницю потужності беруть таку потужність, при якій за 1 с виконується робота 1 Дж.*

Цю одиницю називають ватом (позначається Вт), на честь англійського вченого Д. Уатта (1736 — 1819) — винахідника парової машини.

Підставимо у формулу потужності значення $A = Fs$.

$$N = \frac{Fs}{t} = F \cdot v \ .$$



Мал. 108. Двигуни різної потужності: 1 – двигун у комп'ютерній техніці (0,1 Вт); 2 – двигун електродрелі (780 Вт); 3 – двигун трактора (50 кВт)

Потужність дорівнює добуткові діючої на тіло сили на швидкість, надану тілу.

У техніці широко використовують кратні одиниці потужності — кіловат (кВт), мегават (МВт).

1 кВт = 1000 Вт; 1 МВт = 1 000 000 Вт.

Різні двигуни мають потужності від сотих і десятих часток кіловата (двигун електричної бритви, швейної машини) до сотень тисяч кіловат (водяні й парові турбіни). На багатьох двигунах є табличка (паспорт двигуна), на якій зазначено деякі дані про двигун, у тому числі і його потужність. Потужність людини за нормальних умов роботи в середньому становить 70 — 80 Вт.

Знаючи потужність двигуна, можна визначити роботу, яку виконує цей двигун протягом певного проміжку часу. З формули потужності випливає, що $A = Nt$.

Приклад. Потужність двигуна, який пересуває вугільний комбайн у забої, 3,5 кВт. Середня швидкість переміщення комбайна 0,1 м/с. Яке зусилля розвиває комбайн під час переміщення комбайна?

Дано:	*Розв'язання*:
N=3,5 *кВт* = 3500 *Вт*	Потужність комбайна: $N = F \cdot v$,
v = 1 м/с	$F = \frac{N}{v} = \frac{3500\ \text{Вт}}{0{,}1\ \text{м/с}} = 35000\ \text{Н} = 35\ \text{кН}.$
F — ?	Перевірка одиниць вимірювання:

Відповідь: комбайн розвиває зусилля 35 кН.

Потужність — фізична величина, яка чисельно дорівнює роботі, що виконується тілом за одиницю часу.

1. Що показує потужність? **2.** Як обчислити потужність, знаючи роботу і час? **3.** Як називається одиниця потужності? **4.** Які одиниці потужності використовують у техніці? **5.** Як, знаючи потужність і час роботи, обчислити роботу? **6.** Чи можна потужність назвати швидкістю виконання роботи?

? 1. Яку потужність розвиває двигун крана, якщо вантаж 10 т він піднімає з швидкістю 36,4 м/хв?

2. Визначити потужність машини, що піднімає 120 раз за хвилину молот вагою 0,2 т на висоту 0,75 м.

3. Яку роботу може виконати двигун потужністю 2 кВт за годину?

1. Обчисліть потужність, яку ви розвиваєте, піднімаючись повільно і швидко з першого на другий або третій поверх шкільного приміщення. Усі потрібні дані знайдіть за допомогою вимірювань.

2. Установіть, на яку потужність розраховані двигуни відомих вам автомобілів і тракторів.

Для допитливих

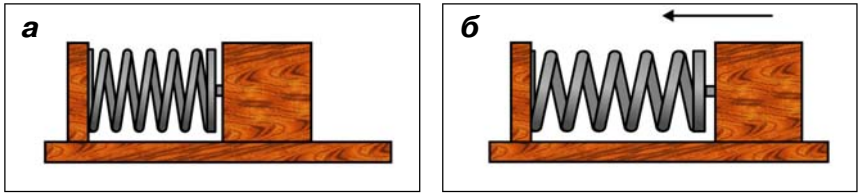
Виконайте проект «Потужність живих організмів».

§50. ПОТЕНЦІАЛЬНА І КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ

Якщо тіло або кілька тіл, які взаємодіють між собою (система тіл), можуть виконати роботу, то говорять, що вони мають енергію. Здатність рухомого тіла виконувати роботу називають кінетичною енергією.

Чим більші маса тіла й швидкість, з якою воно рухається, тим більша його кінетична енергія:

$$E_K = \frac{mv^2}{2}.$$

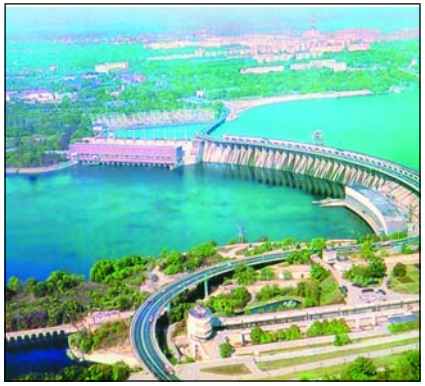


Мал. 109. Розтягнута пружина має потенціальну енергію

Однак можна навести приклади, коли тіла здатні виконувати роботу, не перебуваючи в русі. Таку здатність має піднятий на певну висоту молот, піднята греблею вода, зігнутий лук, з якого можна випустити стрілу, стиснута або розтягнута пружина (*мал. 109*), стиснуте в балоні повітря чи якийсь інший газ. Не рухаючись, вони мають приховану (потенціальну) здатність виконати роботу, якщо їм буде надана можливість рухатися. Про такі тіла говорять, що вони мають потенціальну (від латинського слова «потенція» — можливість) енергію. Потенціальну енергію визначають як здатність тіла виконувати роботу. Ця здатність може бути наслідком деформації тіла чи його розташування відносно земної поверхні (підняте над землею тіло, зігнуте, розтягнуте або взагалі деформоване якимсь чином). Потенціальною енергією називають енергію, яка визначається взаємним положенням взаємодіючих тіл або частин того самого тіла. Потенціальну енергію, наприклад, має тіло, підняте відносно поверхні землі, бо енергія тіла залежить від взаємного положення його і Землі та їх взаємного притягання.

Енергію вимірюють тими самими одиницями, що й роботу, тобто джоулями. У процесі виконання роботи енергія тіла змінюється. Виконана робота дорівнює зміні енергії.

Вважатимемо, що потенціальна енергія тіла, яке лежить на Землі, дорівнює нулю. Тоді потенціальна енергія тіла, піднятого на деяку висоту h, вимірюватиметься



Мал. 100. Рідинний насос



Мал. 101. До задачі 3

роботою, яку виконає сила тяжіння під час падіння тіла на Землю. Ви знаєте, що робота дорівнює добуткові сили на шлях, тобто

$A = Fh$, де F — сила тяжіння, $F = mg$.

Отже, у цьому разі потенціальна енергія E дорівнює:

$E_П = Fh$, або $E_П = mgh$.

Потенціальну енергію має вода річок, піднята греблями (*мал. 110*), чи вода, яка падає з водоспаду (*мал. 111*).

Потенціальну енергію має всяке пружно деформоване тіло. Енергію стиснених і закручених пружин використовують у годинниках, гвинтівках. Потенціальну енергію стисненого газу використовують у роботі теплових двигунів.

Чим більше енергію має тіло, тим більшу роботу воно здатне виконати. *Виконана робота є мірою зміни енергії тіла.*

Ми ознайомилися з двома видами механічної енергії. Інші види енергії (внутрішня, електрична тощо) буде розглянуто в наступних розділах курсу фізики.

Приклад. Швидкість тіла масою 4 кг у вільному падінні на якомусь шляху збільшилася з 2 до 8 м/с. Визначити роботу сили тяжіння на цьому шляху.

Дано:	Затрачена силою земного тяжіння робота дорівнює зміні кінетичної енергії тіла.
$m = 4$ кг	
$v_1 = 2$ м/с	
$v_2 = 8$ м/с	
A — ?	

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

$$A = \frac{4\text{ кг} \cdot 64\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - \frac{4\text{ кг} \cdot 4\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = 120\text{ Дж}$$

Енергія — фізична величина, яка характеризує здатність тіла виконувати роботу. В механіці розглядається енергія рухомого тіла — кінетична енергія — та енергія, яка залежить від взаємного розташування тіл або їх частин — потенціальна енергія.

1. Яку енергію називають кінетичною? **2.** Від чого залежить кінетична енергія? **3.** Яку енергію називають потенціальною? **4.** Наведіть приклади тіл, що мають потенціальну енергію. **5.** У якому випадку потенціальну енергію тіла вважають такою, що дорівнює нулю? **6.** Як виміряти потенціальну енергію тіла, піднятого на деяку висоту відносно поверхні Землі? **7.** Як довести, що деформована пружина має потенціальну енергію?

? **1.** Що у фізиці розуміють під енергією? **2.** Яку енергію відносно Землі має літак, що летить? **3.** Яку потенціальну енергію відносно Землі має тіло масою 100 кг на висоті 10 м? **4.** Дві однакові за об'ємом кулі підняті на однакову висоту. Чи однакова їх потенціальна енергія, якщо одна куля дерев'яна, а друга залізна? **5.** На яку висоту піднятий вантаж масою 12 кг, якщо його потенціальна енергія збільшилася на 1300 Дж? **6.** Коли підняти блок стіни будинку на висоту 9 м, його потенціальна енергія збільшиться на 7425 Дж. Яка вага блока? **7.** Яка швидкість кулі масою 8 г відповідає її енергії 80 Дж?

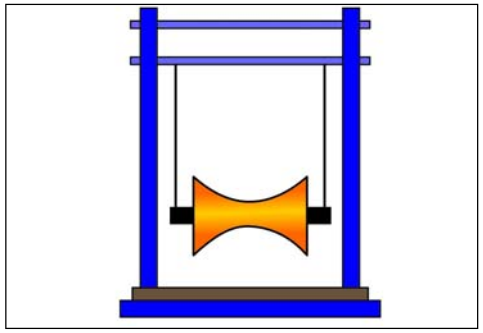
Стрибніть в довжину без розгону і розігнавшись. Виміряйте довжину стрибка в обох випадках і результати поясніть.

§51. ПЕРЕТВОРЕННЯ ОДНОГО ВИДУ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ІНШИЙ

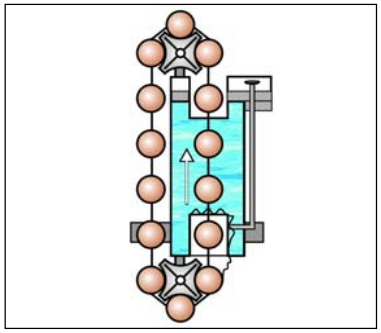
Ви вже знаєте, що жодний, навіть найвигідніший механізм не дає виграшу в роботі. Виконуючи роботу, ви затрачуєте енергію. Ця енергія не зникає. Тим чи іншим шляхом вона переходить до інших тіл. В замкнутій системі механічна енергія перетворюється з одного її виду в другий, з потенціальної в кінетичну і навпаки. Під замкнутою будемо розуміти систему, над якою не виконують роботи зовнішні по відношенню до неї сили.

Для ілюстрації перетворення механічної енергії використаємо прилад, зображений на *мал. 112*.

Накрутимо нитку на вісь коліщатка, піднявши його вгору, і відпустимо. Ми підняли коліщатко на певну висоту і надали йому певної потенціальної енергії. Коліщатко опускається вниз — потенціальна енергія його перетворюється в кінетичну; воно знову підніметься вгору і знову буде опускатися. Так буде відбуватися кілька разів.



Мал. 112. Прилад для спостереження перетворень механічної енергії



Мал. 113. «Вічний двигун»

Якби не було опору повітря і тертя нитки об вісь коліщатка, то воно б рухалося як завгодно довгий час.

Дослід цей доводить, що механічна енергія не зникає і не виникає з нічого, а тільки перетворюється з одного виду в інший (потенціальна в кінетичну і навпаки).

$$E_П = E_К \qquad mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

В кожний момент руху коліщатка воно має кінетичну і потенціальну енергію. Механічна енергія його дорівнює сумі кінетичної і потенціальної енергії. Ця величина залишалася б сталою, якби не враховувати перетворення енергії у внутрішню енергію повітря, деталей, в яких відбувається тертя під час руху маятника.

Багато винахідників намагалися зробити такий пристрій, у якому потенціальна енергія перетворювалася б у кінетичну вічно — вічний двигун.

Серед численних проектів «вічного» двигуна був і такий «винахід». Ланцюг з дерев'яних куль ходить навколо двох зубчастих валів, причому частина ланцюга потрапляє в басейн з водою (*мал. 113*). Дерево у воді спливає; тому права частина ланцюга повинна б була бути значно легшою, ніж ліва, і остання переважить. Під час руху цього ланцюга куль ліва його частина завжди мала б переважувати праву; через те ланцюг повинен був безупинно обертатися.

Здавалося б, який простий і дешевий «вічний» двигун! Однак невідомий винахідник, мабуть, не пробував сам збудувати такого двигуна; тоді б він упевнився, що такий пристрій зовсім не може рухатись. А чому? Подумайте.

Приклад. Визначити потенціальну і кінетичну енергії тіла масою 3 кг, яке вільно падає з висоти 5 м, на відстані 3 м від поверхні землі.

Дано:	*Розв'язання*:
$m = 3$ кг $h = 5$ м $h_1 = 3$ м $E_П - ?$, $E_к - ?$	Потенціальна енергія тіла на висоті h $E = mgh = 3$ кг $\cdot$ 9,8 Н/кг $\cdot$ 5 м = 150 Дж. Потенціальна енергія тіла на висоті h_1 $E_П = mgh_1 = 3$ кг $\cdot$ 9,8 Н/кг $\cdot$ 3 м = 90 Дж. Кінетична енергія тіла на цій же висоті (за законом збереження і перетворення енергії): $E_К = E - E_П = 150$ Дж $- 90$ Дж $= 60$ Дж.

Відповідь: $E_П = 90$ Дж; $E_К = 60$ Дж.

При всіх перетвореннях механічної енергії в замкнутій системі вона не зникає і не виникає з нічого, а тільки перетворюється з кінетичної на потенціальну. В цьому полягає зміст закону збереження і перетворення механічної енергії.

1. Наведіть приклади перетворення одного виду механічної енергії в інший. **2.** Які перетворення енергії відбуваються під час пострілу з лука? **3.** Які перетворення енергії відбуваються під час удару м'яча об підлогу? **4.** Поясніть перетворення одного виду енергії в інший у таких випадках: а) під час падіння води у водоспаді; б) під час закручування пружини годинника; в) на прикладі пружини під час закривання дверей. **5.** М'яч, випущений з рук, при падінні на підлогу не підскочить на попередню висоту. Якщо ж кинути м'яч з певною швидкістю, то він підскочить на висоту, більшу від попередньої. У чому різниця між цими рухами?

? **1.** Вітер, що дме з великою силою на відкритому місці, значно ослаблюється, зустрівши на своєму шляху ліс, і всередині лісу зовсім стихає. На що витрачається при цьому кінетична енергія, яку має рухоме повітря? Як

використовують це явище для боротьби з суховіями в степових районах?

2. Під час виконання деяких гімнастичних вправ застосовують трамплін, який являє собою пружну дошку, закріплену одним кінцем. Поясніть дію трампліна, а також — які перетворення енергії відбуваються при стрибку з трампліна.

3. М'яч, кинутий вертикально вгору, досяг висоти 25 м. Яка потенціальна енергія м'яча у верхній точці польоту, якщо маса його 50 г? Чому дорівнює кінетична енергія м'яча в момент падіння на землю? Опору повітря не враховувати. Яка величина потенціальної та кінетичної енергії м'яча на висоті 10 м над поверхнею землі?

4. Скільки прикладів можете навести на підтвердження закону збереження і перетворення енергії.

§52. МАШИНИ І МЕХАНІЗМИ

Машина — пристрій, що виконує механічні рухи з метою перетворення енергії, матеріалів чи інформації. Машина може являти собою складну систему, елементами якої є різноманітні механізми. Механізм — система тіл, призначена для перетворення руху одного тіла чи кількох тіл в потрібні рухи інших тіл.

Людині служить величезна кількість машин: автомобіль, мотоцикл, тролейбус, велосипед, літак, пароплав, швейна машина, кавоварка, електробритва, пральна машина... Завдяки машинам людина може застосовувати силу, яка значно перевищує силу будь-якої найсильнішої істоти у світі; переміщатися зі швидкістю, якої не може досягти жодна жива істота.

Що спільне для машин? Усі вони мають робочий орган, двигун та механізм передачі енергії від двигуна до робочого органа. Назвіть за *мал. 114* двигун (*1*), механізм передачі (*2*), робочі органи машин.



Мал. 114. Машини : 1 – велосипед; 2 – трактор; 3 – гелікоптер; 4 – комбайн

Як видно з *мал. 114*, робочі органи машини можуть бути різними: колеса (*мал. 114, 1)*, ковші (*мал. 114, 2*), пропелер (*мал. 114, 3*), жниварка (*мал. 114, 4*). Робочий орган — та частина машини, яка виконує роботу.

У багатьох машин є кілька робочих органів. Наприклад, комбайн поєднує кілька машин — жниварку, молотарку, віялку, транспортер, скиртоукладач. Двигун слугує для перетворення одного виду енергії в інший, наприклад, внутрішньої енергії палива, енергії електричного струму в механічну енергію. Механізм передачі являє собою поєднання різноманітних простих механізмів. Наприклад, у механізмі велосипеда можете виявити важіль, зубчате колесо (шестерню).

Із власних спостережень у довкіллі чи з розповідей дорослих ви знаєте про сільськогосподарські машини:

трактори, комбайни тощо. Людина їх використовує для обробітку землі з метою отримання продуктів харчування та сировини для виробництва.

Вдома і в школі навколо вас велика кількість побутової техніки: комп'ютер, телевізор, відеомагнітофон, вентилятор, холодильник, калькулятор... Перелік продовжте самостійно. Ці машини і механізми зробили життя людини більш зручним і комфортним.

Завдяки машинам людина може рухатися сама і перевозити вантажі водою і повітрям, по земній поверхні і під землею, навіть у безповітряному просторі. У цьому людині допомагають машини, що належать до транспорту — автомобілі, трамваї, тролейбуси, літаки, вертольоти, кораблі тощо. Велосипед — теж вид транспорту. Він не тільки дешевий і надійний, а й екологічно безпечна машина.

Розвиток ракетної техніки та авіації відбився і на дизайні автомобілів. Вони стали більш витягнутими, їх форми — обтічними, що зумовило зниження опору повітря, зменшення витрат пального.

Машини і охорона довкілля. Машини використовують енергію для виконання певної роботи. Машини, що використовують енергію невідновлюваних запасів палива — кам'яного вугілля, торфу, нафти, радіоактивних речовин — забруднюють навколишнє середовище. Унаслідок цього змінюється склад повітря, ґрунту, води. Робота машин призводить до зміни погоди, рослинного і тваринного світу, хвороб живих організмів, зокрема людей. Чим більшу роботу для людини виконують машини, тим більшу ціну за неї доводиться платити: здоров'ям людей, зникненням видів тварин і рослин тощо.

Машини, у яких використовується енергія людини, тварин, вітру, води, сонячна енергія, майже не забруднюють довкілля. Але таких машин ще замало, щоб

забезпечити потреби людей. Необхідно дбати про винайдення і використання машин, які не шкодять здоров'ю мешканців довкілля.

Машини і механізми створені людиною з метою перетворення енергії, матеріалів, інформації. Люди прагнуть створювати машини, які споживають якнайменше невідновлюваної енергії, якнайменше забруднюють середовище життя.

1. Які машини вам відомі? За рахунок якої енергії працюють двигуни відомих вам машин? **2.** З яких основних частин складаються машини? **3.** Охарактеризуйте робочі органи відомих вам машин. **4.** Охарактеризуйте механізми передачі енергії відомих вам машин.

? 1. За рахунок якої енергії працюють машини, зображені на *мал. 114*? **2.** Як можна було б зменшити негативний вплив машин на екологічний стан довкілля?

1. Які марки автомобілів вам найбільше подобаються?
2. Спробуйте описати екологічно безпечний сучасний автомобіль.
3. На основі яких загальних закономірностей будете пояснювати дію машин?

§ 53. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ

У попередніх параграфах ми ознайомились із важелем і його різновидами — блоками. Проте це є не всі прості механізми, що їх використовує людина у повсякденному житті.

Ще одним таким механізмом є похила площина. Щоб зменшити зусилля, наприклад, при завантаженні

автомобіля, людина не піднімає вантаж (*мал. 115, а*), а переміщує його по похилій площині (*мал. 115, б*).

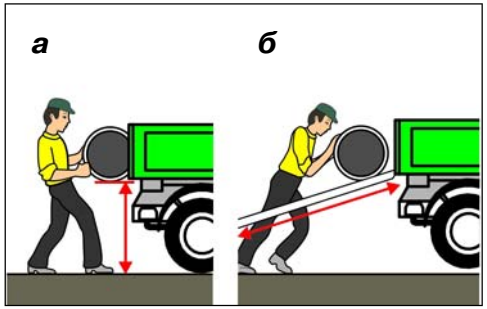
Простим механізмом є також коловорот (мал. 116). Основною його частиною є вал з радіусом l_1 і ручка, яка з'єднана з валом і віддалена від осі обертання на l_2. Фактично ми маємо справу з важелем з плечима l_1 і l_2. Використавши умови рівноваги важеля $F_1 l_1 = F_2 l_2$, визначимо виграш у силі за допомогою коловорота.

Якщо, наприклад, відро з водою діє на вал із силою $F_1 = 100$ Н, а радіус вала $l_1 = 15$ см і довжина ручки $l_2 = 30$ см, то

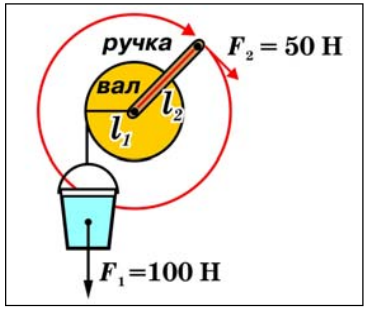
$$F_2 = \frac{F_1 l_1}{l_2} = \frac{100\ \text{Н} \cdot 15\ \text{см}}{30\ \text{см}} = 50\ \text{Н}.$$

Таким чином, коловорот дає виграш у силі. Проте шлях, який проходить ручка за один оберт, більший, ніж довжина ободу вала. Отже, використовуючи коловорот, людина виграє у силі і у стільки ж разів програє у шляху (доведіть самостійно).

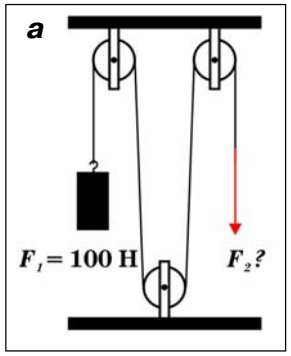
Важіль, блок, коловорот, похила площина мають загальну назву «прості механізми». Ці механізми дають можливість отримати виграш у силі або шляху. Проте, коли отримується виграш у силі, то буде програш у шляху, і навпаки — виграв у шляху, програємо у силі.



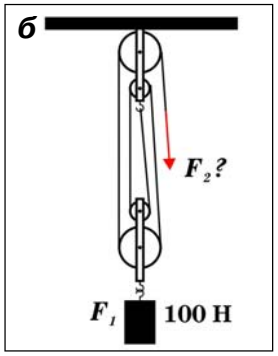
Мал. 115. Використання похилої площини

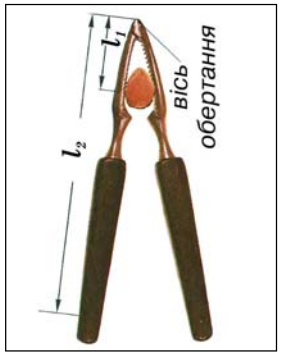


Мал. 116. Коловорот



Мал. 117





Мал. 118

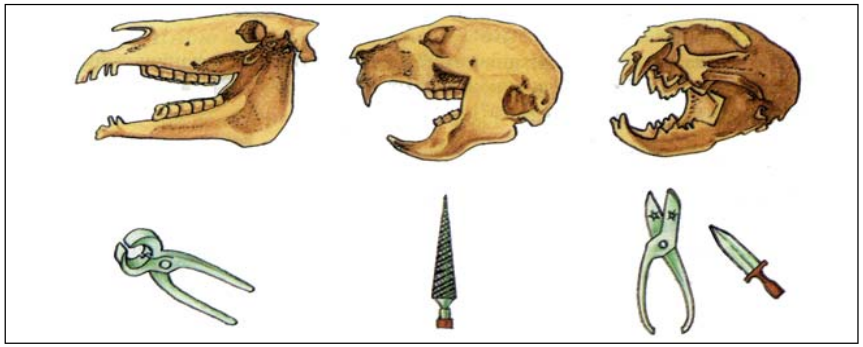
Простими механізмами є важіль, похила площина, коловорот, блоки. Прості механізми дають можливість змінювати напрям дії сили, її числове значення, шлях переміщення вантажу.

1. Що таке коловорот? **2.** Коли доцільно застосовувати похилу площину? **3.** Для чого використовують коловорот? **4.** Наведіть приклади використання простих механізмів.

? ***1.** За *мал. 117, а* підрахуйте, яку силу потрібно прикласти для піднімання вантажу. **2.** На мал. *117, б* зображена система блоків — поліспаст. Яку силу потрібно прикласти для підняття вантажу? **3.** На *мал. 118* зображені щипці для розколювання горіхів. Як діють щипці?

§54. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ В ПРИРОДІ

Знаряддя праці людина винайшла, спостерігаючи за тваринами, рослинами. З каменю вона зробила ніж — гострий «зуб». Навчилася його комбінувати з важелем, створила велику кількість необхідних їй знарядь праці. Багато знарядь праці є складними механізмами,



Мал. 119. Підказки природи і знаряддя праці

які поєднують кілька простих: ножиці поєднують важіль і клин, домкрат — важіль та гвинт, а гвинт, у свою чергу, поєднує похилу площину та клин.

На *мал. 119* зображено черепи коня, кролика, кота. З якими інструментами ви порівняли б дію їхніх зубів?

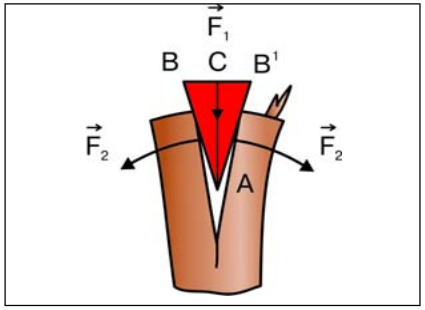
Клин є одним з простих знарядь праці, яке допомагає людині збільшити силу рук (*мал. 120*).

В одних випадках людина дбає про збільшення діючої сили, а в інших про її зменшення. Так, щоб зменшити силу тертя при переміщенні тіл, винайшли колесо. Колесо використовують і для передачі руху від одного тіла до іншого.

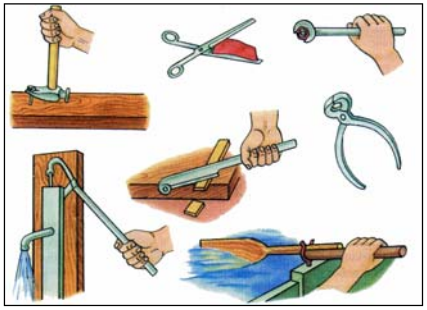
Під час виконання роботи людині часто потрібно перетворювати силу. З цією метою вона використовує прості знаряддя праці: важіль, блок, колесо, похилу площину та їх різновиди.

У попередньому розділі ви розглядали такий простий механізм як важіль, умову рівноваги важеля. Знаєте, що важіль дає виграш у силі. Чи можна виграти за допомогою простого механізму в роботі? Подумайте.

Приклади застосування важелів ви можете знайти в своїй шкільній майстерні. Це ручки лещат і верстаків, важіль свердлильного верстата тощо (*мал. 121*).



Мал. 120. Клин дає виграш у силі

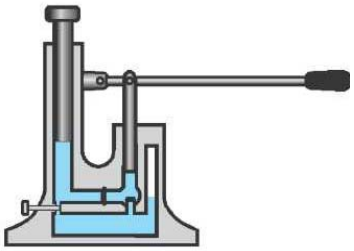


Мал. 121. Використання важеля

Прості механізми використовують для зміни напрямку або величини діючої сили. Виграшу в роботі прості механізми не дають.

1. Які ви знаєте прості механізми? **2.** Наведіть приклади використання важелів. **3.** Для чого використовують клин? Наведіть приклади інструментів, у яких використано клин. **4.** Для чого використовують колесо? Наведіть приклади використання колеса. **5.** Із якою метою використовують прості механізми?

? **1.** Під час рівномірного піднімання вантажу за допомогою рухомого блока вільний кінець вірьовки вибирався з швидкістю 0,6 м/с. З якою швидкістю піднімали вантаж? **2.** Чому в скелеті людини багато важільних елементів? **3.** Площа поршня нагнітального насоса гідравлічного домкрата 1см. Плечі важеля 2,5 см і 50 см (*мал. 122*). Яку силу треба прикласти до кінця важеля, щоб подавати масло під тиском 1000 Па? Охарактеризуйте домкрат як машину. **4.** За мал. *123, б* охарактеризуйте важільні елементи руки людини.



Мал. 122. До задачі 3

1. Розгляньте будову плоскогубців. Знайдіть у них вісь обертання, плече сили опору й плече діючої сили. Обчисліть, який виграш у силі може дати цей інструмент.

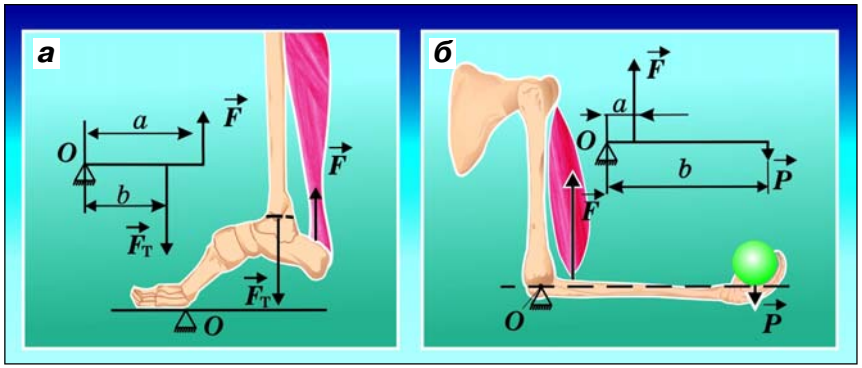
2. Огляньте в себе дома побутові машини та інструменти: м'ясорубку, швейну машину, ніж для відкривання консервів, гострозубці тощо. Охарактеризуйте прості та складні механізми, що в них використовуються.

Для допитливих

У 7 класі на уроках біології ви вивчаєте будову і життєдіяльність тварин. Зверніть увагу, що в скелеті тварин і людини всі кістки, що мають хоч якусь свободу рухів, є важелями. У людини це кістки кінцівок, нижня щелепа, череп, фаланги пальців. У кішок важелями є кігті, у членистоногих — більшість сегментів їх зовнішнього скелету — важелі. Механізми скелета, де використовується важіль, в більшості розраховані на виграш у швидкості (шляху) при програші в силі.

Розгляньте умови рівноваги важелів на прикладі кінцівок людини (*мал. 123*).

На *мал. 123, а* зображена дія зведення стопи при підйомі на півпальці. Опорою важеля, через який проходить вісь обертання, служать головки плюсневих кісток. Сила тяжіння тіла, що долається, припадає на нижню кінцівку і прикладена до таранної кістки. Діюча сила м'язів, що здійснює підйом тіла, передається



Мал. 123. Важелі у скелеті людини

через ахіллове сухожилля і прикладена до виступу п'яточної кістки. Важіль дає виграш у силі.

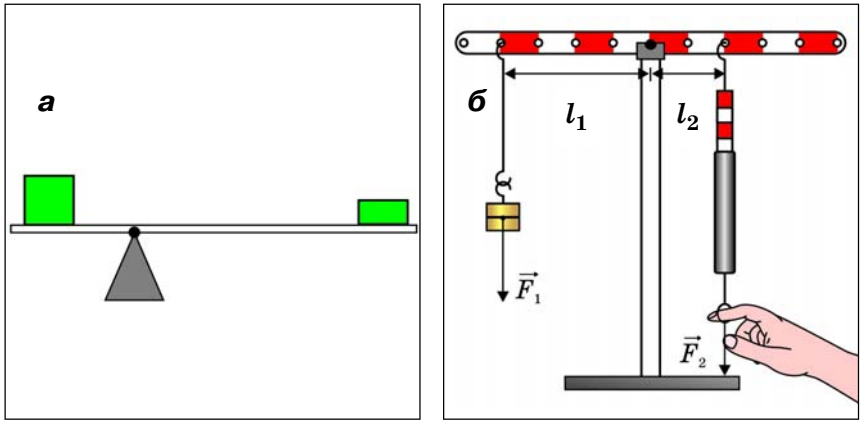
На *мал. 123, б* зображені кістки передпліччя. Точка опори важеля знаходиться в ліктьовому суглобі, вага вантажу прикладена до кисті. Сила м'язів має коротше плече. Важіль дає виграш у відстані.

Виконайте проект на тему: «Важелі в живій природі».

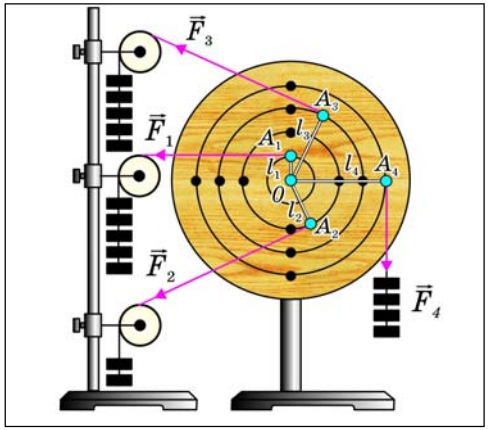
§ 55. МОМЕНТ СИЛИ

Поставимо на трьохгранну опору дощечку. Коли опора буде знаходитись посередині дощечки, то остання перебуватиме у рівновазі. Рівновага не порушиться, якщо на кінці дощечки поставити однакової маси вантажі. Коли ж вантажі будуть різної маси, то рівновага відразу ж порушиться. Проте рівновагу можна відновити, якщо опору перемістити у бік вантажу більшої маси (*мал. 124, а*). Чому це відбувається?

Проведемо такий дослід. У штативі закріпимо на осі рейку з поділками, які нанесені через рівні проміжки. На ліве плече рейки підвісимо вантаж (*мал. 124, б*).



Мал. 124. Рівновага важеля (а) та схема дії сил на нього (б)



Мал. 125. Прилад для визначення умови рівноваги тіла, що має вісь обертання



Мал. 126. Обценьки

На певній відстані від штатива до правого плеча прикріпимо динамометр. Приклавши певну силу до динамометра, приведемо рейку в горизонтальне положення. Виміряємо відстань від осі, на якій закріплена рейка, до місця закріплення вантажу l_1, та від осі до місця прикріплення динамометра l_2. Ці величини l_1 і l_2 називають плечима сил $\vec{F}_1$ (тяжіння) та сили $\vec{F}_2$, з якою динамометр діє на другу частину рейки.

Плечем сили $\vec{F}$ називають найкоротшу відстань від точки опори (осі обертання) до лінії дії сили. Цю відстань визначають, опустивши перпендикуляр з точки опори на лінію дії сили.

Величина плеча для випадку дії на тіло декількох сил показані на *мал. 125*. Точка О — вісь обертання, $\vec{F}$ — сила, l — плече сили $\vec{F}$. Як видно з *мал. 125*, напрямок дії сил може бути різним. Різна і довжина плечей у сил. Добуток величини сили F на її плече l називають моментом сили (M).

$$M = F \cdot l.$$

Одиницею моменту сили є такий момент сили, при якому діюча сила рівна 1 Н, а її плече — 1 м, тобто 1 Н · м.

У наведеному на *мал. 124, б* прикладі на ліве плече діє сила $F_1 = 2$ Н, а її плече $l_1 = 20$ см. Визначимо момент сили F_1: $M_1 = F_1 \cdot l_1 = 2$ Н $\cdot$ 0,20 м = 0,40 Н·м. Звернемося до *мал. 125* і визначимо в одиницях СІ моменти сил, що обертають тіло. Відстань $OA_1 = 0{,}03$ м; $OA_2 = 0{,}06$ м; $OA_3 = 0{,}09$ м; $OA_4 = 0{,}12$ м.

За годинниковою стрілкою діють моменти:

$M_2 = F_2 l_2 = 2 \cdot 0{,}06 = 0{,}12$ (Н·м);

$M_4 = F_4 l_4 = 4 \cdot 0{,}12 = 0{,}48$ (Н·м).

Проти годинникової стрілки діють моменти:

$M_1 = F_1 l_1 = 5 \cdot 0{,}03 = 0{,}15$ (Н·м);

$M_3 = F_3 l_3 = 5 \cdot 0{,}09 = 0{,}45$ (Н·м).

$M_2 + M_4 = M_1 + M_3$.

Як видно, сума моментів сил, що обертають тіло за годинниковою стрілкою, дорівнює сумі моментів, що обертають тіло проти годинникової стрілки. Тіло перебуває в рівновазі.



Моментом сили називають добуток сили на її плече. Тіло буде в рівновазі, якщо сума моментів сил, що обертають тіло за годинниковою стрілкою, дорівнює сумі моментів сил, що обертають тіло проти годинникової стрілки.



1. Що таке момент сили? **2.** Що називають плечем сили? Яка умова рівноваги тіла, на яке діє кілька моментів сил?

? **1.** При закручуванні гайки прикладають силу, момент якої 24 Н · м. Яка величина прикладеної сили, якщо радіус гайки 1 см? **2.** На *мал. 122* зображені обценьки. Рука тисне на відстані 15 см від осі обертання із силою 120 Н. Який момент вона створює?

§ 56. УМОВИ РІВНОВАГИ ВАЖЕЛЯ

Для визначення умов рівноваги важеля звернемося до *мал. 124, б*, на якому він зображений, та проведемо вимірювання. Вантаж діє на ліве плече із силою $F_1 = 2$ Н. Точка прикладання цієї сили віддалена від осі обертання на $l_1 = 4$ см. Точка прикладання сили $\vec{F}_2$ віддалена від осі обертання на $l_2 = 2$ см. Динамометр показує значення сили $F_2 = 4$ Н.

Визначимо моменти сил $\vec{F}_1$ і $\vec{F}_2$.

$M_1 = 0{,}08$ Н·м і $M_2 = 0{,}08$ Н·м.

Змінюючи плечі діючих сил та їх величину так, щоб важіль був у рівновазі, переконаємося, що при цьому момент сили, яка діє на ліве плече, буде дорівнювати моментові сили, який діє на праве плече.

При рівновазі важеля $M_1 = M_2$, тобто момент, який діє на важіль за годинниковою стрілкою, дорівнює моментові, який діє на нього проти годинникової стрілки.

Звернемося до умови рівноваги важеля:

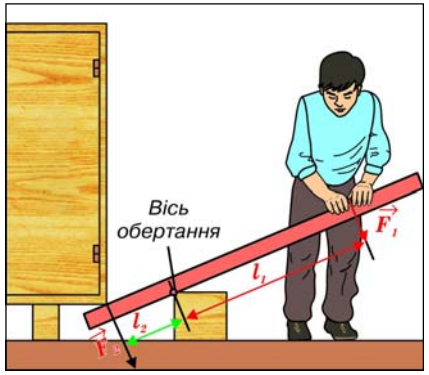
$M_1 = M_2$, $F_1 - l_1 = F_2 - l_2$, або

Важіль перебуває в рівновазі, якщо величина сил обернено пропорційна довжині їх плечей.

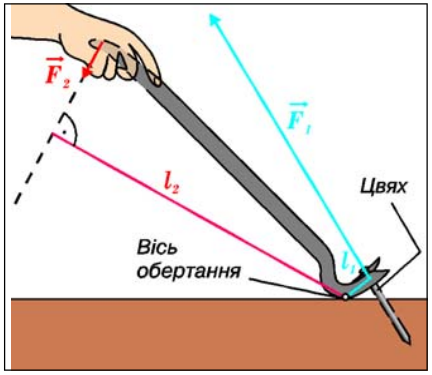
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

Розгляньте важелі, зображені на *мал. 127, 128*. Поясніть, чим вони відрізняються від важеля, зображеного на *мал. 124, б*?

Приклад 1. Хлопчик підіймає вантаж (*мал. 127*), діючи на рейку, довжина якої 2 м, із силою 50 Н. Відстань від точки опори (обертання) рейки до точки її дотику з шафою 50 см. Яке зусилля хлопчик прикладає до шафи?



Мал. 127. За допомогою важеля піднімають вантаж



Мал 128. Цвяховиймач

Дано:	*Розв'язання*:
$l_1 = 2$ м $F_1 = 50$ Н $l_2 = 50$ см $= 0{,}5$ м	Використаємо правило моментів сил $M_1 = M_2$; $F_1 l_1 = F_2 l_2$; $F_2 = \frac{F_1 l_1}{l_2}$; $F_2 = \frac{2 \cdot 50}{0{,}5} = 200$ (Н)
F_2 — ?	

Відповідь. До стола прикладене зусилля 200 Н.

Приклад 2. У скільки разів сила опору гвіздка при витягуванні його з дошки більша за силу, яку прикладає людина до цвяховиймача (*мал. 124*). Відстань від точки опори до головки цвяха 5 см, довжина ручки приладу 70 см.

Дано:	*Розв'язання*:
$l_1 = 5$ см $= 0{,}05$ м l_2 ? $= 70$ см $= 0{,}7$ м	З умови рівноваги важеля випливає: $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$; $\frac{F_1}{F_2} = \frac{0{,}7}{0{,}05} \approx 14.$
$\frac{F_1}{F_2}$ – ?	

Відповідь. Людина виграє в силі у 14 разів.

Важіль перебуває у рівновазі, якщо сума моментів сил, що обертають важіль за годинниковою стрілкою, дорівнює сумі моментів сил, що обертають важіль проти годинникової стрілки.

1. Що таке важіль? **2.** Яка умова рівноваги важеля? **3.** Яка залежність між значеннями сил і плечей цих сил при умові рівноваги важеля?

? **1.** За допомогою обценьок (*мал. 126*) «перекусують» дротину. Яка сила прикладена до дротини, якщо людина діє із силою 120 Н, плече цієї сили 15 см, а відстань від осі обценьок до точки їх дотику з дротиною 3 см? **2.** Важіль зрівноважений важками 200 г і 300 г. На якій відстані від вантажу 300 г знаходиться точка опори, якщо вантаж у 200 г знаходиться від неї на відстані 15 см?

1. Розгляньте *мал. 128*. У скільки разів можна виграти в силі за допомогою цвяховиймача, якщо плечі його l_1 = 8 см; l_2 = 1 м?

ВИВЧЕННЯ УМОВИ РІВНОВАГИ ВАЖЕЛЯ
Лабораторна робота № 11

Мета: перевірити на досліді, при якому співвідношенні сил та їх плечей важіль перебуває в рівновазі.

Прилади і матеріали: важіль на штативі, набір тягарців, масштабна лінійка, динамометр.

Хід роботи

1. Зрівноважте важіль, обертаючи гайки на його кінцях так, щоб він розмістився горизонтально.

2. Підвісьте на лівій частині важеля два тягарці на відстані 12 см від осі обертання. Дослідним шляхом визначте, на якій відстані справа від осі обертання треба підвісити один тягарець, (два тягарці, три тягарці), щоб важіль прийшов до рівноваги.

3. Вважаючи, що кожний тягарець важить 1 Н, запишіть отримані дані в таблицю.

4. Обчисліть відношення сил і відношення плечей для кожного з дослідів; знайдені результати запишіть в останній стовпчик таблиці.

№ п/п	Сила F_1, Н	Плече l_1, см	Сила F_2, Н	Плече l_2, см	Відношення сил і плечей	
					F_1/F_2	l_2/l_1
1.						
2.						
3.						

Порівняйте відношення сил і плечей.

5. Зробіть висновок про умови рівноваги важеля.

Додаткове завдання. Спробуйте замість тягарців, які ви підвішували до правого плеча, прикріпити динамометр на відстані 3 см від осі обертання так, щоб з його допомогою утримувати важіль у рівновазі. Яку силу показав динамометр? Обчисліть для цього випадку відношення сил, прикладених до плечей, і зробіть відповідний висновок.

§57. КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ МЕХАНІЗМУ

Як видно із попереднього параграфа, на практиці виконана за допомогою простого механізму робота завжди більша за корисну роботу. Бо робота виконується проти сили тертя, на переміщення механізму чи його частин. Так, застосовуючи рухомий блок, доводиться додатково виконувати роботу, щоб підняти сам блок,

вірьовку й подолати силу тертя в осі блока. Використовуючи похилу площину, будемо виконувати роботу по підніманню вантажу і проти сили тертя.

Який би простий чи складний механізм ми не використовували, корисна робота, виконана за його допомогою, завжди становить лише частину затраченої роботи. Отже, позначивши корисну роботу буквою $A_К$, затрачену $A_З$, можна записати:

$$A_К < A_З, \quad \frac{A_К}{A_З} < 1.$$

Дія будь-якого простого механізму характеризується коефіцієнтом корисної дії, який визначається відношенням корисної роботи до затраченої. Позначають коефіцієнт корисної дії ККД.

ККД $= A_К / A_З$. Часто ККД виражають у процентах:

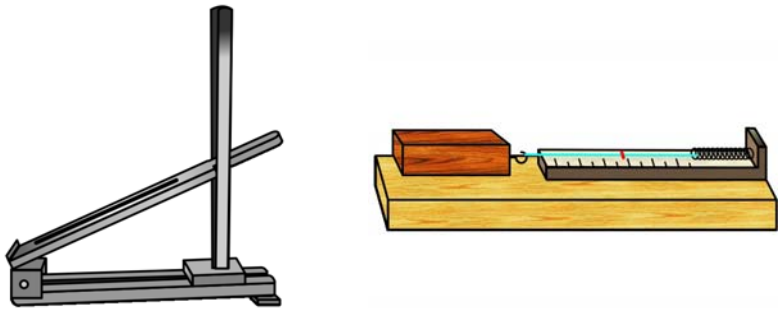
ККД $= A_К / A_З \cdot 100\ \%$.

ВИЗНАЧЕННЯ ККД ПОХИЛОЇ ПЛОЩИНИ.

Лабораторна робота №12

Мета: навчитися визначати коефіцієнт корисної дії простого механізму.

Прилади і матеріали: похила площина (або лінійка та штатив з муфтою) (*мал. 129*), дерев'яний брусок, металевий брусок, динамометр.



Мал. 129. Прилади до лабораторної роботи

Хід роботи

1. Установіть похилу площину, як показано на *мал. 125*, виміряйте її довжину l і висоту h та занесіть дані в таблицю.

2. Визначте масу дерев'яного бруска (m) за допомогою динамометра, занесіть її значення в таблицю.

3. Рухайте брусок вгору по похилій площині рівномірно, не змінюючи значення сили тяги. Показ динамометра занесіть у таблицю.

	l	h	m	F	$A_К$	$A_З$	ККД
1.							
2.							

4. Визначте корисну роботу $A_К = mgh$, затрачену роботу $A_З = Fl$ та коефіцієнт корисної дії за формулою ККД $= A_К/A_З$.

5.* Дослід повторіть з металевим бруском.

6. Зробіть висновок щодо значення ККД похилої площини, та порівняйте ККД похилої площини для обох дослідів.

Число, що дорівнює відношенню корисної роботи до затраченої, називають коефіцієнтом корисної дії механізму.

1. Яку роботу називають корисною, яку — затраченою? **2.** Чому при застосуванні механізмів корисна робота не дорівнює затраченій? **3.** Що таке коефіцієнт корисної дії механізму?

? **1.** Обчислити коефіцієнт корисної дії важеля з відношенням плечей 1 : 8, за допомогою якого ящик масою 150 кг піднятий на висоту 20 см, якщо до більшого плеча прикладена сила 190 Н.

§58. ЧИ МОЖНА ВИГРАТИ В РОБОТІ

Розглянуті у попередньому розділі прості механізми застосовують під час виконання роботи в тих випадках, коли потрібно дією однієї сили зрівноважити іншу силу.

Розглянемо питання стосовно застосування простих механізмів з метою виграшу в роботі.

Зрівноважимо на важелі дві які-небудь різні за величиною сили F_1 і F_2 (*мал. 130*) і приведемо важіль у рух. Виявимо, що за той самий час точка прикладання меншої сили F_1 проходить більший шлях s_1, а точка прикладання більшої сили F_2 — менший шлях s_2.

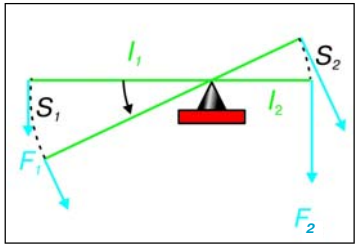
Вимірявши ці шляхи й величини сил, прийдемо до висновку, що довжини шляхів, пройдених точками прикладання сил на важелі, обернено пропорційні силам:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{s_2}{s_1},$$

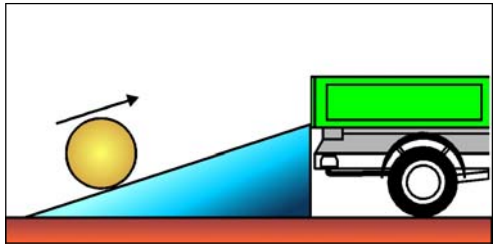
звідки $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$; $A_1 = F_1 s_1$; $A_2 = F_2 s_2$.

Отже, роботи, які виконуються силами, прикладеними до обох плечей важеля, рівні за величиною: $A_1 = A_2$.

Таким чином, користуючись важелем, ми виграємо в силі у стільки разів, у скільки програємо у шляху. Виграти в роботі за допомогою важеля неможливо. Це б суперечило загальному законові природи — законові перетворення і збереження енергії.



Мал. 130. Важіль не дає виграшу в роботі



Мал. 131. Похила площина

У побуті часто для виграшу в силі користуються похилою площиною (*мал. 131*). Цей простий механізм також не дає виграшу в роботі. Спробуйте переконатися у цьому, виконавши лабораторну роботу №12.

Досвід показує, що жодний з простих механізмів не дає виграшу в роботі. Різні прості механізми застосовують для того, щоб виграти в силі або в шляху.

У скільки разів виграємо в силі, у стільки ж разів програємо у шляху. Це правило ще стародавні вчені назвали «золотим правилом» механіки.



Жоден простий механізм не може дати виграшу в роботі. Затрачена за допомогою простого механізму робота більша за корисну.



1. З якою метою використовують важіль? **2.** Назвіть відомі вам прості механізми та наведіть приклади їх використання в побуті, в техніці. **3.** Чи можна виграти в роботі?

? 1. Як неможливість виграти в роботі випливає із закону збереження і перетворення механічної енергії.
2. Чому затрачена при використанні простих механізмів робота більша за корисну?



1. Чому сірник легко розламати посередині і важче відламати маленький шматочок від нього? **2.** Як ви думаєте, чому розглянуте на уроці правило названо «золотим»?



1. Пінцет та прищіпка для білизни є також важелями. Спробуйте зобразити сили, що діють на плечі цих важелів. **2.** Набираючи лопатою ґрунт, ми діємо як важелем. Де будуть точки прикладання сил і точка опори? Зробіть малюнок.

§59. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

Застосування закону збереження і перетворення механічної енергії дає вам можливість розв'язування задач, пов'язаних з механічним рухом.

Приклад 1. З якою швидкістю рухався поїзд масою 1500 т, якщо під дією гальмівної сили в 150 кН він пройшов з моменту початку гальмування до зупинки шлях 500 м?

Дано:
$m = 1500$ т $= 150\,000$ кг
$F_T = 150$ кН $= 150\,000$ Н
$S = 500$ м
$v - ?$

Розв'язання

За законом збереження і перетворення енергії кінетична енергія поїзда витратиться на роботу сили тертя.

$$E_{кін} = A_{F_T} \qquad \frac{mv^2}{2} = F_T s \qquad v^2 = \frac{2F_T s}{m}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times 150000 \times 500}{1500000}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Відповідь: 10 м/с.

Приклад 2. Електропоїзд у момент вимкнення струму йшов з швидкістю 8 м/с. Яку відстань він пройде до повної зупинки по горизонтальній колії, якщо гальма не ввімкнено, а коефіцієнт тертя дорівнює 0,005?

Дано:
$v = 8$ м/с
$\mu = 0{,}005$
$s - ?$

Розв'язання

$$E_{кін} = A_{F_T} \qquad \frac{mv^2}{2} = F_T s$$

$$\frac{mv^2}{2} = \mu\, gms \qquad \frac{v^2}{2} = \mu\, gs$$

$$s = \frac{v^2}{2\mu\, g}$$

$$s = \frac{64\ \text{м}^2}{2 \cdot 0{,}005 \cdot 10\ \text{м}} = 640\ \text{м}$$

Відповідь: 640 м.

Приклад 3. Порівняти гальмові шляхи навантаженого і порожнього автомобілів, які рухаються з однаковою швидкістю, якщо коефіцієнти опору рухові під час гальмування однакові.

Використавши розв'язок попередньої задачі, доведіть, що гальмівний шлях для навантаженого і ненавантаженого автомобіля буде однаковим.



1. До кінців стержня завдовжки 40 см і масою 10 кг підвісили вантажі масою 40 і 10 кг. Де треба підперти стержень, щоб він перебував у рівновазі? **2.** Баштовий кран піднімає в горизонтальному положенні стальну балку завдовжки 5 м і перерізом 100 см на висоту 12 м. Яку корисну роботу виконує кран?

§60. ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В НАВКОЛИШНЬОМУ СВІТІ

Урок серед природи

Розмістіться так, щоб вам зручно було спостерігати за рухом транспорту, працею людей на будівельному майданчику.

1. Розгляньте рухомі предмети навколо вас (автомобілі, тролейбуси, переміщення будівельних матеріалів). За рахунок якої енергії здійснюється механічний рух в спостережуваних випадках?

2. Назвіть прості і складні механізми, що використовуються у транспортних засобах, на будівництві. З якою метою вони використовуються?

3. Розгляньте нерухомі предмети (будинки, каміння, скупчення будівельних матеріалів тощо). Чи мають ці тіла потенціальну енергію? Чи могла вона перетворитися в інші види енергії?

4. Як змінюється енергія цеглини при переміщенні її з поверхні землі до місця на стіні будівлі? За рахунок якої енергії вона змінюється?

5. Зробіть ілюстрації (фотографії) на тему перетворення енергії на будівельному майданчику і в навколишньому світі.

ЗАДАЧІ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Автомобіль, маса якого 1,5 т, рухається зі швидкістю 5,0 м/с. Визначити середнє значення сили, яка діє на автомобіль, коли він: 1) зупиняється силами опору протягом 1,0 хв; 2) загальмовується протягом 15 с; 3) зупиняється, наткнувшись на перешкоду, протягом 0,5 с.

2. Довжина горизонтально установленого важеля становить 52 см. На його кінцях зрівноважено вантажі, вага яких 2,5 і 4,0 Н. Знайти плечі цих сил. Яка сила тиску на точкову опору?

3. Які вантажі зрівноважено на кінцях важеля, якщо їхні плечі становлять 500 і 700 мм, а сила тиску на точкову опору дорівнює 78,0 Н?

4. Автомобіль, вага якого 15 кН, рухається з швидкістю 27 км/год. Коефіцієнт опору дорівнює 0,020. Яку потужність розвиває двигун і яку роботу він виконує на кожному кілометрі шляху?

5. На столі висотою 0,75 м стоїть гиря, маса якої 2,0 кг. Яку потенціальну енергію має гиря відносно стола; підлоги?

6. Спіральна пружина у ненавантаженому стані має довжину 0,80 кг. Коли її розтягли силою 2 Н, то довжина стала 88 см. З якою силою потрібно розтягнути пружину, щоб її довжина стала 10 м?

7. Яка кінетична енергія кулі, що має масу 20 г і летить з швидкістю 900 м/с? З якою швидкістю повинен рухатися автомобіль масою 7,2 т, щоб мати таку саму кінетичну енергію?

УЗАГАЛЬНІТЬ ВИВЧЕНЕ

1. Які види механічної енергії ви знаєте? Наведіть приклади їх прояву в техніці, природі, життєдіяльності організмів.

2. Обґрунтуйте загальність закону збереження і перетворення механічної енергії.

3. Які прості механізми ви знаєте? З якою метою вони використовуються в побуті і техніці? Яка їх роль у живій природі?

4. Чому ККД простого механізму менший від 100 % ?

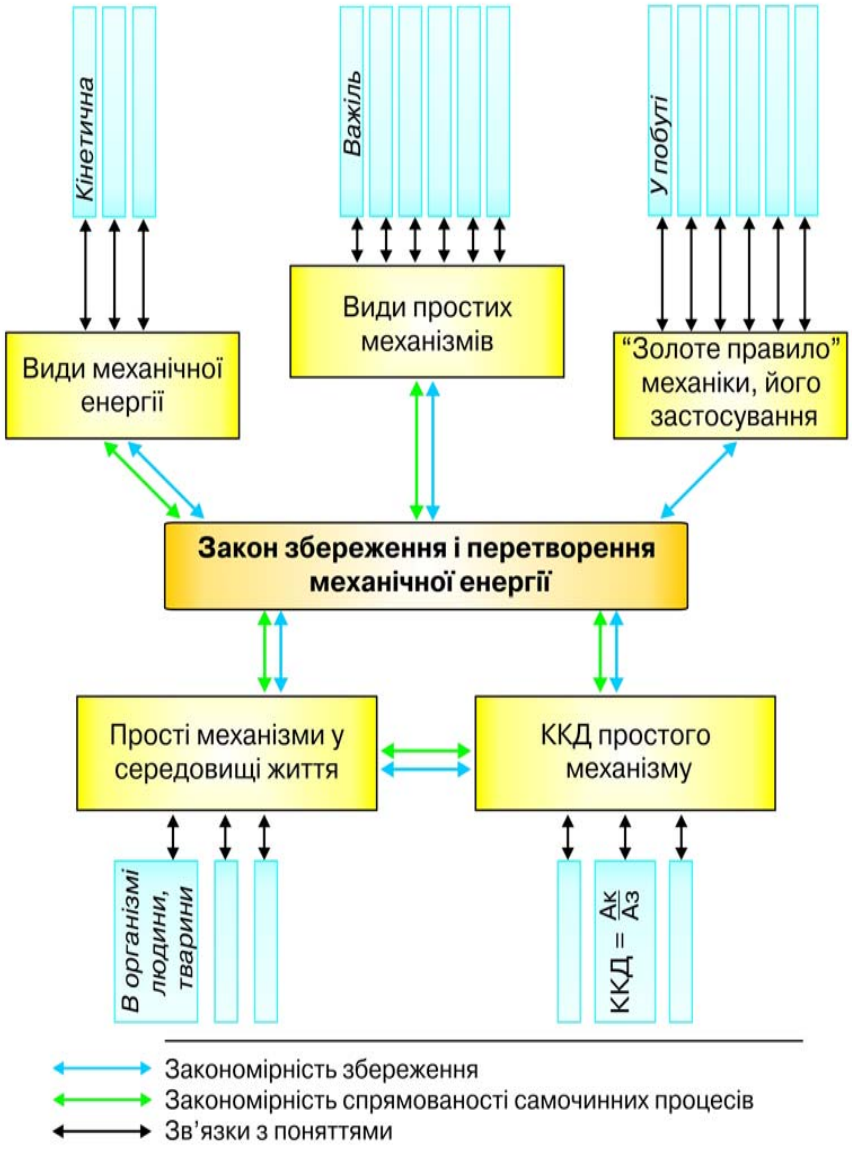
5.* Доповніть структурно-логічну схему (СЛС) теми. Поясніть зв'язки між елементами знань теми.

7.* Як знання з теми включите в свій образ природи?

8.* Як довести, що при складанні СЛС необхідна природничонаукова компетентність?

Узагальніть вивчене за курси природничих предметів. Змоделюйте свій образ природи (*мал. 133*):

1. Розгляньте, чи всі розділи фізики на ньому поміщені. Якщо не всі, то який розділ ще необхідно помістити і якими загальними закономірностями з'єднати його з центром ядра.



Мал. 132. Варіант стуктурно-логічної схеми розділу «Механічна робота та енергія»

Відповіді до задач

Відповіді до задач розділу 2.

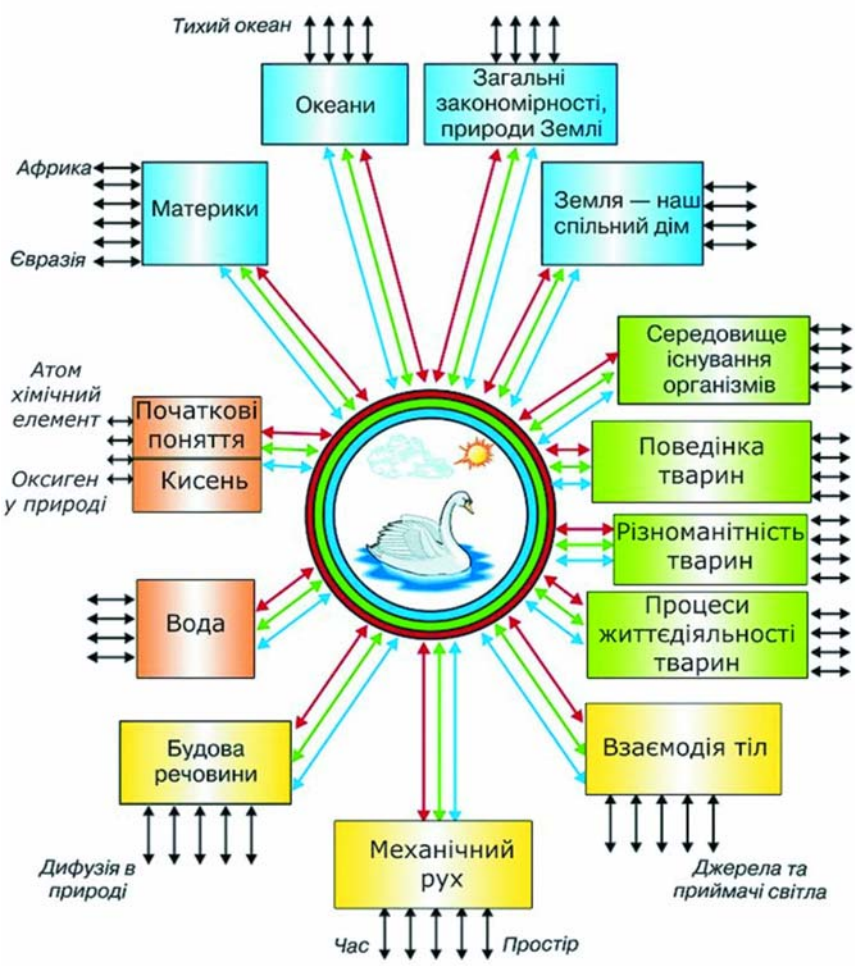
2. 340 м/с; **3.** 60 км/год, 45 км/год; **4.** ≈ 31 м/с; **5.** 480 км; **6.** 7 м/с.

Відповіді до задач розділу 3.

7. 75000 кПа; **8.** ≈ 670 кПа; **10.** ≈ $3 \cdot 10^{10}$ Па; **11.** 2 кПа, 1,6 кПа, 1,8 кПа; **12.** 5 г; **16.** 6 кН; **17.** $5{,}6 \cdot 10^{-2}$ м^3.

Відповіді до задач розділу 4.

1. 1) 0,13 кН, 2) 0,5 кН, 3) 15 кН; **2.** 32 см, 20 см, 6,5 Н; **3.** 45,5 Н, 32,5 Н; **4.** ≈ 2,3 кВт, 300 кДж; **5.** 0; **6.** 5 Н; 7. 8,1 кДж, 1,5 м/с.



Мал. 133. Модель ядра образу природи семикласника

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Александров А.П. 36
Аристотель 34, 35
Архімед 143
Галілей Г. 35, 82
Гук Р. 107, 118
Джоуль Дж. 34
Іваненко Д.Д. 36
Кеплер Й. 35, 118
Кондратюк Ю.В. 36
Коперник М. 35
Корольов С. 36
Ломоносов М.В. 153
Ньютон І. 14, 34—35, 118
Паскаль Б. 34—35
Патон Є.О. 36
Патон Б.Є. 36
Торрічеллі Е. 140
Фарадей М. 35
Ціолковський К.Е. 36

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Ареометр 105
Архімедова сила 149
Атом 23
Атмосфера 139
Атмосферний тиск 139

Б

Барометр-анероїд 140—141
Броунівський рух 31

В

Вага 120
Важіль 172
Взаємодія тіл 92

Г

Гідравлічна машина 39
Гідравлічний прес 39, 136
Густина 102

Д

Деформація 105
Динамометр 109
Додавання сил 115
Дифузія 30

Е

Енергія 15, 161, 164
  внутрішня 161—164
  кінетична 161—164
  перетворення 165
  потенціальна 161—164

З

Загальні закономірності природи 8
Закон
  Архімеда 143
  Гука 105
  збереження і перетворення енергії 11, 167
«Золоте правило» механіки 187

І

Інертність 94
Інерція 94

К

Кінетична енергія 161—164
Коефіцієнт корисної дії 184—185

М
Маса тіла 96
Матерія 8

Н
Насос рідинний поршневий 137
Невагомість 121

О
Образ природи 8—9

П
Період 74
Періодичні явища 8—9
Плавання тіл 147—149
Плече сили 175
Потенціальна енергія 161—164
Природничо-наукова картина світу 8

Р
Рівнодійна сил 115
Робота механічна 155
Рух механічний 51

С
Сила
  виштовхувальна 142
  пружності 77, 105—107
  тяжіння 118
  тертя 123—125
Система 9
Сполучені посудини 134

Т
Тиск
  газу 131–133
  нормальний атмосферний 139
  рідини131–133

Ф
Фізика 4—6
Фізичне тіло 6
Фізичні величини 15
Фізичні явища 5

Ш
Швидкість 61

ЗМІСТ

Вступ 4
§ 1. Фізика як навчальний предмет у школі 5
Розділ I. Фізика як природнича наука. Методи нукового пізнання 10
§ 2. Фізика як фундаментальна наука про природу 10
§ 3. Методи наукового пізнання. Вимірювання. Засоби вимірювання 13
§ 4. Ознайомлення з вимірювальними приладами 19
Лабораторна робота №1. Визначення ціни поділки шкали 19
Лабораторна робота №2. Вимірювання розмірів малих тіл 21
§ 5. Початкові відомості про будову речовини 21
§ 6. ***Лабораторна робота №3.*** Визначення об'єму твердих тіл, рідин і сипких матеріалів 28
§ 7. Явища, що підтверджують основні положення атомно-молекулярного вчення про будову речовини 30
§ 8. Історичний характер фізичного знання. Видатні вчені-фізики. Внесок українських учених у розвиток і становлення фізики 34
§ 9. Фізика у побуті техніці, виробництві 38
§ 10. ***Урок серед природи.*** Застосування знань про методи наукового пізнання 43
Задачі до розділу I 44

Розділ II. Механічний рух 50
§ 11. Механічний рух. Відносність руху 51
§ 12. Матеріальна точка. Системи відліку 55

§ 13. Переміщення, траєкторія,
шлях руху тіла 59
§ 14. Швидкість рівномірного
прямолінійного руху 61
§ 15. Шлях рівномірного руху 63
§ 16. Графіки рівномірного
прямолінійного руху 65
§ 17. Нерівномірний прямолінійний рух.
Середня швидкість нерівномірного руху 66
§ 18. Визначення середньої
швидкості нерівномірного руху 67
§ 19. Рівномірний рух матеріальної
точки по колу 71
§ 20. ***Лабораторна робота №4.***
Визначення періоду обертання та
швидкості руху по колу 72
§ 21. Коливальний рух та його характеристики 75
§ 22. Маятники 80
§ 23. ***Лабораторна робота №5.***
Дослідження коливань нитяного маятника 83
§ 24. ***Урок серед природи.***
Механічний рух та взаємодії
у середовищі життя. Визначення
середньої швидкості рухомих тіл 84
Задачі до розділу II 85

Розділ III. Взаємодія тіл. Сила 88
§ 25. Взаємодія тіл. Сила — міра взаємодії 89
§ 26. Інерція. Маса як міра інертності тіл 94
§ 27. Маса тіла 96
Лабораторна робота №6.
Вимірювання маси тіла методом
зважування 100
§ 28. Густина речовини 102

§ 29. ***Лабораторна робота №7.***
Визначення густини твердих тіл і рідин 104
§ 30. Сила пружності. Закон Гука 105
§ 31. Пружинні динамометри 109
Лабораторна робота №8.
Дослідження пружних властивостей тіл 110
§ 32. Графічне зображення сил 112
§ 33. Додавання сил, рівнодійна 114
§ 34. Сила тяжіння 118
§ 35. Вага тіла. Невагомість. 119
§ 36. Сила тертя. Коефіцієнт тертя ковзання 123
§ 37. ***Лабораторна робота №9.***
Визначення коефіцієнта тертя ковзання 126
§ 38. Тертя в природі і техніці 127
§ 39. Тиск твердих тіл на поверхню.
Сила тиску 129
§ 40. Тиск газу і рідин. Закон Паскаля 131
§ 41. Сполучені посудини. Манометри 134
§ 42. Гідравлічний прес. Насоси 135
§ 43. Атмосферний тиск. Вимірювання
атмосферного тиску. Барометри 139
§ 44. Виштовхувальна сила. Закон Архімеда 142
§ 45. Розв'язування задач 145
§ 46. Умови плавання тіл 147
§ 47. ***Лабораторна робота №10.***
З'ясування умов плавання тіл 150
Задачі до розділу III 151

Розділ IV. Механічна робота та енергія 154
§ 48. Механічна робота 155
§ 49. Потужність та одиниці її вимірювання 158
§ 50. Потенціальна і кінетична енергія 161
§ 51. Перетворення одного виду
механічної енергії в інший 165
§ 52. Машини і механізми 168

§ 53. Прості механізми 171
§ 54. Прості механізми в природі 173
§ 55. Момент сили 177
§ 56. Умови рівноваги важеля 180
Лабораторна робота №11.
Вивчення умови рівноваги важеля 182
§ 57. Коефіцієнт корисної дії механізму 183
Лабораторна робота №12.
Визначення ККД похилої площини 184
§ 58. Чи можна виграти в роботі 186
§ 59. Розв'язування задач 188
§ 60. ***Урок серед природи.***
Перетворення енергії в навколишньому світі . . . 190
Задачі до розділу IV 191
Відповіді до задач 193
Іменний покажчик 194
Предметний покажчик 194

Навчальне видання

Ільченко Олексій Георгійович
Гуз Костянтин Жоржович

Фізика

Підручник для 7 класу

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Художній редактор *О. Г. Ільченко*
Кольорові фото *О. Г. Ільченко, В. М. Буцький*

Здано до набору 17.07.15. Підписано до друку 24.07.15.
Формат 60x90/16. Папір офсетний. Гарнітура шкільна. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 12,5. Обл.-вид. арк. 10,5.
Наклад 10000. Зам. № 24/15.

ТОВ «Довкілля-К». 36034, м. Полтава, вул. Примакова, 12 а.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ПЛ № 14 від 22.10.2002 р.