

В. Р. Ільченко, С. Г. Куликовський, О. Г. Ільченко

КЛАС

7

ФІЗИКА



ББК 22.3я721
I48

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Лист Міністерства освіти і науки України № 1/11-2150
від 28 квітня 2007 року)

Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено

Ільченко В. Р. та інші.

I48 Фізика: Підруч. для 7 кл. загальноосвіт. навч. закл. /
В. Р. Ільченко, С. Г. Куликовський, О. Г. Ільченко. —
Полтава: Довкілля-К, 2007. — 160 с.: іл.
ISBN 966-8791-08-8



Висновки



Практичні
роботи



перевір себе
поміркуй



Думки великих



Подискууйте:
робота в групах



Для допитливих

ББК 22.3я721

© Ільченко В. Р., Куликовський С. Г.,
Ільченко О. Г., 2007
© Видавництво «Довкілля-К»,
художнє оформлення, 2007

ISBN 966-8791-08-08

Дорогі семикласники!

Цей підручник відкриє для вас двері у світ фізики — однієї з найнеобхідніших та найцікавіших наук про природу.

Користуватися підручником вам буде зручно, він багато в чому зберігає наступність із підручником природознавства. Наприкінці кожного параграфа є висновки. Порівнюйте їх із власними висновками, отриманими після вивчення тексту параграфа.

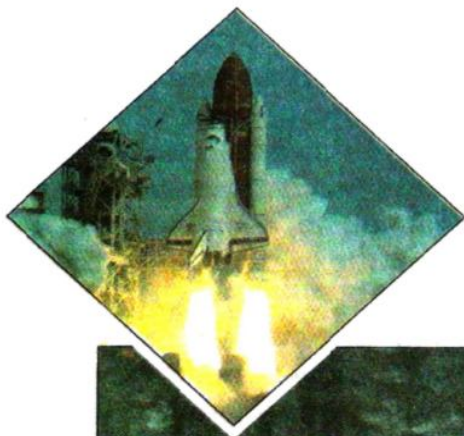
Запитання для перевірки знань та дискусії в групах допоможуть вам обмірковувати матеріал підручника й висловити власні думки. Розв'язуйте задачі. Випишіть в зошит формули, робіть малюнки, схеми. Користуйтеся також задачниками, складайте задачі самостійно. Лабораторні роботи виконуйте відповідно до вказівок у підручнику.

Оберіть собі тему проекту. Зверніть увагу, що над проектом можна працювати групою. Не пропускайте рубрики «Для допитливих». Можливо, та чи інша ідея цієї рубрики допоможе вам обрати шлях до майбутньої професії.

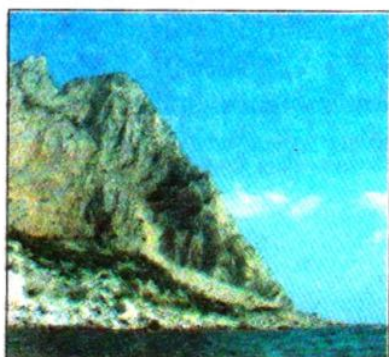
На уроках серед природи виконуйте всі завдання, приділяйте увагу перевірці народного прогностика.

Рубрика «Думки великих» ознайомить вас із висловлюваннями визначних людей. Пам'ятайте заповіт Г. Сковороди: «Пізнай природу, пізнай свій народ, пізнай себе».

Щастя вам!



Розділ 1 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.

Фізика вивчає різні об'єкти (мал. 1). 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.

Вивчаючи цей розділ підручника, ви дізнаєтеся, що вивчає фізика, ознайомитеся з деякими основними фізичними поняттями, по-новому розглянете зміст загальних закономірностей природи.

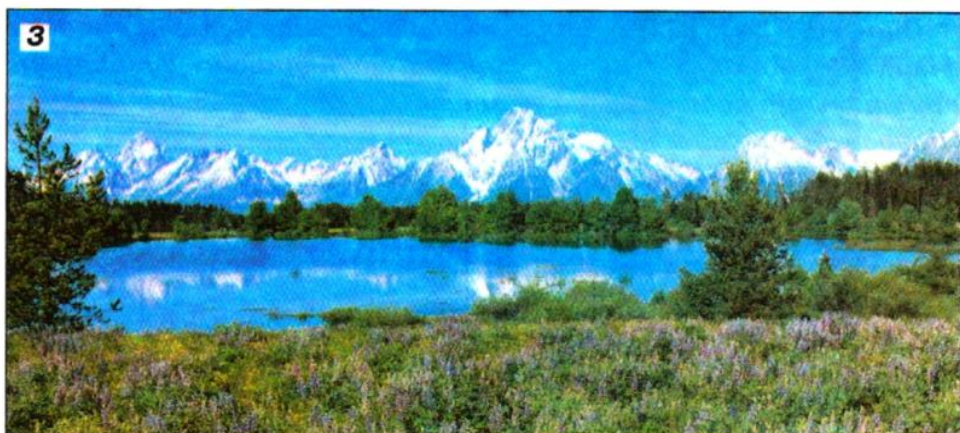
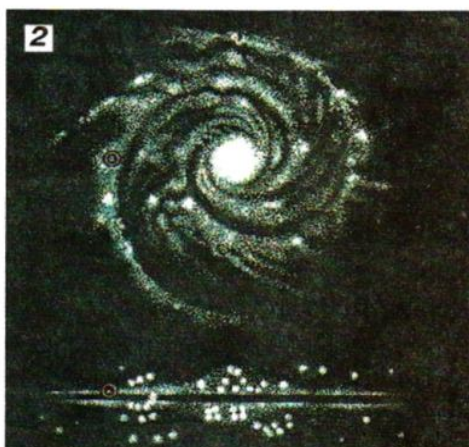
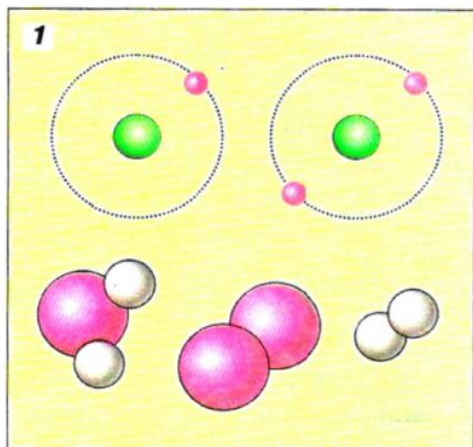
§ 1. ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА

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...

Навколишній світ має різні структурні рівні (мегасвіт, макросвіт, мікросвіт).

Світ, у якому ми живемо — макросвіт. Світ, якого ми не бачимо неозброєним оком — мікросвіт. Це світ молекул, атомів, елементарних частинок. Мегасвіт (космічні об'єкти) — також є областю вивчення фізики. Фізика — основа технічного прогресу, їй належить провідна роль у створенні природничо-наукової картини світу, формуванні світогляду людей.

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



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

Розгляньте зображені на мал. 1 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 дізналися про зміст законів збереження і перетворення енергії, збереження маси речовини, отримали початкове уявлення про атомно-молекулярне вчення. У цьому класі на уроках фізики та хімії ваші знання розширяться і поглибляться.

Фізика — важливе джерело знань про світ. Під час вивчення курсу природознавства ви ознайомилися з деякими явищами, які вивчає фізика. Розгляньте мал. 2. Які саме явища на ньому зображені? До *фізичних явищ* відносять:

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

електричні явища (взаємодія заряджених тіл, блискавка (мал. 2, 3), електричний струм);

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

теплові явища (танення снігу; випаровування води; утворення туману, дощових крапель, сніжинок; плавлення металу (мал. 2, 4); дія нагрівальних приладів);

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



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

Фізика вивчає й інші явища (відбуваються в надрах зірок, атомних реакторах тощо). З ними ви познайомитеся пізніше.

Знання фізичних явищ та законів, що їх описують, часто використовують інші науки, наприклад, хімія, фізична географія, біологія.

Як пояснювати 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 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 весь Всесвіт, 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*.

Вивчати фізику в школі ви будете у *фізичному кабінеті* (мал. 3). Його обладнання дає змогу проводити експерименти та виконувати лабораторні роботи. Деякі дослідження ви будете проводити на *уроках серед природи*. З правилами поведінки на уроках серед природи ви ознайомилися під час вивчення природознавства.

Лабораторна робота № 1

Фізичний кабінет та правила поведінки в ньому

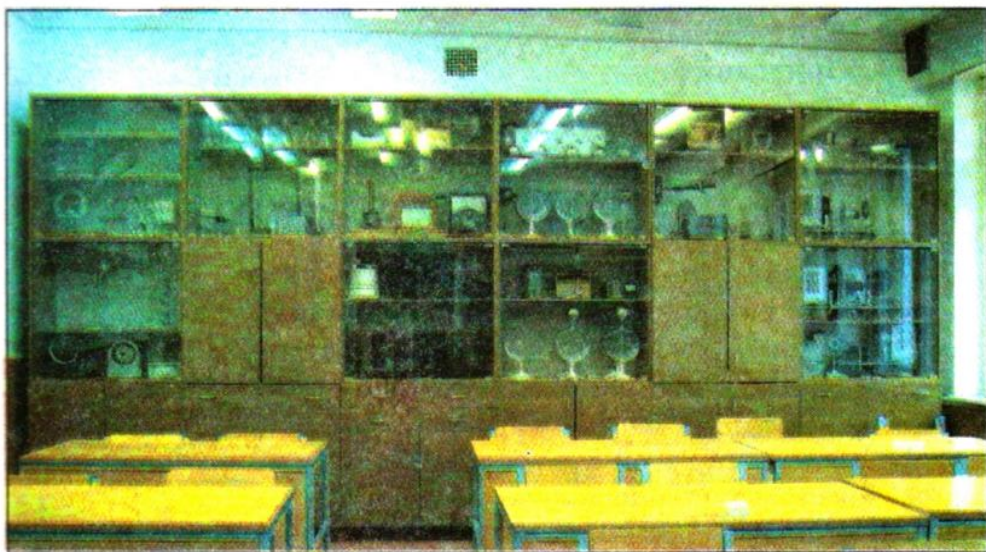


Мета роботи: ознайомитися з обладнанням фізичного кабінету та правилами поведінки в ньому.

Хід роботи

1. Під керівництвом учителя розгляньте обладнання фізичного кабінету (мал. 3).

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



Мал. 3. 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 поведіться з приладами, що виготовлені зі скла (лінзи, трубки, лампочки, мензурки, пробірки тощо), щоб їх не розбити. Прибираючи уламки розбитого скла, користуйтеся совком і щіткою.

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 своє робоче місце.

10. Повідомте вчителя про закінчення роботи.

11. Не залишайте своє робоче місце без дозволу вчителя.



Для допитливих

Природничо-наукова картину 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 наук — фізики, хімії, біології, фізичної географії, астрономії. З курсу природознавства ви пригадуєте, що *природничо-наукова картина світу* — це система знань, яка утворюється під час пояснення людиною властивостей об'єктів, явищ природи на основі загальних закономірностей.

Історія природознавства свідчить, що зусилля наук про природу спрямовані на відкриття законів природи. Найбільш важливими з них є загальні закони. Вони пояснюють не тільки окремі явища природи, а й часткові закони, що стосуються окремих груп явищ, наприклад, теплових, електричних, світлових. 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. 4*).



Мал. 4. Модель образу природи семикласника на основі закономірностей:
 1 – збереження; 2 – спрямованості самочинних процесів;
 3 – періодичності процесів у природі



Фізика — одна з наук про природу. Фізика вивчає об'єкти мікро-, макро- і мегасвіту та фізичні явища, що з ними пов'язані.

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



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.** Назви правила безпечної поведінки у фізичному кабінеті.

? 1. Чи може макросвіт існувати без мега- і мікросвіту? **2.** Що таке природничо-наукова картина світу?



1. Назвіть загальні закономірності природи і поясніть, чому вони називаються загальними. **2.** Поясніть 2—3 фізичні явища на основі загальних закономірностей природи. **3.** 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

§ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ

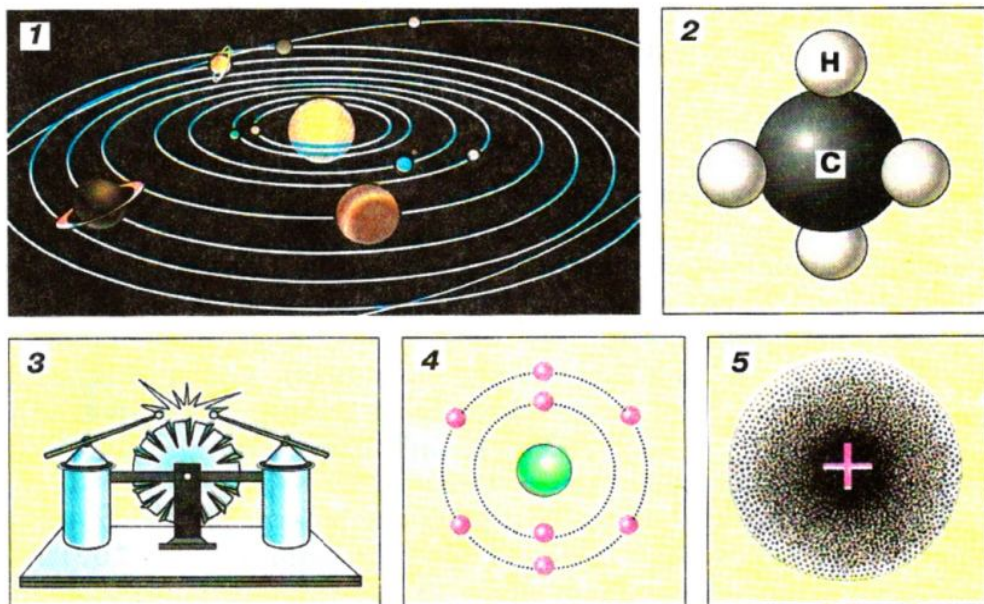
Спостереження та експеримент. Із курсу природознавства ви вже знаєте, що існують різні методи дослідження природи: *спостереження, експеримент, моделювання, вимірювання*. Ці методи використовуються і під час дослідження фізичних об'єктів та явищ. Властивості об'єктів, фізичні явища описують і пояснюють 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 kota. Але потрібно мати цілісне уявлення про природу, щоб між цими явищами виявити спільне.

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.



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

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. Дослід Ньютона вам відомий із курсу природознавства.

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 і їх вимірювання. Досліди або експерименти найчастіше супроводжуються вимірюваннями. Характеристики тіл чи процесів, які можуть бути виміряні під час досліду, 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 *одиноцею*. 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).

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).

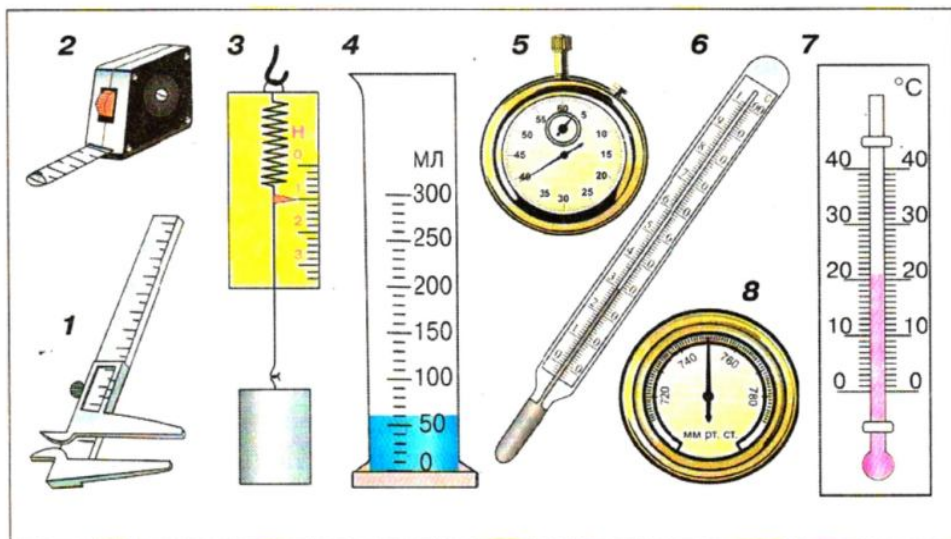
Для вимірювання і проведення дослідів потрібні різні *вимірювальні прилади* (мал. 6). Більшість із них знайомі вам з початкової школи та курсу природознавства: рулетка, динамометр, мензурка, секундомір, термометр, барометр.

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

Таблиця 1.

Приставки СІ для утворення кратних і частинних одиниць

Приставка	Множник	Приставка	Множник
Мега (М)	$1\,000\,000 = 10^6$	Деци (с)	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



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

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).

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). Інтервал шкали між цими штрихами розділений на 5 поділок.

Визначимо ціну однієї поділки шкали.

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

Таким чином, у мірному циліндрі 60 мл, або 60 см³ рідини.

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

Похибка 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 похибка вимірювання, тобто тим більша точність вимірювання.

Похибка 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)

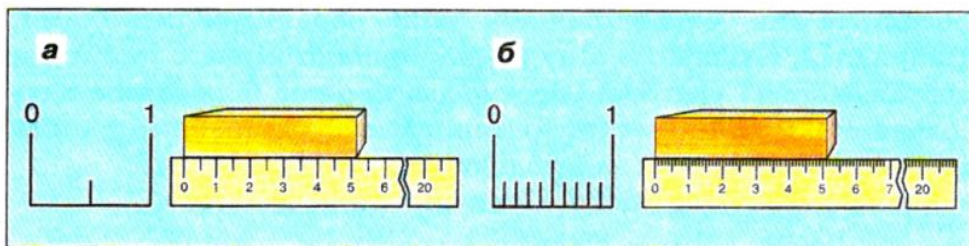
$$l = 5 \text{ см} \pm 0,25 \text{ см}$$

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.

Лабораторна робота № 2

Ознайомлення з вимірювальними приладами.

Визначення ціни поділки шкали



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

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

Хід роботи

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

Таблиця 2. Характеристики вимірювальних приладів

Назва вимірювального приладу	Лінійка	Рулетка	Мензурки		Термометри	
Одиниці вимірювання						
Межі вимірювання						
Ціна поділки						
Похибка відліку						

2. Виміряйте двома приладами 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 точність вимірювань однієї і тієї ж величини різними приладами.



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 вмєш 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 якимось із структурними рівнями навколишнього світу? 4. Вирази у метрах відстані: 3 мм; 15 см; 30 км.



1. Розгляньте штангенциркуль (мал. 6, 1). У яких випадках його використовують? 2. Сплануйте дослідження обраного об'єкта (поставте мету, висловіть гіпотезу, оберіть прилади, вкажіть хід дослідження, спрогнозуйте його результати).

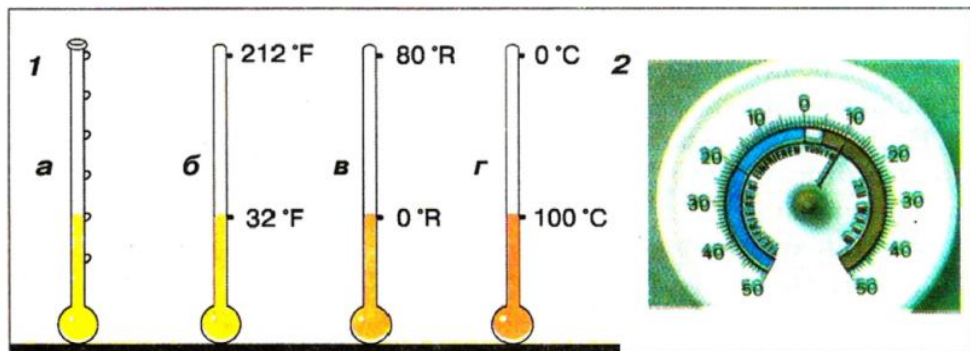


Для допитливих Про термометри

Здавалося б, вимірювання температури — звична річ. Але вчені довго йшли до винаходу термометра. Розгляньте схеми різних шкал термометрів на мал. 8, 1.

На мал. 8, 1 а зображена схема шкали термометра, запропонована Г. Галілеєм. Налита в трубочку з кулькою підфарбована рідина при зміні температури змінювала свою висоту.

У 1724 р. німецький учений Г. Фаренгейт (1686—1736) виготовив спиртовий і ртутний термометри. Точка кипіння води за цим термометром (212°F), а танення льоду — (32°F) (мал. 8, 1 б). Термометром із шкалою Фаренгейта користуються в США.



Мал. 8. 1 — схеми шкал термометрів, запропоновані Галілеєм (а), Фаренгейтом (б), Реомюром (в), Цельсієм (г); 2 — зовнішній вигляд біметалевого термометра

У 1730 р. французький природодослідник Р. Реомюр (1701—1744) запропонував спиртовий термометр (мал. 8, 1 в) з точками танення льоду (0°R) і кипіння води (80°R).

У 1742 р. шведський астроном і фізик А. Цельсій запропонував термометр із стоградусною шкалою, у якій за (0°C) прийнято температуру кипіння води при нормальному тиску, а за (100°C) — температуру танення льоду (мал. 8, 1 г). Сучасного вигляду шкала, запропонована А. Цельсієм, набула пізніше (мал. 6, 6; 6, 7).

У 1848 р. англійський фізик У. Томсон (лорд Кельвін) запропонував використовувати шкалу температур без від'ємних значень. Абсолютний нуль у цій шкалі ($-273,16^{\circ}\text{C}$). При досягненні цієї температури припинився б тепловий рух частинок речовини.

Не завжди можна використовувати ртутний або спиртовий термометр. Тому використовують інші термометри, наприклад, біметалевий (мал 8, 2).



Для допитливих Про одиниці маси і довжини

У Стародавній Греції найбільшою одиницею маси дорогоцінного металу був *талант*, що відповідав 26,2 кг. Звідси походить вислів: «Не заривай свій талант у землю». Найменша одиниця маси мала назву «лепта» (звідси — «внести свою лепту»).

У Росії раніше використовувалися такі одиниці маси, як фунт і пуд. 1 російський фунт становить 409,5 г. 1 пуд дорівнює приблизно 16 кг.

Нині на міжнародних торгах одиницею вимірювання маси дорогоцінних металів є *унція* (31,1 г). Маса дорогоцінних каменів вимірюється в *каратах* (1 карат = 0,2 г).

У США та Англії використовуються такі одиниці довжини, як миля, ярд, фут, дюйм. 1 миля = 1 760 ярдів = 5 280 футів; 1 фут = 13 дюймів.

Старі російські одиниці довжини мають складний зв'язок: 1 верста = 500 сажнів; 1 сажень = 3 аршини = 7 футів; 1 аршин = 10 вершків = 28 дюймів.

§ 3. ПРОСТІР ТА ФІЗИЧНІ ОБ'ЄКТИ В НЬОМУ

Простір для нас є місцем перебування різних тіл. У просторі відбуваються зміни з об'єктами навколишнього світу.

Усі об'єкти, системи існують не інакше як у просторі, що характеризує їх будову і протяжність, порядок розташування одних відносно інших. Можна сказати, що простір — одна із форм існування матеріальних об'єктів.

У попередньому параграфі ви вчилися вимірювати лінійні розміри деяких тіл. Чи можна виміряти розміри атома, планет Сонячної системи, розміри нашої Галактики та інших галактик?

Щоб вносити об'єкти мікро-, макро-, мегасвіту в систему знань, показувати зв'язки між цими об'єктами, необхідно вміти порівнювати їх розміри між собою.

Створимо «шкалу» розмірів об'єктів, які будемо вивчати в курсі фізики (*мал. 9*). На цій шкалі інтервал від 0,000 001 м (1 мікромметра) до 1 000 000 м (1 мегаметра) займають розміри об'єктів макросвіту. За основну одиницю довжини в цій шкалі прийнято 1 м. Ця одиниця довжини сумірна з розмірами тіла людини.

Звернувшись до *мал. 9*, ви зрозумієте, як поставлені поділки на шкалі розмірів різних структурних рівнів світу. При русі по шкалі вгору від точки, що відповідає лінійному розміру 1 м, відстань між найближчими поділками збільшується в 10 разів, а при русі вниз — зменшується в 10 разів.

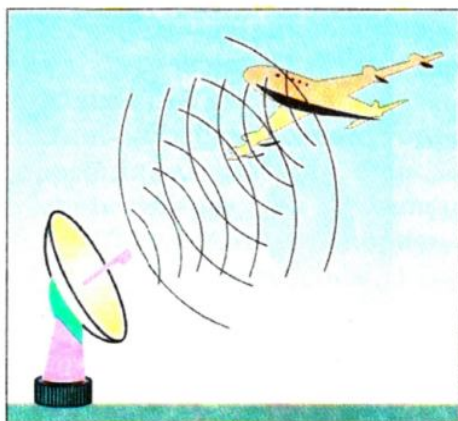
Спочатку 1 м був визначений як 1/10 000 000 частина чверті довжини географічного меридіана, що проходить через Париж. Довжину його виміряла наукова експедиція наприкінці XVIII ст. На основі вимірювань був виготовлений еталон (зразок) метра у вигляді металевої лінійки. Для виготовлення еталона метра використали сплав платини та іридію. Цей еталон зберігається в Севрі поблизу Парижа (Франція). З еталона метра були виготовлені копії для різних країн. У наш час одиницю довжини (1 м) визначають через швидкість поширення світла у вакуумі.

Зверніться знову до мал. 9. Із нього видно, що бактерії, клітини живих організмів містяться на межі макро- і мікросвіту. Нижче від них розміщені такі мікроб'єкти, як молекули, атоми, атомні ядра, елементарні частинки. Молекули в сотні і тисячі разів менші, ніж мікроорганізми.

Для визначення розмірів молекул проводилися різні досліди. Один із них такий. У чисту велику посудину налили води і на її поверхню помістили краплину олії. Олія розтеклася по поверхні води, утворивши плівку. Якщо припустити, що на поверхні води утворився шар олії товщиною в одну молекулу, то для визначення розміру молекули досить знайти товщину плівки. Для цього треба поділити об'єм краплини



Мал. 9. Лінійні розміри об'єктів



Мал. 10. Радіолокатор «бачить» літак



а) однакові за яскравістю зорі розташовані на однаковій відстані

б) такі самі зорі розташовані на різних відстанях

Мал. 11. Яскравість зір залежить від відстані до них

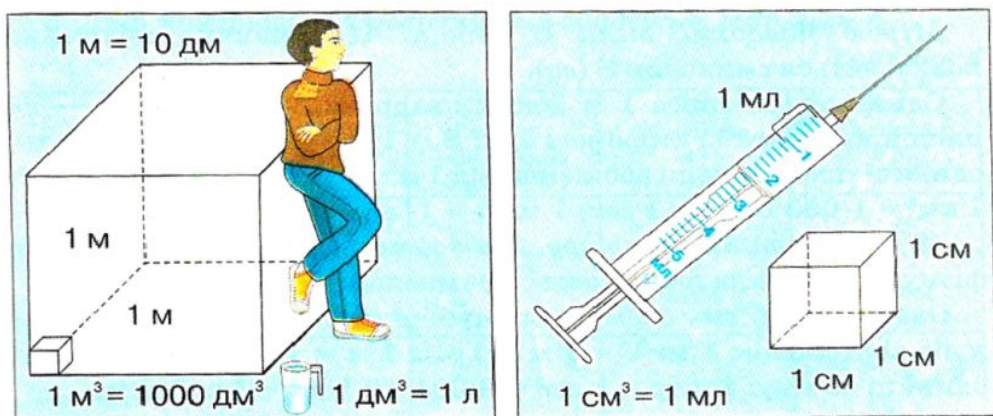
олії на площу плівки, яку вона займає на поверхні води. Об'єм олії вимірюють перед тим, як помістити її на поверхню води.

Визначення розмірів молекули олії вищезгаданим способом дає результат близько 0,000 000 16 см. Лінійні розміри молекул на шкалі мал. 9 знаходяться між поділками « 10^{-7} » і « 10^{-8} ». За розмірами атоми такі, що на довжині 1 м їх уміщається близько 10 000 000 000. Але і найменший атом — атом Гідрогену — величезний порівняно з його ядром. Діаметр ядра атома в 10 000—1 000 000 разів менший від розмірів атома. Для малюнка з дотриманням масштабу діаметр сфери, що обмежує атом, має бути близько 1 м, якщо розміри зображення ядра атома прийняти за 0,1 мм. Ядра на шкалі лінійних розмірів (мал. 9) розташовані між поділками « 10^{-14} » і « 10^{-15} ».

Чи є сенс говорити про такі малі розміри? Так, але лише тоді, якщо їх можна якимось чином виміряти. Око людини здатне розрізнити об'єкти, якщо їх розміри не менші ніж 0,1 мм. За допомогою мікроскопів можна бачити об'єкти, розміри яких близько 0,000 000 01 м.

Для «розгляду» мікрооб'єктів використовуються оптичні й електронні мікроскопи. Принцип дії оптичного мікроскопа ви будете вивчати в третьому розділі підручника.

У мегасвіті розглядаються об'єкти і відстані, більші від 1 мегаметра (1 000 000 м): діаметр Землі, діаметр Сонця, відстань від Землі до Сонця, зір, галактик, розміри галактик тощо. Як виміряти лінійні розміри мегасвіту? У наші дні



Мал. 12. Одиниці лінійних розмірів та об'єму

відстань від Землі до Місяця, від Землі до Венери вимірюється радіолокаційним методом (мал. 10), тобто завдяки визначенню часу поширення радіоімпульсу від Землі до об'єкта й назад. Беручи до уваги, що радіоімпульс поширюється зі швидкістю світла ($300\,000\text{ км/с}$) і знаючи час, можна визначити відстань.

Найближча до нашого Сонця зоря знаходиться на відстані 4,3 світлового року. Світловий рік — це одиниця довжини, відстань, яку світло проходить за один рік. Вона дорівнює $9,4605 \cdot 10^{15}$ м. Відповідно відстань від Місяця до Землі світло долає приблизно за 1,3 с, а від Сонця — за 8,3 хвилини.

Щоб проникнути в глибини нашої Галактики, астрономи використовують різні методи. Наприклад, учені знають, що зорі певного типу мають однакову яскравість. Якщо такі зорі розташовані на різній відстані відносно спостерігача, то їх яскравість здається різною (мал. 11). Щоб розрізнити колір, зорі на малюнку зображені у вигляді куль.

Методи, засновані на вимірюванні відносної яскравості зір, застосовуються також для визначення відстаней до найближчих галактик.

Вимірювання розмірів тіл. Практичне застосування знань, отриманих у цьому параграфі, буде спрямовано на вимірювання розмірів тіл (мал. 12). Виміряти лінійні розміри об'єкта означає встановити, скільки разів метр або його кратна чи частинна одиниця вкладається на лінійному розмірі (довжині, ширині, висоті) об'єкта.

Мірою поверхні тіла є площа. Ця фізична величина позначається символом S (ес).

Одиницею площі є 1 м^2 (один квадратний метр). 1 м^2 — це площа квадрата із стороною 1 м : $S = 1 \text{ м} \times 1 \text{ м} = 1 \text{ м}^2$. Існують одиниці площі більші або менші від 1 м^2 : $1 \text{ гектар (га)} = 10\,000 \text{ м}^2$; $1 \text{ км}^2 = 1\,000\,000 \text{ м}^2$; 1 см^2 ; 1 мм^2 .

Мірою частини простору, яку займає тіло, є його об'єм. Ця фізична величина позначається символом V (ве).

Одиницею об'єму є 1 м^3 (один кубічний метр). 1 м^3 — це об'єм куба зі стороною 1 м : $V = 1 \text{ м} \times 1 \text{ м} \times 1 \text{ м} = 1 \text{ м}^3$. Існують інші одиниці об'єму: $1 \text{ літр} = 1 \text{ дм}^3 = 0,001 \text{ м}^3$; $1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$ та ін.

Лабораторна робота № 3

Вимірювання лінійних розмірів та площі поверхні



Мета: навчитися вимірювати за допомогою лінійки, рулетки лінійні розміри твердих тіл, площу поверхні тіл.

Прилади і матеріали: лінійка, рулетка (ціна поділки шкали рулетки повинна відрізнятися від ціни поділки шкали лінійки), відрізок тонкого мідного дроту, підручник з фізики, олівець.

Хід роботи

1. Визначте ціну поділки шкали лінійки та рулетки.
2. Визначте, яку найменшу та найбільшу довжину можна виміряти лінійкою та рулеткою.
3. Визначте лінійні розміри (l) зошита, парти, обґрунтуйте вибір вимірного приладу для кожного випадку.
4. Визначте площу вимірюваних предметів.
5. Виміряйте товщину дроту (d). Для цього щільно намотайте його на олівець, зробивши 20—30 повних витків. Виміряйте довжину отриманого ряду і розділіть її на кількість витків. Отримана величина є товщиною дроту.

Виміряйте товщину аркуша паперу, з якого виготовлено підручник з фізики. Для цього виміряйте товщину внутрішнього паперового блоку підручника і розділіть її на кількість аркушів (дорівнює половині кількості сторінок). Отримане значення є товщиною аркуша паперу підручника з фізики.

6. Дані вимірювань і розрахунків занесіть у таблицю 4.

Таблиця 4

	Зошит (лінійні розміри, l ; площа, S)	Парта (лінійні розміри, l ; площа, S)	Дріт (діаметр, d)	Папір (товщина, h)
Лінійка	$l_1 =$ $l_2 =$ $S_1 =$	$l_1 =$ $l_2 =$ $S_1 =$	$d_1 =$	$h_1 =$
Рулетка	$l_3 =$ $l_4 =$ $S_2 =$	$l_3 =$ $l_4 =$ $S_2 =$	$d_2 =$	$h_2 =$

Зробіть висновок про точність вимірювань різними вимірювальними інструментами.



Простір характеризує протяжність тіл, їх взаємне розташування. У просторі існують усі об'єкти, відбуваються всі явища. Вимірювання лінійних розмірів об'єктів у мікро-, макро-, мегасвіті відрізняється методами, одиницями вимірювання.



1. Що ти розумієш під поняттям «простір»? 2. Довжина парти 0,8 м. Запиши довжину парти в дециметрах, сантиметрах, кілометрах. 3. Визнач площу квадрата з довжиною сторони 1,4 м. Вирази площу у квадратних сантиметрах і квадратних міліметрах. 4. Об'єм тіла дорівнює 3 000 см³. Вирази цей об'єм у літрах. 5. 1 гектар — це площа квадратної ділянки зі стороною 100 м. Скільки гектарів у 1 км²?

1. Скільки мілілітрів міститься в об'ємі, що дорівнює 35,4 дм³? 2. Підрахуй відстань від Землі до найближчої зірки, якщо відомо, що світло від неї до Землі йде 4,3 року. Швидкість поширення світла — 300 000 км/с.



1. Виміряйте площу клітинки в зошиті. Виразіть її в мм², см², дм². 2. Чи можливо у просторі відокремити об'єкти мікросвіту, макросвіту, мегасвіту? 3. Назвіть закономірності, спільні для трьох структурних рівнів матеріального світу. 4. Назвіть фізичні величини, про які йдеться у параграфі. 5. Виведіть формулу для визначення об'єму бруска (паралелепіпеда).

§ 4. ЧАС ТА ЙОГО ВИМІРЮВАННЯ

Усі системи неосяжного світу існують у просторі й часі. Простір визначає протяжність і порядок розташування систем, а час — тривалість існування систем і змін, що в них відбуваються.

Про час ви чуєте відтоді, як почали розрізняти мову. Час снідати, йти до школи. Зі школи потрібно вчасно повернутися, виконати уроки... Час сприймається людиною через конкретні часові одиниці. Подивіться на годинник. Скільки часу залишилося до кінця уроку?

Усі міри часу — секунда, хвилина, година, доба, тиждень, місяць, рік — є системою часових мір, де кожна міра складається з одиниць попередньої і є основою для одиниць наступної (таблиця 5).

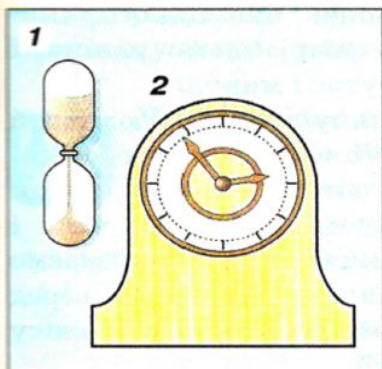
Таблиця 5. Система мір часу

Одиниця вимірювання часу	Зв'язок з іншими одиницями часу
1 секунда	
1 хвилина	60 секунд
1 година	3 600 секунд
1 доба	86 400 секунд
1 місяць	~ 30 діб
1 рік	~ 365 діб

В основу вимірювання часу людина поклала *періодичні явища*. Це явища, які повторюються через рівні проміжки часу: зміна дня й ночі, зміна вигляду Місяця, зміна пір року, коливання маятника.

Тривалість доби, місяця, року людина визначала за періодичними рухами небесних тіл. А тривалість секунди, хвилини, години визначаємо за допомогою різноманітних годинників (мал. 13).

Основою дії годинників є періодичні процеси. *Періодом* називається проміжок часу, протягом якого відбувається процес, що повторюється. Наприклад, періодом називають час, упродовж якого тіло, що коливається (маятник), відхилиться



Мал. 13. Пісочний (1) та механічний (2) годинники



Мал. 14. Атомний годинник

від стану рівноваги спочатку в один бік, а потім в інший і знову повертається у положення рівноваги (мал. 17).

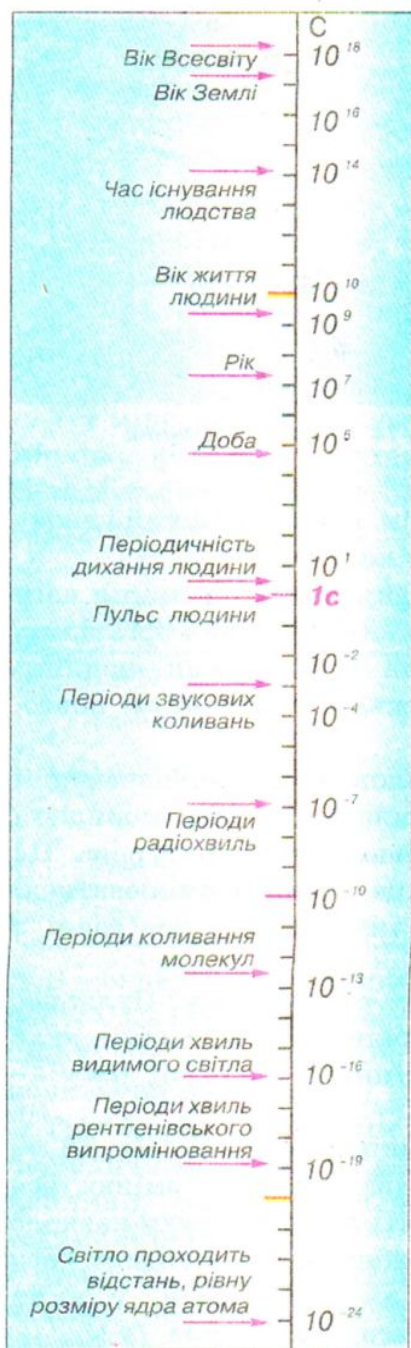
Основна одиниця часу в СІ — 1 секунда. Ця одиниця часу сумірна з проміжком часу, важливим для існування організму, як і одиниця довжини 1 м сумірна з розмірами людини. 1 секунда сумірна з часовим проміжком, через який повторюється биття серця людини.

Як же встановити еталон часу? Еталон довжини, визначений як відстань в 1 метр, виготовили зі сплаву платини та іридію і зберігають у приміщенні зі стабільною температурою. Це зроблено тому, що еталон довжини не повинен змінюватися. Адже тоді б змінилися фізичні величини, які пов'язані з довжиною.

Яким чином забезпечити незмінність еталону часу? Пульс або годинник не можуть бути такими стабільними системами, які б давали можливість зберігати незмінність одиниці часу — 1 секунди.

До 1964 року міжнародну одиницю часу визначали за добовим обертанням Землі. Але тривалість доби змінюється залежно від положення Землі на орбіті під час її руху навколо Сонця. Починаючи з 1964 року, міжнародний стандарт часу визначається за допомогою атомних годинників, у яких використовується радіоактивний елемент Цезій (мал. 14).

Часто час зображують в образі стріли, що летить. Подібно до рухомої стріли час має напрям від минулого до майбутнього



Мал. 15. Час у матеріальному світі

через сучасне. Час односпрямований. Ми розрізняємо раніше і зараз, майбутнє і минуле.

Ми розглянули місце людини й живих організмів у просторі. Побудуємо аналогічну до шкали лінійних розмірів шкалу часу і подивимося, яке місце ми займаємо за часом нашого існування серед об'єктів матеріального світу (мал. 15).

Людське життя уявляється надто малим на тлі історії Всесвіту. Але людина вимірює час протікання процесів у Всесвіті з тривалістю у мільйони років, виявляє навіть ті явища, які сумірні із часом, потрібним світлу для перетину атомного ядра.

На шкалі часу початковою точкою є 1 с (аналогічно до того, як на шкалі лінійних розмірів — 1 м).

Порівняйте час існування різних об'єктів світу:

вік Всесвіту — $2 \cdot 10^{18}$ с

(~ 17 млрд років);

вік Землі — $1,5 \cdot 10^{17}$ с;

час, що минув від зародження

життя, — $7,5 \cdot 10^{16}$ с;

час існування земноводних —

$7,5 \cdot 10^{15}$ с;

час існування ссавців — $5 \cdot 10^{15}$ с;

час існування людства — $1 \cdot 10^{14}$ с;

один рік — $3 \cdot 10^7$ с.

Використавши мал. 15, спробуйте зіставити тривалість процесів у мікро-, макро- і мегасвіті самостійно.



Час протікає в одному напрямку — від минулого до майбутнього. Вивчаючи послідовність подій у світі, ми досліджуємо історію Всесвіту, Землі, свого найближчого оточення і передбачаємо події у майбутньому. Час вимірюється за допомогою періодичних процесів.

Лабораторна робота № 4 Вимірювання часу



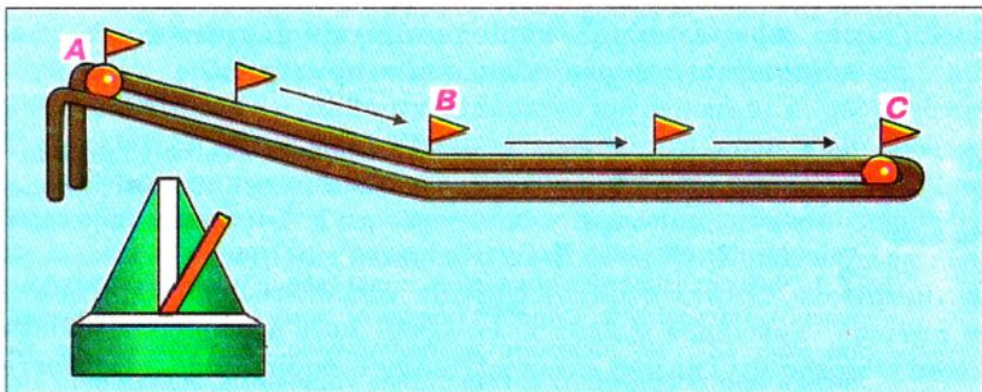
Мета: навчитися користуватися різними приладами для вимірювання часу, порівнювати отримані результати.

Прилади і матеріали: електронний секундомір, годинник із секундною стрілкою, метроном, похила площина, прапорці, кулька.

Хід роботи

1. Запустіть метроном, налаштований на обраний проміжок часу (0,2 с; 0,5 с тощо) і перевірте за допомогою секундоміра та годинника, чи правильно метроном відбиває проміжки часу. Дані запишіть у таблицю 6.

2. Установіть похилу площину. Покладіть на її вершині кульку і відпустіть. За допомогою метронома визначте точки, у які кулька потрапляє через рівні проміжки часу (мал. 16).



Мал. 16. Вимірювання проміжків часу

3. Поставте у визначених точках мітки. Перевірте спочатку за допомогою секундоміра, а потім годинника час, протягом якого кулька рухається від мітки до мітки.

4. Визначте кількість ударів вашого серця за хвилину із допомогою метронома, секундоміра, годинника. Результати запишіть у *таблицю 6*.

Таблиця 6

Метроном	Секундомір	Годинник

Зробіть висновок:

а) про точність вимірювання одних і тих же проміжків часу різними приладами;

б) чи однакові відстані проходила кулька за рівні проміжки часу на різних відрізках шляху?

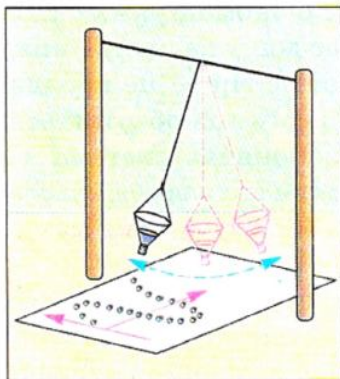


Час — форма існування матерії, що виражає послідовність зміни явищ і станів матеріальних систем. Час визначає тривалість існування систем і протікання процесів, явищ. Час вимірюють на основі спостережень за природними періодичними явищами та за допомогою створених людиною пристроїв.

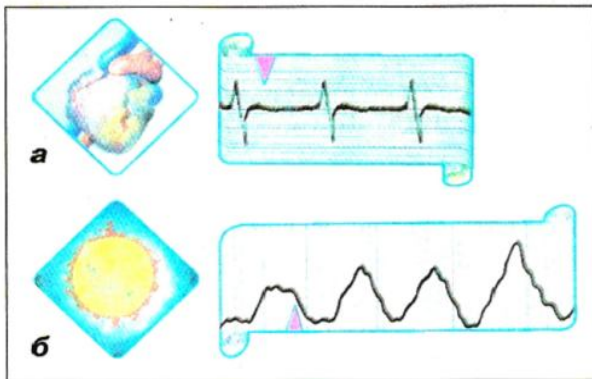


➤ **1.** Чому час — одне з основних понять фізики і природознавства? **2.** Які ти знаєш одиниці часу? **3.** Які явища використовують для визначення часу? **4.** Наведи приклади періодичних процесів. **5.** Скільки секунд у 2-х годинах?

? **1.** Чим відрізняється тривалість подій (явищ, процесів) у мікро-, макро-, мегасвіті? **2.** Спробуй пояснити, чому процеси, зображені на *мал. 17 і 18*, належать до періодичних. **3.** Розкажи, що ти знаєш про особливості використання годинників, зображених на *мал. 13 і 14*.



Мал. 17. Коливальний рух є періодичним у просторі й часі



Мал. 18. Періодичні процеси у природі: а — кардіограма серця; б — зміна сонячної активності з часом



1. У фантастичних творах герої потрапляють у далеке минуле і майбутнє. Чи можливо це? 2. У наукових текстах зустрічається твердження: «Простір і час — форми існування матерії». Як би ви це пояснили? 3. Спробуйте довести зв'язок періодичного процесу в часі з його періодичним рухом у просторі. Замість кульки (мал. 17) візьміть лійку, насипте в неї піску і примусьте її коливатися. Під лійкою протягніть аркуш паперу, маятник «намалює», як він рухається у просторі (мал. 17). Порівняйте «запис» руху маятника та кардіограму серця (мал. 18). Що спільного в русі маятника й серця?

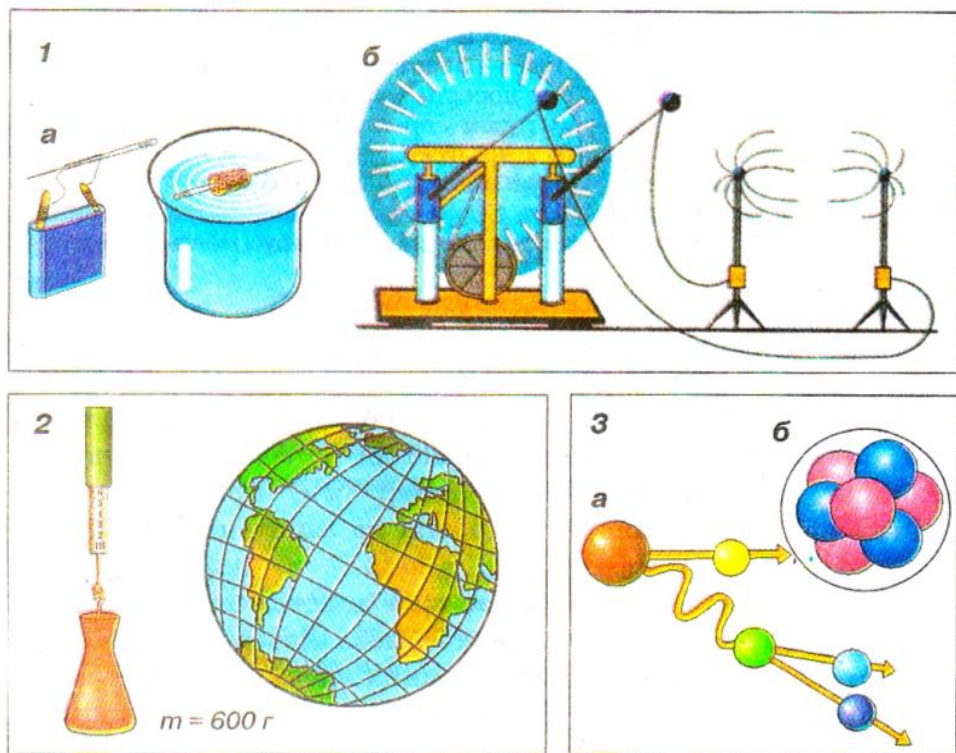
§ 5. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА — МІРА ВЗАЄМОДІЇ

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?

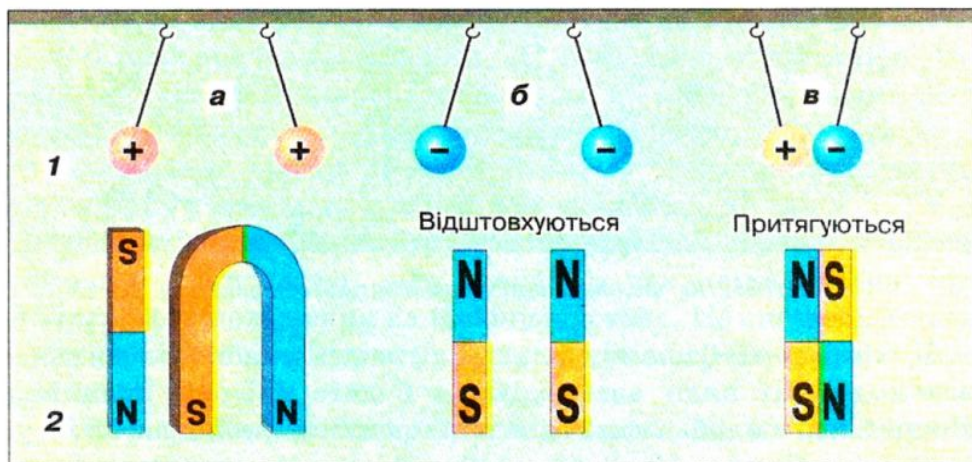
З курсу природознавства ви вже знаєте, що неможливо вказати нерухомі у просторі або незмінні в часі об'єкти. Рухаються електрони навколо атомних ядер. Коливаються або переміщуються, залежно від агрегатного стану, частинки, з яких складаються тіла. Рухається вода у водоймах, повітря в атмосфері, земна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

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. 19; 20) 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.



Мал. 19. Приклади прояву взаємодій у природі:
 1 — електромагнітна взаємодія; 2 — гравітаційна взаємодія;
 3 — слабка взаємодія (а), сильна взаємодія (б)



Мал. 20. 1 — взаємодія заряджених тіл (тіла заряджені: а — позитивно, б — негативно, в — позитивно і негативно); 2 — магніти та їх взаємодія

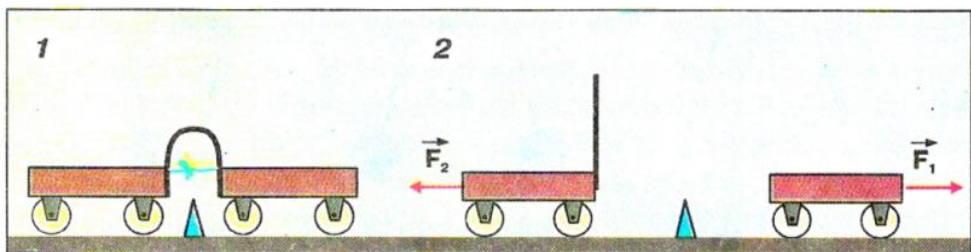
Заряджені тіла взаємодіють. Різноманітні заряджені тіла притягуються, а однойменно заряджені — відштовхуються (мал. 20, 1). Позитивні заряди позначають символом «+» (плюс), негативні — символом «-» (мінус). Навколо заряджених тіл існує електричне поле, завдяки якому вони взаємодіють.

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. 20, 2). На полюсах дія магніту виявляється найсильніше.

Під час взаємодії магніти з різноманітними полюсами притягуються, з однойменними — відштовхуються (мал. 20, 2). Магніт діє на сталеві й залізні предмети. Постійні магніти застосовуються у мікрофонах, телефонах, магнітофонах, дзвінках, електромозичних 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. 19; 20).

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



Мал. 21. Під час взаємодії тіл змінюється їх швидкість

У мікросвіті важливу роль відіграють слабка та сильна взаємодії. Ці види взаємодій ви будете вивчати пізніше. Наприклад, сильна взаємодія обумовлює зв'язок частинок у ядрі атома (мал. 19, 3 б), слабка взаємодія призводить до розпаду деяких елементарних частинок (мал. 19, 3 а).

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

Цікавим є факт, що взаємодії проявляють себе по-різному 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 курсу природознавства ви знаєте, що сила — причина зміни швидкості за величиною чи напрямом, а також деформації (зміни форми чи об'єму) 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. 21, 1). Переपालивши нитку, побачимо, що візки відкотилися від початкового положення на однакову відстань (мал. 21, 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. 21 видно, що для характеристики сили необхідно знати її числове значення, напрям дії і точку прикладання. На малюнку сила позначена символом \vec{F} (еф). Стрілочка над символом F означає, що сила — величина векторна.

Звернімося ще до досліду (мал. 21). Сильніше зігнемо пластинку, поставимо візки, як показано на мал. 21, 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).

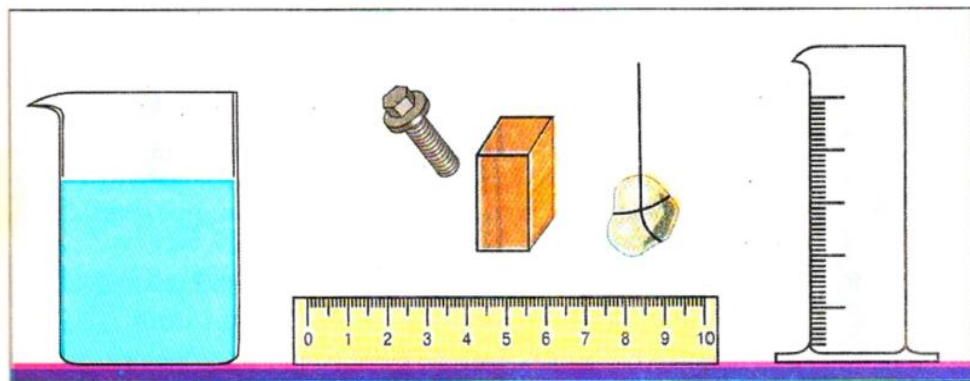
Силу можна вимірювати приладом, який називають динамометром (мал. 6, 3). Дія динамометра заснована на дії сили пружності під час деформації пружини приладу.

Лабораторна робота № 5 Визначення об'єму твердого тіла



Мета: навчитися визначати об'єм тіла будь-якої форми.

Прилади і матеріали: лінійка, мірний циліндр, склянка з водою, брусок і два тіла неправильної форми, які повинні вміщатися у мірний циліндр (мал. 22).



Мал. 22. Прилади і матеріали для лабораторної роботи № 5

Хід роботи

1. Виміряйте лінійкою розміри бруска та визначте його об'єм за формулою: $V = h$ (висота) $\times l_1$ (ширина) $\times l_2$ (довжина).

2. Визначте ціну поділки шкали мірного циліндра. Налийте в нього води. 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 розрахуйте 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 7.

Таблиця 7

$V_1, \text{см}^3$	$V_2, \text{см}^3$	$V, \text{см}^3$

Зробіть висновок.



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? 4. Яка сила тяжіння діє на тіло, підвішене до динамометра (мал. 6, 3)? 5. Чи можна за допомогою динамометра визначити вагу тіла?
? 1. Які із взаємодій найчастіше зустрічаються у макросвіті? Доведи на конкретних приладах.



1. Як за допомогою динамометра і мірного циліндра визначити виштовхувальну силу, що діє на тіла, зображені на мал. 22? Визначте виштовхувальну силу, що діє на камінчик. 2. Яка сила тяжіння діє на

тіло масою 6 кг? 3. Намалуйте в зошиті тягарець, підвішений до динамометра (мал. 6, 3), та покажіть вектори сили тяжіння і ваги. 4. Прочитайте наведений нижче вислів Піфагора. Спробуйте аргументувати його, використавши матеріал параграфа.



Зведення множини до єдиного — у цьому першооснова краси.

Піфагор



Для допитливих

Про силу тяжіння і вагу тіла

Із курсу природознавства вам відомі різноманітні сили: сила пружності, сила тяжіння, сила тиску, виштовхувальна сила, вага тіла, сила тертя, сила взаємодії заряджених тіл, сила магнітної взаємодії. Під час вивчення курсу фізики ви навчитеся вимірювати різноманітні сили та визначати їх за допомогою формул.

Під дією сили тяжіння поблизу поверхні Землі швидкість тіла зростає щосекунди на 9,8 м/с. Цю величину позначають символом g (же) і називають прискоренням вільного падіння. Маса тіла позначається символом m (ем). Сила тяжіння визначається за формулою:

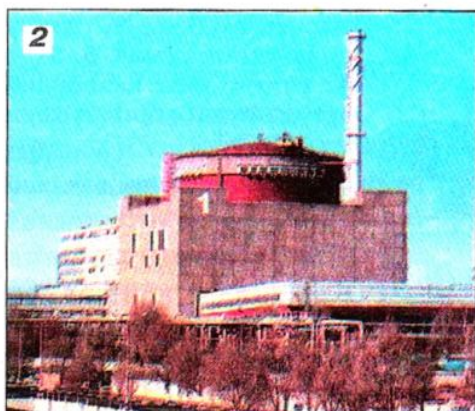
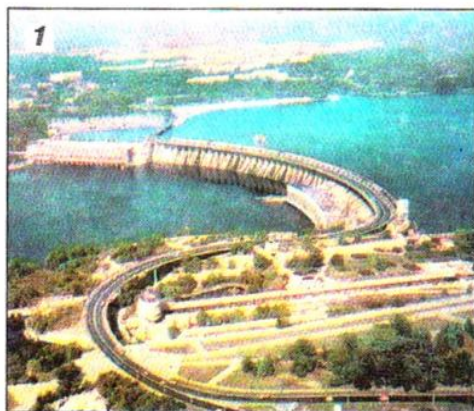
$$F_T = mg, \text{ звідки } g = \frac{F_T}{m}; g = 9,8 \text{ Н/кг.}$$

Силу тяжіння можна виміряти динамометром. Цей прилад застосовують і для визначення ваги тіла. Вагою тіла називають силу, з якою воно тисне на горизонтальну опору або розтягує підвіс. Якщо тіло знаходиться на нерухомій відносно поверхні Землі горизонтальній площині, то сили тяжіння і ваги рівні за величиною, їх напрям однаковий. Вага позначається символом P (пе):

$$P = mg.$$

§ 6. ЕНЕРГІЯ. ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Енергія. Термін «енергія» у перекладі з грецької мови означає «дія, діяльність». Усі тіла мікро-, макро-, мегасвіту взаємодіють і перебувають у безперервному русі, усі тіла мають енергію. Ви знаєте, що енергія — це величина, яка характеризує *здатність тіла виконувати роботу*. Так, вода, піднята греблею, має



Мал. 23. Джерела електричної енергії:
1 – Дніпрогес; 2 – Рівненська АЕС

потенціальну енергію, що перетворюється при падінні з греблі на *кінетичну*, яка, своєю чергою, може бути перетворена на енергію електричного струму (мал. 23, 1). Кінетична та потенціальна енергія складають механічну енергію тіла.

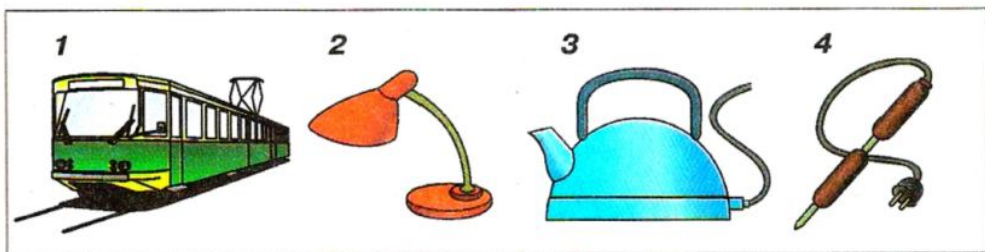
На атомній станції енергія ядерного палива перетворюється на електричну (мал. 23, 2). Електрична енергія в електропристроях перетворюється на внутрішню, світлову, механічну (мал. 24).

У двигуні автомобіля внутрішня енергія палива (хімічна енергія) перетворюється на механічну. Сонячні батареї перетворюють енергію світла на електричну енергію. Отже, фізика вивчає взаємоперетворення механічної, внутрішньої (теплової), електричної, світлової, ядерної енергії. Почнемо вивчати види енергії з механічної енергії.

Механічна робота. Ви вже знаєте, що механічна робота, яку виконує тіло, тим більша, чим більша сила діє на тіло в напрямку руху, чим більший шлях проходить тіло під дією цієї сили. Якщо тіло, до якого прикладена постійна сила F , рухається вздовж прямої лінії в напрямі дії сили і проходить шлях s , то сила F виконує роботу A , яку визначають за формулою:

$$A = Fs.$$

Одиницею роботи є 1 джоуль (Дж). Це робота, яку виконує на шляху 1 м сила 1 Н, що діє в напрямку руху.



Мал 24. Споживачі електричної енергії: 1 — трамвай; 2 — електролампа; 3 — електрочайник; 4 — електропаяльник

Приклад розв'язування задачі.

М'яч масою 2 кг впав із висоти 3 м. Яка робота виконана при цьому силою тяжіння?

Перед розв'язанням задачі необхідно проаналізувати умову, зобразити графічно модель процесу. М'яч рухається під дією сили земного тяжіння на шляху, що дорівнює висоті його підняття над землею.

З попереднього параграфу ви знаєте, що сила земного тяжіння $F_T = mg$, де $g = 9,8 \text{ Н/кг}$. Величина g показує, з якою силою тіло масою 1 кг притягується до Землі.

Розв'язування задачі.

Запишемо скорочено умову й розв'язання задачі:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$S = h = 3 \text{ м}$$

$$g = 9,8 \text{ Н/кг}$$

$$A = ?$$

$$A = Fh;$$

$$F_T = mg;$$

$$A = mgh.$$

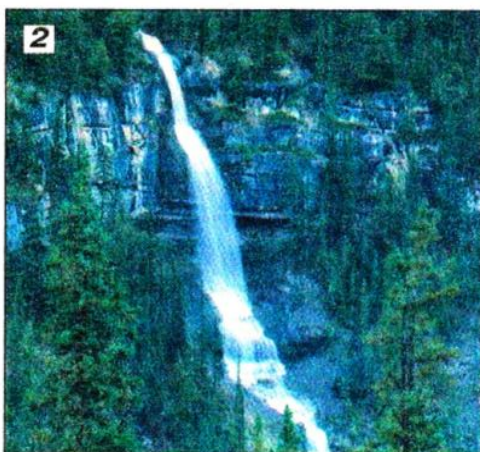
$$A = 2 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ Н/кг} \cdot 3 \text{ м} = 58,8 \text{ Дж.}$$

Відповідь: 58,8 Дж.

Закон збереження і перетворення енергії. Підняте над землею тіло має *потенціальну енергію*. За рахунок зменшення потенціальної енергії м'яча і виконується робота під час його падіння. Позначивши потенціальну енергію E_p , можна записати формулу для її розрахунку:

$$E_p = mgh.$$

Одиницею енергії є 1 джоуль (Дж). *Потенціальна енергія залежить від взаємного розташування тіл (їх частин) і сили їх взаємодії.* Підняте над землею тіло, розтягнута або стиснута пружина мають потенціальну енергію.



Мал. 25. Сила земного тяжіння виконує роботу

При падінні м'яча на землю потенціальна енергія перетворюється на *кінетичну*, обумовлену рухом. Кінетична енергія залежить від маси тіла m та швидкості його руху v :

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

У момент удару м'яч і поверхня землі нагріваються, бо кінетична енергія м'яча перетворюється на *внутрішню енергію*. Внутрішня енергія тіла дорівнює сумі потенціальної та кінетичної енергії частинок, з яких складається тіло.

Ви вже знаєте, що речовина складається з частинок (атомів, молекул), які перебувають у русі. Чим більша швидкість руху частинок, тим більша їх кінетична енергія і внутрішня енергія тіла, тим вища температура тіла.

Частинки мають також і потенціальну енергію, оскільки вони взаємодіють одна з одною — притягуються, а при дуже тісному зближенні відштовхуються. Наприклад, *деформація* тіла зумовлює зміну взаємного розміщення його частинок, тому змінюється і потенціальна енергія їх взаємодії, а отже, і внутрішня енергія тіла.

Внутрішня енергія тіла не є сталою величиною: з підвищенням температури внутрішня енергія тіла збільшується, оскільки зростає швидкість руху частинок, з яких складається тіло. Із зниженням температури внутрішня енергія тіла зменшується.

Внутрішня енергія тіла змінюється при хімічних перетвореннях. У нашому організмі безперервно відбуваються

хімічні реакції, під час яких виділяється енергія. За рахунок цієї енергії відбуваються всі процеси життєдіяльності.

У явищах природи різні види енергії перетворюються з одного виду на інший. При цьому енергія не утворюється з нічого і не зникає безслідно, а перетворюється з одного виду на інший або переходить від одного тіла до іншого. У цьому полягає закон збереження і перетворення енергії — один з основних законів природи. Ми спостерігаємо його прояви як у живій, так і в неживій природі.

Прослідкуйте перетворення енергії в різних фізичних явищах (таблиця 8).

Зверніть увагу на кінцеве перетворення енергії під час фізичних явищ. Ви дійдете висновку, що всі фізичні явища в докільці супроводжуються перетворенням різних видів енергії на внутрішню.

Спостереження за змінами енергії привели до відкриття закону збереження і перетворення енергії, а також до розуміння незворотності процесів у макросвіті.

Будь-яке виконання роботи супроводжується перетворенням енергії на внутрішню, розсіюванням її в навколишньому просторі (мал. 25). Інакше кажучи, який вид енергії ми б не використовували для виконання роботи, ми нагріваємо навколишнє середовище.

Таблиця 8. Перетворення енергії під час фізичних явищ

Фізичне явище	Перетворення енергії
1. Падає дощ	Потенціальна енергія краплин перетворюється на кінетичну, при ударі об землю чи воду — на внутрішню
2. Водоспад	Потенціальна енергія води перетворюється на кінетичну і далі — на внутрішню енергію
3. Чуємо звук	Механічна енергія тіла, що коливається, перетворюється на внутрішню енергію повітря
4. Рухається автомобіль	Частина внутрішньої енергії палива перетворюється на кінетичну енергію рухомих частин автомобіля, через їх тертя перетворюється на внутрішню енергію частин автомобіля та дороги



При всіх перетвореннях енергія не зникає і не виникає з нічого, а перетворюється з одного виду на інший. У цьому полягає закон збереження і перетворення енергії. При виконанні роботи у макросвіті частина енергії перетворюється на внутрішню і розсіюється в навколишньому середовищі.



➤ 1. Від чого залежить механічна робота? 2. Як називається одиниця роботи? 3. Які види механічної енергії ти знаєш? 4. Якими одиницями вимірюється енергія? 5. У чому полягає закон збереження і перетворення енергії?

? 1. Підйомний кран підняв 500 кг цегли на третій поверх будинку (на 9 м). На скільки збільшилася потенціальна енергія цегли? За рахунок чого вона збільшилася? 2. Назви види енергії, перетворення яких можна спостерігати в доквіллі. 3. Куля масою 10 г пробиває дошку товщиною 5 см. При цьому її швидкість зменшується від 600 м/с до 200 м/с. У скільки разів зменшилася її кінетична енергія? Чому вона зменшилася?



1. Продовжіть заповнення таблиці 8. 2. Чому поняття енергії належить до основних понять фізики і природознавства? 3. Чому енергія вимірюється в таких же одиницях, як і робота? 4. Які фізичні величини визначають механічну енергію тіла? 5. Чим кінетична енергія відрізняється від потенціальної? Механічна від внутрішньої?



Для допитливих

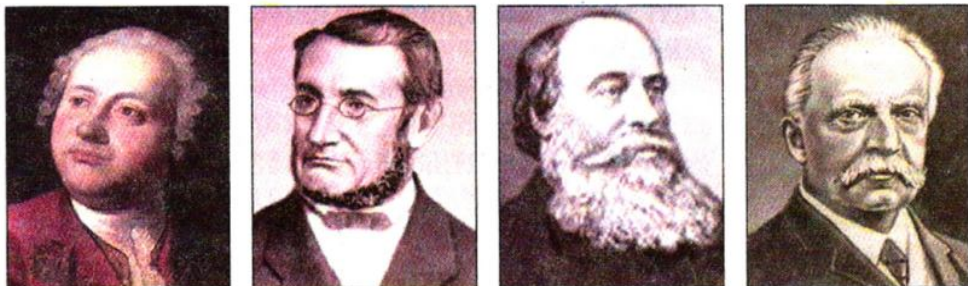
Про закон збереження і перетворення енергії

Серед перших, хто сформулював «загальний закон» збереження, назвемо російського вченого М. В. Ломоносова (1711—1765). Поняття «енергія» Ломоносов ще не використовував.

На підтвердження закону збереження і перетворення енергії німецький учений Р. Майєр (1814—1878) розглянув більше двадцяти проявів цього закону, охопивши явища живої і неживої природи.

Для утворення в науці закону збереження і перетворення енергії багато зробив англійський природодослідник Дж. Джоуль (1818—1889).

Німецький природодослідник Г. Гельмгольц (1821—1894) докладно розглянув різноманітні явища — теплові, хімічні,



Мал. 26. М. В. Ломоносов, Р. Майєр, Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц

електромагнітні, показав універсальність закону збереження і перетворення енергії, визначив правила обчислення енергії.

Наприкінці п'ятдесятих років XIX ст. закон збереження і перетворення енергії став загальноновизнаним законом природознавства.

§ 7. ТВОРЦІ ФІЗИЧНОЇ НАУКИ

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. 27) 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



Мал. 27.
Зверху вниз:
Аристотель;
І. Ньютон;
Б. Паскаль;
М. Фарадей

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), англійський учений Дж. 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 М. 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!

Внесок українських учених у розвиток науки. Українська земля багата на талановитих учених (мал. 28). 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. Патонем (1870—1953) та Б. Є. Патонем — 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



Мал. 28.
Зверху вниз:
К. Ціолковський;
Ю. Кондратюк;
С. Корольов;
Д. Іваненко

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 погоджуєтесь ви з тим, що природничо-наукова картина світу з часів Ньютона лишилася незмінною? 2. Чому вчені приділяють велику увагу дослідженню космосу?



Оберіть проект: «Космонавтика і наука».

§ 8. ЗВ'ЯЗОК ФІЗИКИ З ПОВУТОМ І ТЕХНІКОЮ

Фізика у повсякденному житті. 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,

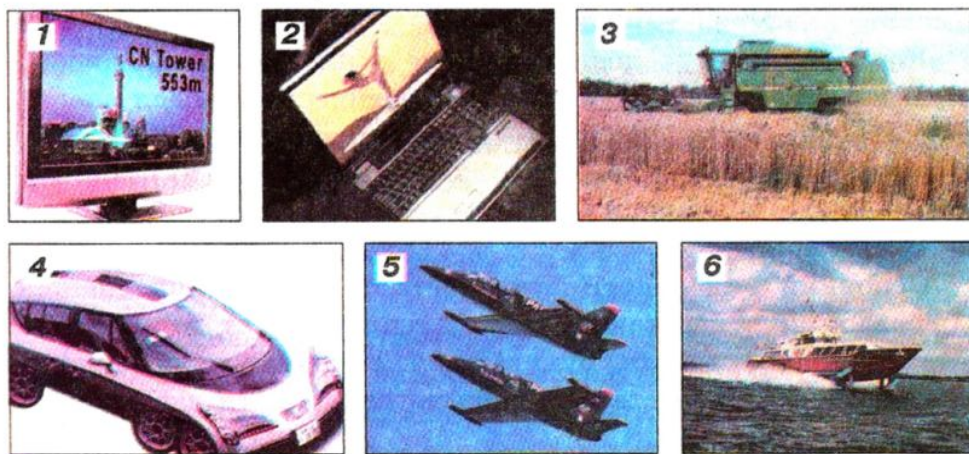
роблять її побут комфортним. Ми не можемо уявити свого життя без електроприладів, телефону, телевізора, комп'ютера, автомобіля (*мал. 29*).

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.

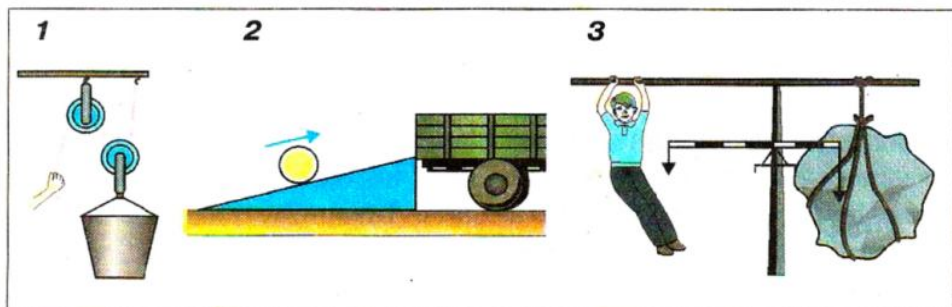
Фізика і техніка. Виробничі технології. У підручниках фізики, за якими навчалися ваші батьки, серед предметів повсякденного побуту ще не згадувалися мобільні телефони, комп'ютери, сучасні електропристрої для приготування їжі. Але фізика й тоді, як і завжди, була однією з найцікавіших, найважливіших наук.

Грамотність людини починається з вивчення азбуки, а технічна грамотність неможлива без вивчення простих механізмів. Без знань про їх принципи роботи неможливо зрозуміти дію більш складних сучасних машин. Розгляньте деякі прості механізми (*мал. 30*) та пригадайте, де їх можна зустріти.

Більшість автомобілів не обходиться без двигуна внутрішнього згоряння (*мал. 31, 1*). Його дія заснована на використанні внутрішньої енергії палива. Воно згоряє в камері згоряння. Утворені при цьому гази розширюються й штовхають



Мал. 29: Сучасна техніка: 1 – телевізор; 2 – комп'ютер; 3 – комбайн; 4 – автомобіль на сонячних батареях; 5 – літаки; 6 – катер



Мал. 30. Прості механізми: 1 — рухомий та нерухомий блоки;
2 — похила площина; 3 — важіль

поршень. Механічна енергія від поршня передається до коліс автомобіля. У двигуні внутрішнього згоряння відбувається перетворення внутрішньої енергії палива на механічну.

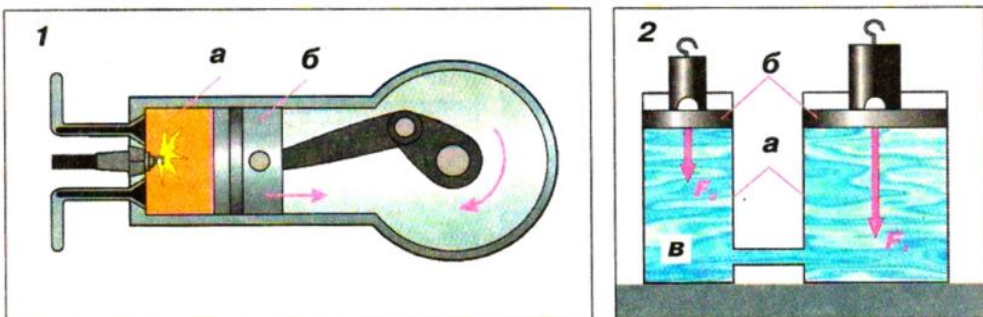
Гідравлічний прес часто застосовується в сучасній техніці (мал. 31,2). Він дає вигоду у силі завдяки передачі тиску рідиною від поршня меншого діаметра до поршня більшого діаметра. Детальніше з принципом дії гідравлічного преса ви познайомитеся пізніше.

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 параграфу 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 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



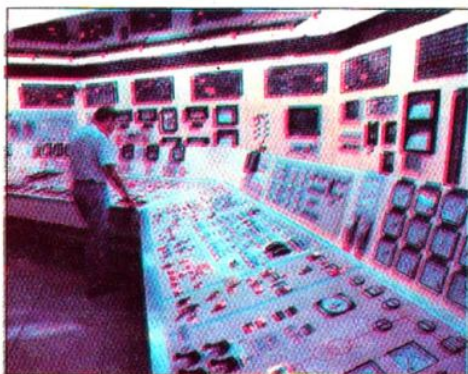
Мал. 31. 1 — модель двигуна: а — камера згоряння, б — поршень;
2 — модель гідравлічного преса: а — циліндри, б — поршні, в — рідина

сучасного промислового виробництва, зростання взаємозв'язків між окремими виробничими процесами потребують використання електронних автоматизованих систем управління (мал. 32), 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, 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. 33 подана схема будови стінки головного блоку космічного корабля.



Мал. 32. Пулт автоматичної системи управління



Мал. 33. 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 виграв 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?



Для допитливих
Не гайте часу!

Фізика любить молодих. Г. Галілей зробив своє перше відкриття у 19 років. Спостерігаючи коливання люстри в храмі й порівнюючи період її коливання зі своїм пульсом (годинників тоді ще не було), Галілей з'ясував, що період коливання люстри не залежить від величини її відхилення від положення рівноваги. Саме це відкриття лягло в основу створення годинників.

І. Ньютон відкрив закон всесвітнього тяжіння в 19 років. Це відкриття змінило картину світу. У 15 років Ньютон провів свій перший дослід: намагаючись визначити швидкість вітру, він вимірює довжину стрибка за вітром і проти вітру. Одночасно він конструює сонячний годинник.

Дж. Максвелл (1831—1879) опублікував свою першу наукову працю, коли йому ще не було 15 років.

С. І. Пекар народився у м. Києві, де й працював тривалий час. Свою першу наукову теорію, пов'язану з напівпровідниками, розробив у 22 роки. С. І. Пекар зробив значний внесок у розробку теорій, методів досліджень, пов'язаних із кристалооптикою, люмінесценцією, лазерами тощо, створив наукову школу фізиків.

Вам близько 13 років. Оберіть проект, гортаючи сторінки цього підручника. Або запропонуйте свій. І не гайте часу — працюйте!

§ 9. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА ТА СТАН ДОВКІЛЛЯ

Урок серед природи

Мета уроку: вивчати природні та створені людиною об'єкти середовища життя та їх зв'язок із явищами природи й станом довкілля.

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

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.

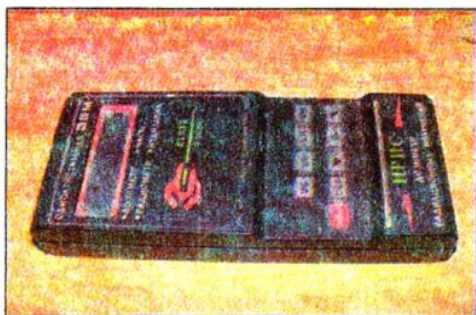
3. Назвіть джерела енергії у вашому довкіллі. Спробуйте виявити марні витрати енергії (відкриті труби теплотраси, двигун нерухомого автомобіля довго працює тощо).

4. Охарактеризуйте фізичні явища, пов'язані із системами (механічні, звукові, електричні, магнітні, оптичні), за якими ви проводили спостереження на уроці серед природи.

5. Виміряйте фізичні характеристики довкілля (атмосферний тиск, температуру).

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

7. При наявності дозиметра (мал. 34) під керівництвом учителя виміряйте забрудненість довкілля радіонуклідами.



Мал. 34. Дозиметри

Задачі до розділу «Починаємо вивчати фізику»

1. Учень, сидячи на стільці, тисне на нього із силою 400 Н. З якою силою тисне стілець на учня? Як спрямовані ці сили? Яка природа цих сил?

2. Потрібно виміряти об'єм відра, цистерни для транспортування молока, ліків для лікування ока. Якими одиницями будете користуватися для вимірювання цих об'ємів?

3. На шкалі лінійних розмірів об'єктів матеріального світу знайдіть місце для легкового автомобіля, підручника з фізики, довжини екватора Землі.

4. Які взаємодії спричиняють ваш рух по тротуару?

5. Брусок рухають горизонтальною поверхнею, приклавши до нього силу 5 Н у напрямку руху. На брусок діє сила тертя величиною 2 Н (протилежно до напрямку руху). Зробіть малюнок, покажіть на ньому вектори діючих сил. Швидкість бруска стала чи змінюється?

6. Доведіть, що простір і час пов'язані у фізичних формулах. Для цього, наприклад, визначте відстань від Землі до Місяця та від Землі до Сонця. У § 3 знайдіть час, за який світло проходить ці відстані. Шлях визначається за формулою: $s = ct$, де c (це) — швидкість поширення світла, t (те) — час поширення світла.

7. Чи має Місяць механічну енергію?

8. Ознайомтеся з умовами завдання 3 до § 6 (рубрика «Помір-куй»). Визначте роботу, яку виконує куля, пробиваючи дошку. Яка за значенням сила опору діє на кулю в дошці? (Вважайте її сталою за значенням). Візьміть до уваги, що виконана робота дорівнює зміні кінетичної енергії кулі: $A = E_{k1} - E_{k2}$.

$$m = 0,01 \text{ кг};$$

$$v_1 = 600 \text{ м/с};$$

$$v_2 = 200 \text{ м/с}.$$

$$A = ?; F = ?$$

$$A = E_{k1} - E_{k2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}.$$

$$A = Fs; F = \frac{A}{s}.$$

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).
4. За допомогою годинника із секундною стрілкою визначте час, протягом якого ви долаєте обраний відрізок шляху. Визначте свою швидкість під час повільної ходи, прискореної та бігу. Запам'ятайте результати вимірювання: ними ви скористаєтесь, щоб подолати певний шлях за необхідний вам час.
5. Підрахуйте роботу, яку ви виконуєте, ідучи в школу й назад. Скільки вам для цього потрібно енергії? (Вважайте, що за кожний крок виконується робота в середньому 20 Дж). Подумайте, чому для нормалізації ваги лікарі пропонують ходу або біг.
6. Визначте, яку роботу виконає сила тяжіння, якщо ви випустите м'яч із горизонтально витягнутої руки. Визначте приблизно, на яку висоту знову підніметься м'яч, ударившись об підлогу. Яка кількість механічної енергії перетворилася на внутрішню?

Узагальніть вивчене



1. Наведи приклади об'єктів, що належать до мікро-, макро-, мегасвіту. Що між ними спільного і чим вони відрізняються?
2. Яке значення має фізика в житті людини?
3. Визнач ціну поділки шкали та межі вимірювання запропонованих учителем вимірювальних приладів. Виміряй розміри, площу, об'єм запропонованих учителем об'єктів.
4. Яких правил поведінки слід дотримуватися у фізичному кабінеті та на уроках серед природи?
5. 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)?
6. Чи зацікавили тебе історичні факти з розвитку фізики? Історію яких відкриттів ти б хотів досліджувати?
7. За якими формулами розраховуються відомі тобі фізичні величини? У яких одиницях ці величини вимірюються?
8. Наведи приклади технічних пристроїв, що використовуються в наукових дослідженнях. Які фізичні явища лежать в основі їх роботи?

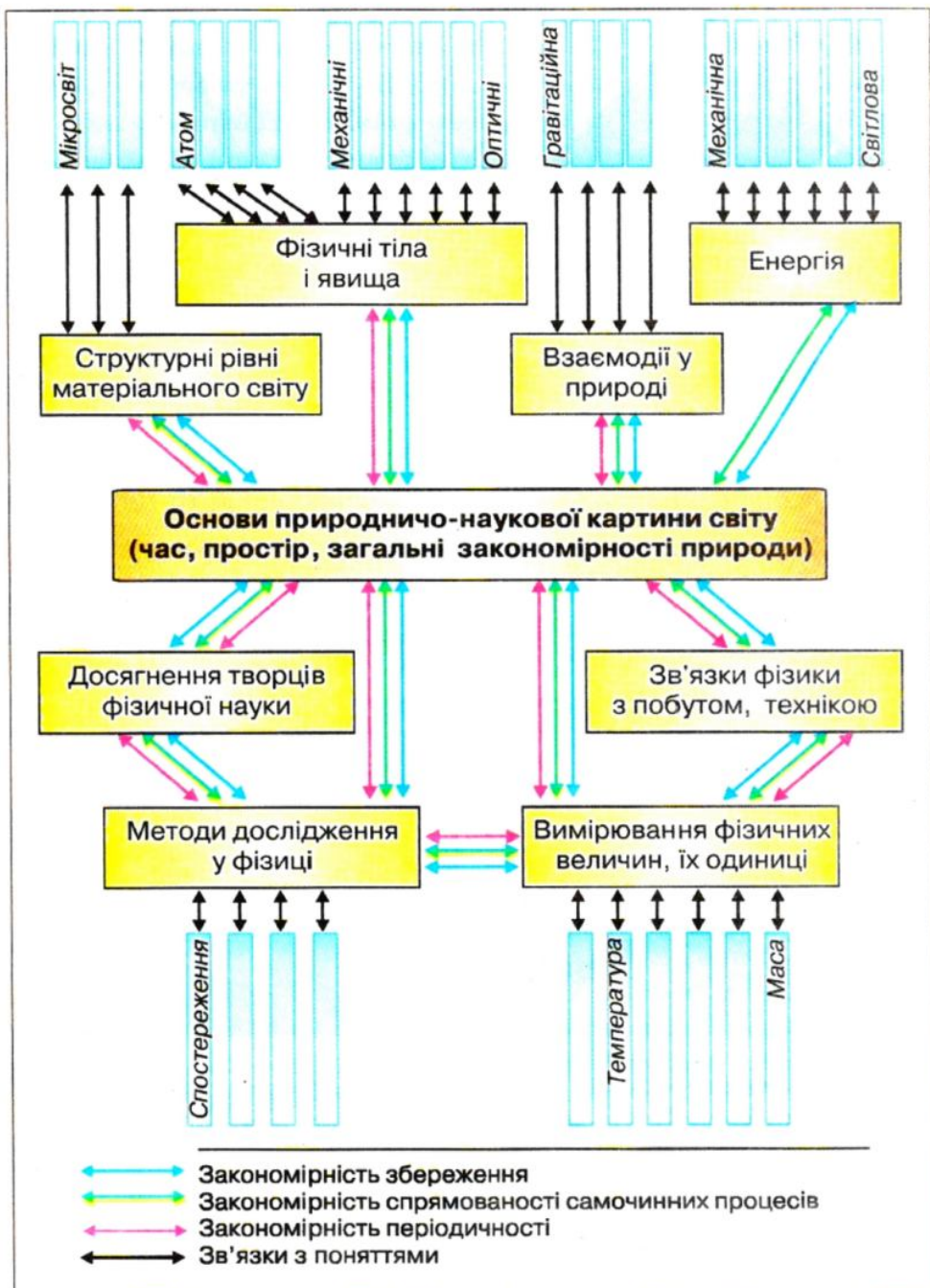


1. Структуруйте отримані під час вивчення розділу знання за допомогою структурно-логічної схеми за зразком, поданим на мал. 35. Якщо можливо, додайте до схеми малюнки. 2. Прочитайте наведений нижче вислів Дж. Бруно. Як його можна використати для обґрунтування зв'язків у структурно-логічній схемі?



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

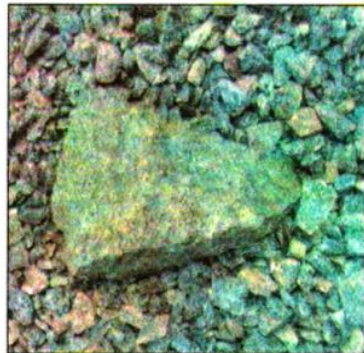
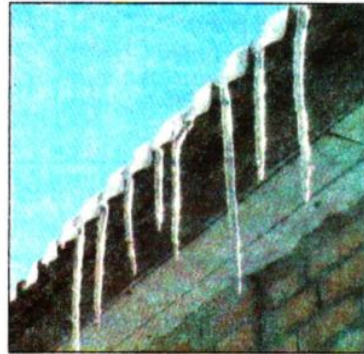
Дж. Бруно



Мал. 35. Варіант структурно-логічної схеми узагальнення знань до розділу 1 «Починаємо вивчати фізику»



Розділ 2 БУДОВА РЕЧОВИНИ



Прочитайте слова відомого фізика Р. Фейнмана: «Якби в результаті якоїсь світової катастрофи всі накопичені наукові знання загинули..., то яке твердження, що складається з найменшої кількості слів, принесло б найбільшу інформацію? Я вважаю, що це атомна гіпотеза». Ось чому знання про будову речовини такі важливі. У цьому розділі ви розглянете основні положення молекулярно-кінетичної теорії.

Знання про будову речовини у всі часи належали до найважливіших знань про дійсність. Ще Демокріт більше як 2 500 років тому писав: «Відмінності всіх предметів залежать від відмінностей їх атомів у кількості, формі і порядку... Нічого не існує, крім атомів і пустого простору. Все інше є думка».

З курсу природознавства ви вже знаєте, як багато явищ неживої природи можна пояснити, знаючи основні положення про будову речовини. Вивчаючи цей розділ, ви розширите і поглибите знання про застосування цих положень до пояснення об'єктів і явищ довкілля, а також дізнаєтеся, що вони лежать в основі однієї з найважливіших фізичних теорій — молекулярно-кінетичної.

§ 10. ФІЗИЧНЕ ТІЛО І РЕЧОВИНА. МАСА ТІЛА

Фізичні тіла і речовини. Ви вже знаєте, що різноманітні об'єкти довкілля називають тілами. Це тіла неживої і живої природи — Сонце, планети, гори, водойми, рослини, тварини, люди. Для своїх потреб людина створює штучні тіла — будівлі, транспортні засоби тощо. У фізиці ці об'єкти називають тілами (або фізичними тілами). Тіла складаються з однієї або багатьох речовин.

Те, з чого складається тіло, називають речовиною. Часто тіла складаються не з однієї, а з багатьох речовин. Вам уже відомо, що є прості, складні речовини, суміші. Усі вони можуть входити до складу природних тіл та тіл штучного походження.

Фізичний зміст маси. Чи залежить маса тіла від розмірів тіла? Не завжди. У тіла з пінопласту великого об'єму може бути маса менша, ніж у каменя значно меншого об'єму (*мал. 36*). Від чого ж залежить маса тіла?

Ви знаєте, що всі тіла притягуються до Землі. Вони притягуються також до зір, планет та інших тіл. Земля 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. 37*).



Мал. 36. У якого тіла маса більша?



Мал. 37. Земля притягує тіла

Перевіримо, чи з однаковою силою Земля притягує до себе різні за розмірами тіла з однакової речовини. Проведемо такий дослід. На пружині підвісимо тягарець (мал. 38). 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 дослідів за мал. 38 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. 39). Терези, зображені на мал. 39, 1—3, відносять до важільних, а на мал. 39, 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.

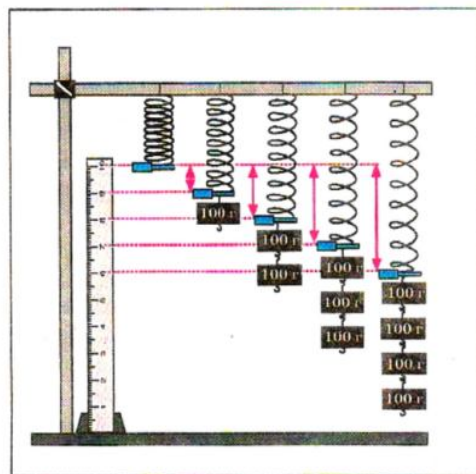
Маса — міра не тільки гравітаційних властивостей тіла. Проведемо дослід. На візок покладемо дерев'яний брусок. Примусимо візок, на якому лежить дерев'яний брусок, котитися до зіткнення з масивною перешкодою на його шляху (мал. 40, 1 а). Побачимо, що у момент зіткнення брусок продовжуватиме рухатися. Чому це відбувається? Причиною є те, що кожне тіло має властивість зберігати стан руху.

Проведемо інший дослід (мал. 40, 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.

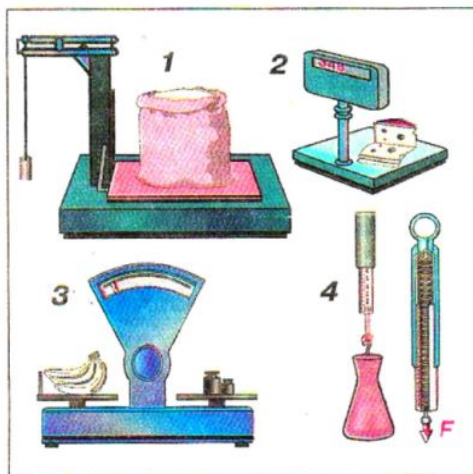
Явище збереження тілами стану спокою або руху при відсутності дії на них сил називають інерцією.

Чи однаково проявляється інерція у тіл різної маси? Проведемо такий дослід. Візьмемо два однакових візки і встановимо між ними пружну пластину, перев'язану ниткою (мал. 40, 2).

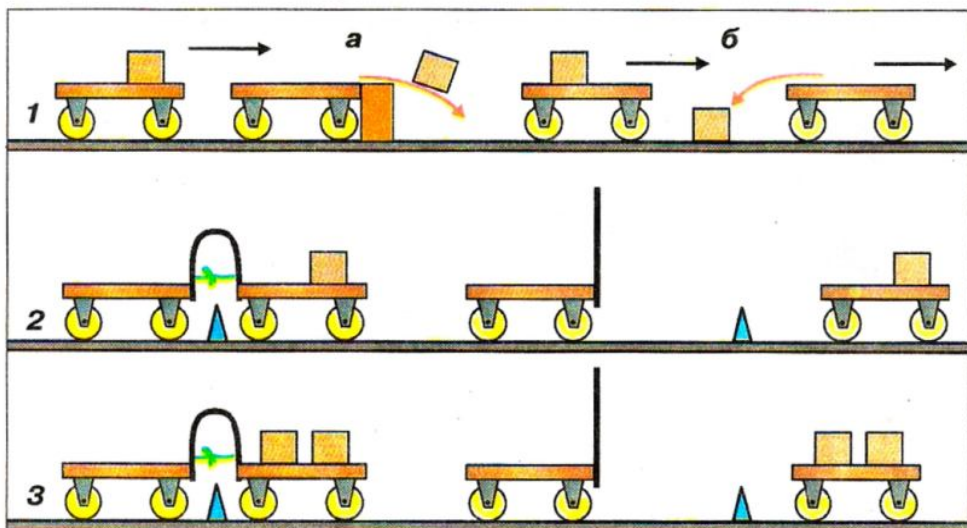
На один із візків покладемо брусок і перепалимо нитку, що тримає пружну пластину зігнутою. Візки відкотяться від мітки на різну відстань. Покладемо на той самий візок ще один брусок



Мал. 38. Маса — міра гравітаційних властивостей тіла



Мал. 39. Терези важільні (1 — десятикові; 2 — електронні; 3 — настільні торговельні) та пружинні (4)



Мал. 40. Спостереження прояву явища інерції

і знову перепалимо нитку (мал. 40, 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.



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

Лабораторна робота № 6 Вимірювання маси тіла



Мета роботи: навчитися користуватися важільними терезами (мал. 41) 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 9.

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

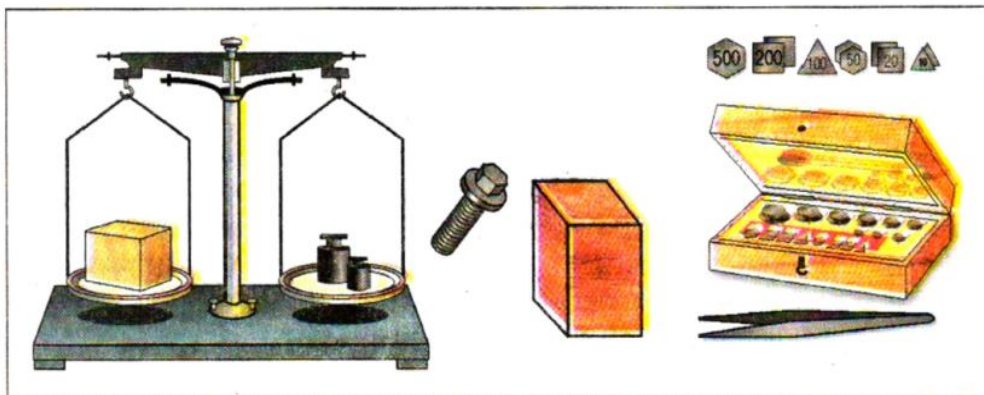
Таблиця 9

№	Тіло	Маса
1		
2		
3		

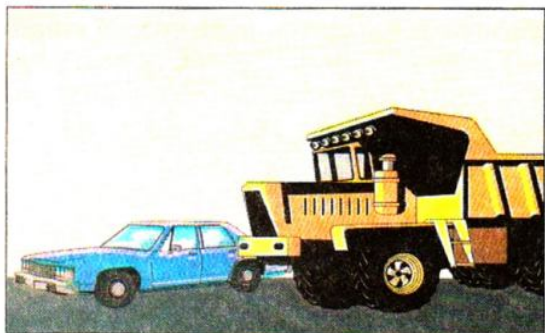


Проект Саморобні терези

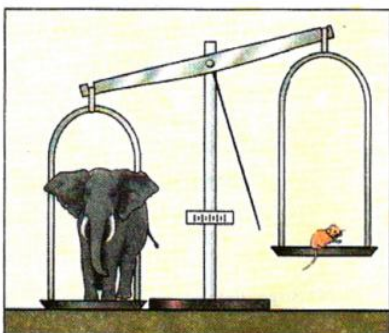
1. Запропонуйте власний проект, наприклад, «саморобні терези». Для виготовлення терезів можна використати лінійку або довгий цвях (для виготовлення важеля), сірникові коробочки (для виготовлення шальок), пластикову пляшку, наповнену піском (для виготовлення опори терезів), нитки або дріт як кріпильні матеріали.



Мал. 41. Терези важільні та набір важків, тіла різної маси



Мал. 42. Автомобілі різної маси



Мал. 43. Тіла різної маси



1. Назви тіла живої і неживої природи. 2. Що таке маса тіла? 3. За допомогою яких пристроїв визначають масу? 4. У яких одиницях вимірюється маса? 5. Вирази в кг такі маси: 2 т; 3,2 т; 0,2 т; 320 г; 2 г; 130 мг; 2 мг. 6. 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. 42)? Чому? 2. Чим пояснити значний гальмівний шлях поїзда (700 м) порівняно з легковим автомобілем?



1. Наведіть приклади прояву гравітаційних та інертних властивостей тіла. 2. Потрібно зрівноважити (мал. 43) слона ($m = 5$ т) і землерийку ($m = 3$ г). Скільки гир і якої маси поставите на шальку терезів, щоб зважити ці тіла окремо кожне? 3. Для чого водій і пасажери автомобіля при русі повинні використовувати паски безпеки?

§ 11. БУДОВА 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». 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 молекулярно-кінетичної теорії.

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.

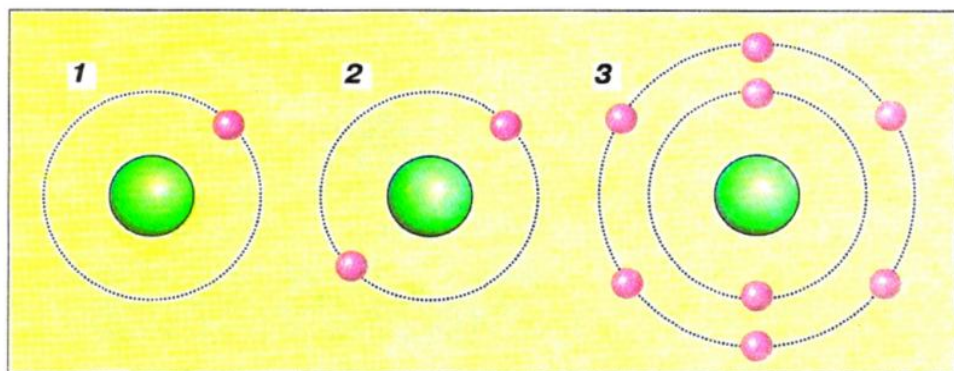
Обвуглимо шматочок цукру на спиртівці. Залишок вкинемо у воду. Обвуглений цукор не розчиняється у воді. При горінні відбулося перетворення речовини. Молекули цукру зруйнувалися, а частинки, з яких склалися молекули, утворили інші структури.

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.

Наприкінці минулого століття стало відомо, що атом має складну будову. В центрі його міститься ядро, а навколо рухаються електрони (мал. 44).

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...

Електрони атома рухаються навколо ядра, утворюючи електронну оболонку. Стабільність будови атома як системи



Мал. 44. Моделі атомів: 1 — Гідрогену; 2 — Гелію; 3 — Оксигену

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 *іоном*. 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. 45 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).

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

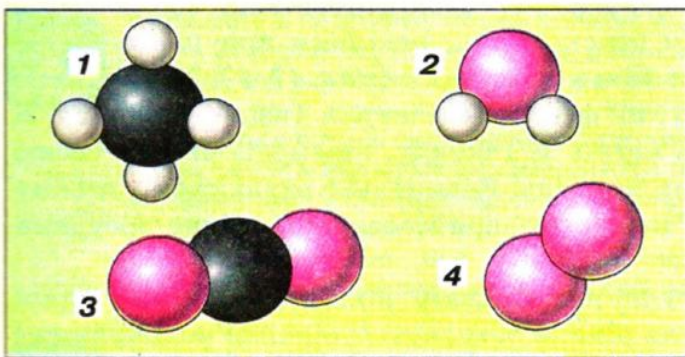
атомними ядрами сусідніх молекул. Одночасно між електронними оболонками атомів чи молекул діють сили відштовхування.

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.

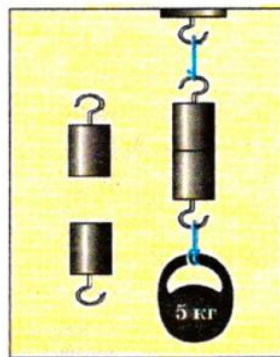
Візьмемо уламок розбитої тарілки і спробуємо його розламати, а якщо не вдасться — розіб'ємо. Тепер прикладемо уламки один до одного і намагатимемося знову одержати тіло такої самої форми. У нас нічого не вийде. Хоча ми близько притиснули уламки один до одного, однак проміжки між ними такі, що притягання між молекулами не виникає. 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.

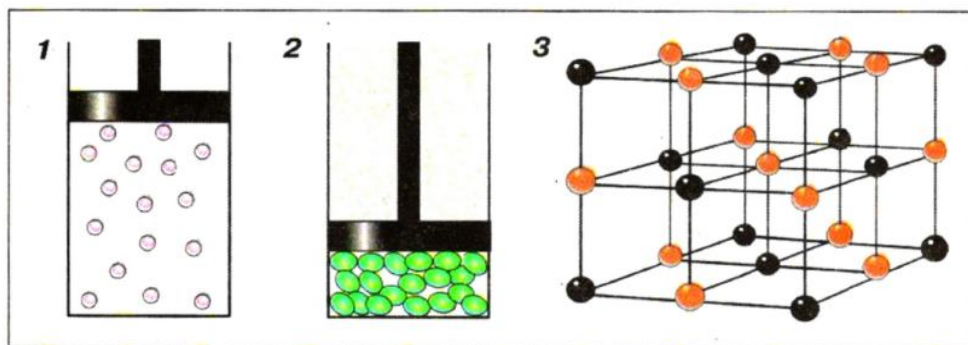
Злипаються і не розриваються навіть при значному навантаженні 2 свинцевих циліндри, дуже щільно притиснуті один до одного свіжими рівними зрізами, що гарно відполіровані (мал. 46). Розтягнемо пружину — вона змінить свою форму. Коли ми відпустимо пружину, вона відновить форму. Це пояснюється тим, що між молекулами, з яких складається тіло, існують сили притягання.



Мал. 45. Моделі молекул: 1 — метану; 2 — води; 3 — вуглекислого газу; 4 — кисню



Мал. 46. Свинцеві циліндри



Мал. 47. 1 — газ; 2 — рідина; 3 — тверде тіло

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.

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. 47, 1). Тому газу 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. 47, 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 неупорядкованого руху людей у натовпі, частинки багатьох твердих тіл розташовані впорядковано і утворюють кристали. На мал. 47, 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 молекулярно-кінетичної теорії речовини. **2.** Чим молекули відрізняються від атомів? **3.** Яку будову мають атоми? **4.** Чому між атомами, молекулами існують сили взаємодії?

? **1.** Які явища вказують на те, що між частинками, з яких складаються речовини, існують сили взаємодії? **2.** У чому полягає різниця між твердими і рідкими тілами?



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 воедино розрізнені факти, які він спостерігає.

Д. Хевеші

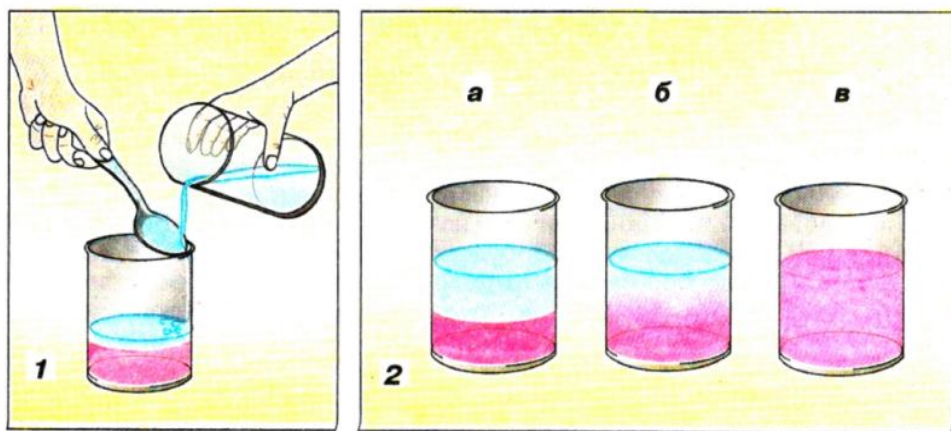
§ 12. РУХ МОЛЕКУЛ, АТОМІВ. ДИФУЗІЯ

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.

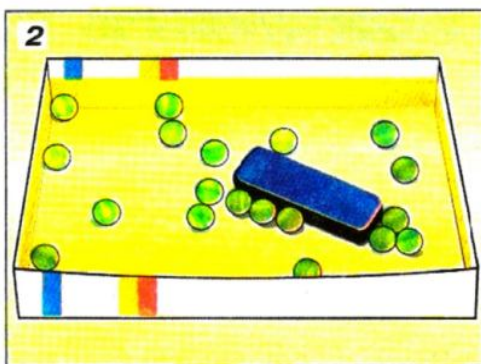
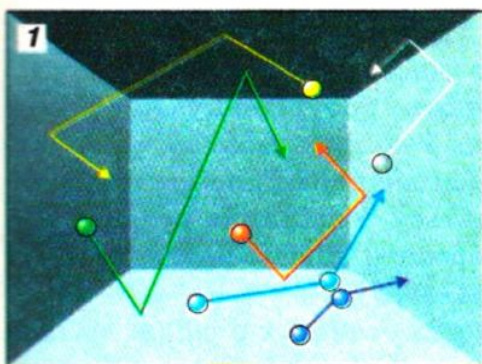
Виконаємо такий дослід. У склянку з розчином забарвленої речовини, наприклад, калій перманганату («марганцівки»), обережно доллемо води (мал. 48, 1).

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 частинками, з яких складається розчин. Поступово забарвлення рідини у посудині стане рівномірним (мал. 48, 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



Мал. 48. Дифузія в рідинах



Мал. 49. Моделі броунівського руху частинок

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 дифузєю. Завдяки дифузії неупорядкованість 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 плавуну, помітив неупорядкований 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. 49, 1); частинки туші у воді, якщо їх розглядати за допомогою мікроскопа. З мал. 49, 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. 49, 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.

Лабораторна робота № 7

Дослідження явища дифузії в рідинах і газах

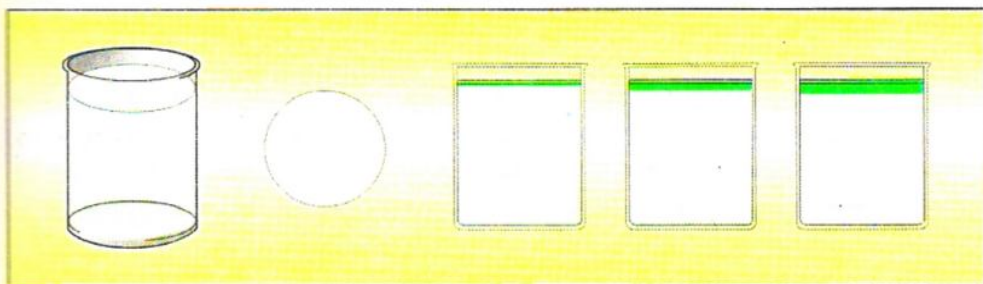


Мета: спостерігати та описати явище дифузії в рідинах і газах.

Прилади і матеріали: хімічна склянка, годинник із секундною стрілкою (метроном), лінійка, рулетка, піпетка, вата, флакон із парфумами, блюдце, фільтрувальний папір, ножиці, барвник (спиртовий розчин брильянтового зеленого), пластилін.

Хід роботи

1. У хімічну склянку налейте води, дайте їй відстоятися (1 хв). Якщо на склянці немає поділок, наклейте на неї паперову шкалу або прикріпіть лінійку.



Мал. 50. Дифузія в рідинах

2. Виріжте з фільтрувального паперу круг, діаметр якого дорівнює внутрішньому діаметру склянки, і помістіть його на поверхню води (мал. 50). За допомогою піпетки капніть кілька крапель барвника на поверхню паперу. Зафіксуйте час спостереження за допомогою годинника.

3. Спостерігайте за переміщенням межі розділу забарвленої і незабарвленої рідини. Виміряйте за допомогою лінійки відстань, на яку поширилася ця межа внаслідок дифузії (дані записуйте через однакові проміжки часу).

4. У центрі кімнати поставте на стіл (парту) блюдце з ваткою, змоченою парфумами. Ввімкніть секундомір (метроном). Зафіксуйте час появи запаху на різних відстанях від блюдця. Виміряйте відстані та визначте швидкість дифузії в газах.

5. Зробіть висновок про швидкість дифузії в газах і рідинах.

Примітка. Якщо пакетик чаю залити гарячою водою, спостерігається рух забарвлених шарів рідини. Таке явище не можна вважати дифузією. Причини цього явища ви будете вивчати пізніше.



Для допитливих Дифузія у твердих тілах

У твердих тілах дифузія спостерігається при зварюванні деталей. Можливо, ви чули про дифузійний спосіб зварювання. Поверхні деталей ретельно зачищають і притискають одну до одної. Потім деталі поміщають у камеру, де немає повітря. При нагріванні деталей до 600—800 °С відбувається дифузія частинок у місці стикання, і деталі з'єднуються.



Частинки, з яких складаються речовини, 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 закону 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 налейте гарячої води і так само опустіть кристалики барвника. У якій воді забарвлення поширяться швидше? Як ви думаєте, чому?



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

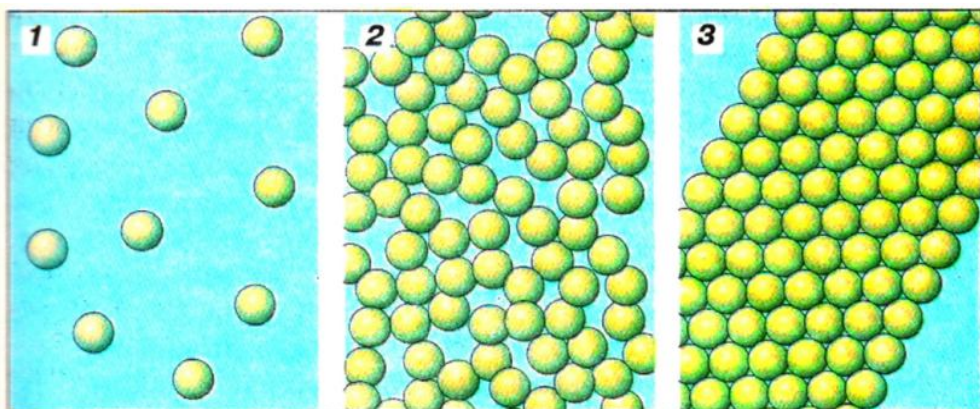
В. І. Вернадський

§ 13. АГРЕГАТНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ. ГУСТИНА РЕЧОВИНИ

Агрегатні перетворення речовини. За вікном падає сніг. Сніжинки осідають на гілках дерев, кущах, вкриваючи землю білим килимом. Із чого утворилася красива сніжинка?

Молекули води, що входять до її складу, перебували у вигляді пари у повітрі. А ще раніше вони могли входити до складу вод океану, річки або води, що її засвоїла рослина. Завдяки випаровуванню з поверхні водойми або листків рослини вода потрапляє у повітря.

Вода може перебувати в трьох станах — газоподібному, рідкому і твердому. Молекули тієї самої речовини у твердому, рідкому й газоподібному станах ті самі, вони нічим не відрізняються одна від одної. Той або інший стан речовини



Мал. 51. Моделі агрегатних станів речовини:
1 — газу; 2 — рідини; 3 — твердого тіла

визначається розташуванням, характером руху та взаємодії молекул (мал. 51, 1—3).

У газах при атмосферному тиску відстань між молекулами набагато більша від розмірів самих молекул, тому вони слабо притягуються одна до одної, і якщо газу не перешкоджають стінки посудини, його молекули розлітаються.

У рідинах і твердих тілах молекули розміщені ближче одна до одної, взаємодія між ними значна. Тому молекули в рідинах і особливо твердих тілах не можуть далеко віддалятися одна від одної.

Нагріваючи, можна перевести тіло із твердого стану в рідкий (наприклад, розплавити лід чи свинець), а з рідкого — у газоподібний (перетворити воду на пару). Охолоджуючи газ, можна одержати рідину, а з рідини — тверду речовину.

Перехід речовини з твердого стану в рідкий називають *плавленням*.

Щоб розплавити кристалічну речовину, треба спочатку нагріти її до певної температури. Температуру, при якій речовина плавиться, називають *температурою плавлення* речовини.

Усі кристалічні речовини мають певну температуру плавлення. Одні кристалічні речовини плавляться при низькій температурі, інші — при високій. Лід, наприклад, плавиться при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, свинець — при $327\text{ }^{\circ}\text{C}$, вольфрам — при $3\text{ }387\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Перехід кристалічної речовини з рідкого стану у твердий називають *твердненням*, або *кристалізацією*.

Щоб розплавлена речовина почала тверднути, вона має бути охолоджена до певної температури. Температуру, при якій речовина твердне, називають *температурою тверднення*. Дослідження показують, що кристалічні речовини тверднуть при тій самій температурі, при якій плавляться. Наприклад, вода кристалізується (а лід плавиться) при 0 °С, мідь плавиться і кристалізується при температурі 1 085 °С. Під час процесу плавлення чи тверднення температура тіла не змінюється.

Якщо рідині надати енергії, температура її підвищиться, молекули рухатимуться швидше. Деякі з них матимуть кінетичну енергію, більшу від енергії притягання між молекулами. Вони будуть відриватися від поверхні рідини — речовина переходитиме з рідкого в газоподібний стан.

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 ρ («ро»). Одиницею густини в СІ є $\text{кг}/\text{м}^3$. Часто використовують таку одиницю густини, як $\text{г}/\text{см}^3$. Щоб визначити густину тіла, потрібно його масу поділити на об'єм:

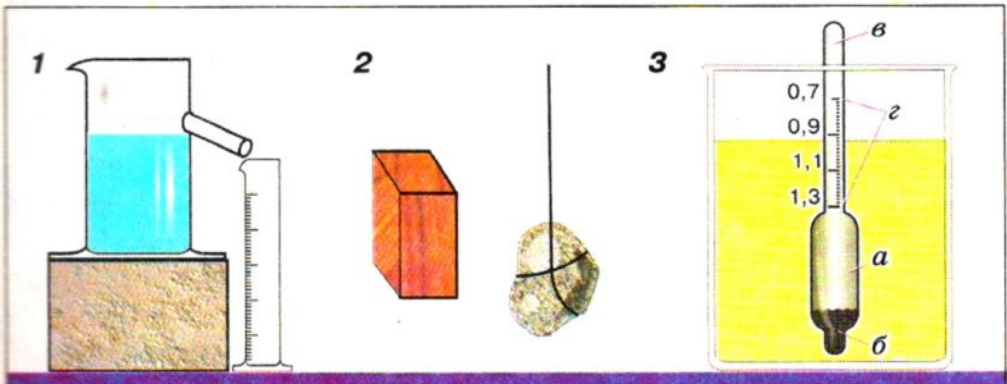
$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Знаючи густину льоду, можна знайти масу крижини, що плаває у воді. Один кубічний метр льоду має масу 900 кг, тобто густина льоду — $900 \text{ кг}/\text{м}^3$. Помноживши густину льоду на об'єм крижини, отримаємо її масу. Дані про густину льоду та інших речовин містяться в *таблиці 10* 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.

Таблиця 10. Густина

	Густина, кг/м ³		Густина, кг/м ³
Гази при t = 0 °С, P = 10⁵ Па		Рідини	
Азот	1,25	Бензин (20 °С)	7,2 · 10 ²
Водень	0,089 9	Вода (0 °С)	9,998 · 10 ²
Повітря без вологи	1,29	— »— (4 °С)	1,000 · 10 ³
Гелій	0,178	— »— (20 °С)	9,982 · 10 ²
Кисень	1,43	Вода	(1,01—1,05) 10 ³
Вуглекислий газ	1,98	морська (20 °С)	
Неон	0,117	Олія	9,4 · 10 ²
Хлор	3,21	рослинна (20 °С)	
		Ртуть (0 °С)	1,360 · 10 ⁴
		— »— (20 °С)	1,355 · 10 ⁴
Метали при t = 20 °С		Тверді тіла при t = 20 °С	
Алюміній	2,70 · 10 ³	Алмаз	3,52 · 10 ³
Залізо	7,87 · 10 ³	Береза	8,8 · 10 ²
Золото	1,93 · 10 ⁴	Бетон	(1,8—2,8) 10 ³
Літій	5,34 · 10 ²	Граніт	(2,5—3,0) 10 ³
Мідь	8,96 · 10 ³	Графіт	2,26 · 10 ³
Нікель	8,90 · 10 ³	Дуб	1,02 · 10 ³
Олово	7,30 · 10 ³	Кварц	2,6 · 10 ³
Платина	2,15 · 10 ⁴	Кістка	(1,7—2,0) 10 ³
Свинець	1,14 · 10 ⁴	Лід (0°С)	9,0 · 10 ²
Срібло	1,05 · 10 ⁴	Мармур	2,7 · 10 ³
Сталь	(7,6—7,9) 10 ³	Сіль кухонна	2,16 · 10 ³
Уран	1,90 · 10 ⁴	Сосна	8,6 · 10 ²
Цинк	7,14 · 10 ³	Порцеляна	2,4 · 10 ³



Мал. 52. Обладнання для визначення густини тіла: 1 — відливна посудина з рідиною і мірний циліндр; 2 — тіла різної форми; 3 — ареометр

Одна і та ж речовина в різних агрегатних станах має неоднакову густину. Так, густина води — $1\,000\text{ кг/м}^3$, льоду — 900 кг/м^3 . Різні речовини можуть значно відрізнятися за густиною. Наприклад, порівняно з водою залізо має майже у 8 разів більшу густину ($7\,800\text{ кг/м}^3$).



Для допитливих Про будову ареометра

Густину рідини вимірюють приладом ареометром. Розглянемо його будову (мал. 52, 3). На дні корпусу ареометра (мал. 52, 3 а) закріплений баласт із металевих кульок (мал. 52, 3 б). Зверху корпус переходить у трубчастий стержень (мал. 52, 3 в), усередині якого розташована шкала для вимірювання густини (мал. 52, 3 г).

Коли ареометр занурити в рідину, його корпус під дією сили тяжіння опускатиметься вниз доти, доки виштовхувальна сила зрівноважить силу тяжіння. Ареометри використовують для вимірювання густини будь-яких рідин: олій, гасу, бензину тощо. Шкала градується в одиницях густини.

Лабораторна робота № 8

Визначення густини твердих тіл і рідин



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 10* зробіть припущення про матеріал, із якого виготовлено брусок.

2. Візьміть тіло неправильної форми (мал. 52, 2). За допомогою відливної посудини та мірного циліндра (мал. 52, 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 визначіть 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.

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

Зробіть висновок.



Речовини можуть перебувати в різних агрегатних станах залежно від їх температури. 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. У яких агрегатних станах перебувають речовини в довкіллі?
2. Чому гази заповнюють всю посудину, у якій перебувають?
3. Чому рідини важко стиснути? 4. Чому речовина переходить з одного агрегатного стану в інший? 5. Чи відрізняються молекули води, льоду і водяної пари?

? 1. Як пояснити збереження форми і об'єму кристалічними тілами? 2. Як пояснити існування речовини в різних агрегатних станах на основі положень молекулярно-кінетичної теорії? 3. Визнач масу олії у повному бідоні об'ємом 20 л ($1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3$). 4. Як до пояснення агрегатних перетворень речовини застосувати закон збереження маси речовини?



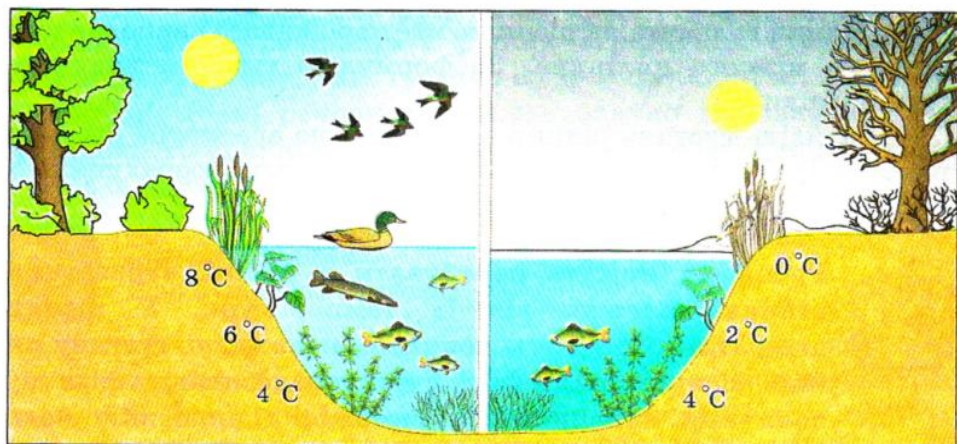
1. Маса алюмінієвої деталі 300 г , а об'єм — 200 см^3 . Чи є в цій деталі порожноти? 2. Яку масу має чиста вода при $20 \text{ }^\circ\text{C}$, якщо її об'єм 2 л ? 3. Визначте масу мідного дроту довжиною 5 м і площею поперечного перерізу $S = 2 \text{ мм}^2$. 4. Стальна деталь машини має масу $4,5 \text{ кг}$. Який об'єм деталі? 5. У результаті переміщення поршня в циліндрі (мал. 47, 1) об'єм повітря зменшився в $1,5$ разів. Як при цьому змінилася густина повітря в циліндрі?



Для допитливих
Про деякі особливості води

Особливості агрегатних перетворень води і залежність густини води від температури мають дуже важливе значення у природі.

Розглянемо процес замерзання водойми. Верхній шар води від зимового повітря охолоджується, стискається, густина води стає



Мал. 53. Зміна температури води у водоймі

більшою. Унаслідок цього верхні, більш холодні шари води опускаються нижче, поступаючи місцем теплішим шарам води, які піднімаються знизу. Так триває доти, доки температура води не сягне $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ і її густина не стане найбільшою (див. табл. 10). Унаслідок цього вода, що має температуру $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, опускається на дно.

Шари води з меншою густиною будуть знаходитися вище, і тому шар води з температурою $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ опиниться над шаром води з температурою $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ще вище розміститься шар води з температурою $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ і т.д. (мал. 53). Вода на поверхні водойми почне замерзати, утворюючи кригу, що плаватиме на поверхні водойми. Рибам, жабам, ракам та іншим мешканцям водойми взимку живеться не так добре, як літньої пори, але вони захищені від морозів.

А що, якби густина води збільшувалася при охолодженні до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? У цьому разі вода, постійно перемішуючись, набула б температури $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а потім почалося б утворення криги, і водойма досить швидко промерзла б аж до дна. За таких умов організми, для яких рідка вода є середовищем життя, звичайно, не змогли б існувати.

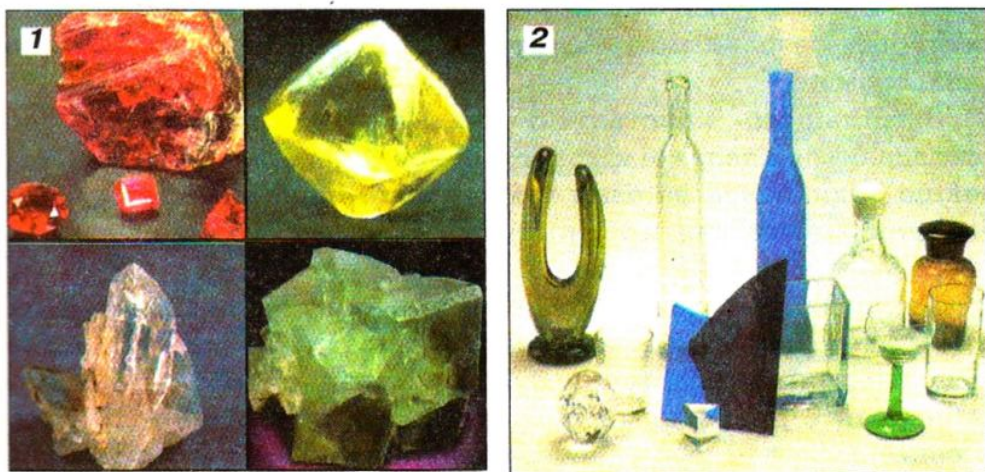
Те, що густина води найбільша при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, має велике значення для життєдіяльності організмів. Зверніть увагу на різницю густини води при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Така мала різниця, а такі важливі її наслідки у природі!

§ 14. КРИСТАЛІЧНІ ТА АМОРФНІ ТІЛА

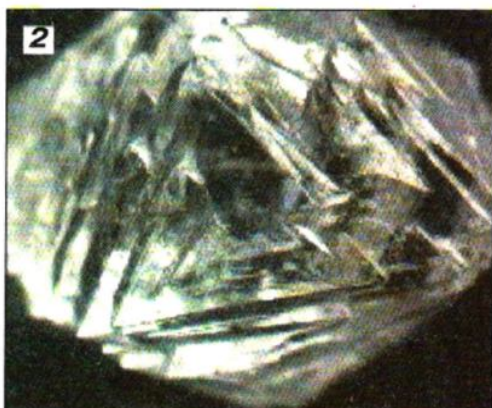
Тверді тіла. Тверді тіла зберігають свою форму. У твердому стані багато речовин має кристалічну будову (мал. 54, 1). У кристалах частинки розташовані у певному порядку (мал. 56, 1). Якщо розколоти шматок кристалічної речовини (наприклад, цукру чи сірки) і уважно подивитись на злам, то зазвичай добре помітні дрібні кристали. Зокрема, з дрібних кристалів побудовані метали.

Серед твердих тіл трапляються такі, на зламі яких не можна знайти жодних ознак кристалів. Наприклад, якщо розколоти шматок звичайного скла, то його злам буде гладеньким. Те ж спостерігається, якщо розламати шматок смоли та деяких інших речовин. Такі речовини (мал. 54, 2) називаються аморфними (від грецького «аморфос» — «безформний»).

Відмінність між кристалічними й аморфними речовинами проявляється і в їх фізичних властивостях. Так, кристали плавляться при певній температурі, і при тій же температурі відбувається перехід від рідкого стану до твердого. Аморфна речовина при нагріванні поступово розм'якшується, починає розтікатися, доки не стане по-справжньому рідкою. При охолодженні такі речовини також поступово перетворюються на тверді.



Мал 54. Кристали (1) та тіла, виготовлені з аморфних речовин (2)



Мал 55. Кристали: 1 — гірського кришталю; 2 — алмазу

Аморфні речовини, подібно до рідин, текучі. Так, якщо шматок смоли покласти на рівну поверхню в теплом приміщенні, то за кілька тижнів він набуде форми диска.

Кристали. Слово «кристал» походить від грецького «кристалос», що означає «прозорий лід». Ця назва виникла в давні часи, коли вважали, що один із поширених кристалів — гірський криштал — це дуже твердий лід, який утворюється під дією великого холоду в горах і ніколи не тоне. Розгляньте кристали гірського кришталю (мал. 55, 1).

Кристали різних речовин розрізняються за формою: кристали гірського кришталю не переплутаєш із кристалами алмазу (мал. 55, 1, 2) або гранату. Проте кристали деяких різних хімічних речовин можуть бути дуже схожими за формою або кольором.

Здебільшого кристалічні тіла є полікристалами, що складаються з великої кількості дрібних кристалів. Наприклад, якщо подивитися на злам граніту або мідної пластинки через лупу, можна побачити зернисту будову зламу — безліч різних за формою дрібних кристалів.

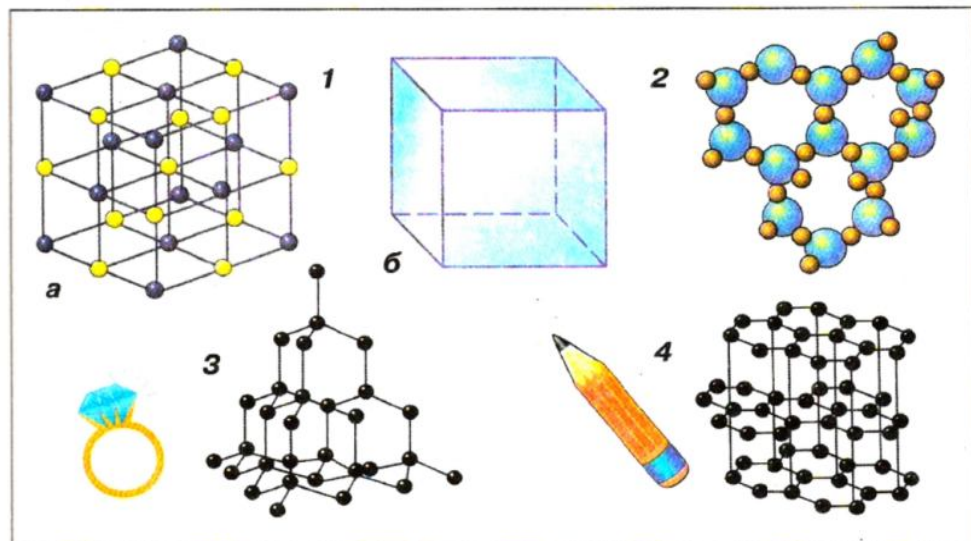
У природі кристали часто зустрічаються у вигляді мінералів. *Мінерал* — це частина неорганічної природи, природне тіло, яке має переважно кристалічну будову і постійний хімічний склад. Мінерали є природними продуктами земних фізико-хімічних процесів. Світ мінералів дуже різноманітний — у цьому можна пересвідчитися, ознайомившись із колекцією мінералів у мінералогічному музеї. Там можна побачити кристали

природного корунду сорока різних кольорів і відтінків: червоний (рубін), синій (сапфір), чорний (різновид корунду, який застосовують у виробництві наждаку) тощо. І все це одна і та ж речовина — алюміній оксид.

Інша кристалічна речовина — силіцій оксид. Він може бути безколірним (гірський кришталь), золотистим, чорним, бузковим (аметист). Різний колір мінералів зумовлений домішками у їх складі.

Зовнішній вигляд кристала зумовлений упорядкованим розташуванням частинок, які його утворюють (мал. 56). Це розташування можна уявити у вигляді кристалічної решітки — просторового каркасу, який утворено прямими лініями, що перетинаються. У точках їх перетину (вузлах кристалічної решітки) знаходяться частинки — молекули, атоми або йони. Вони утворюють упорядковану стійку систему. Кристал — це система впорядковано розміщених частинок, розташування яких повторюється у просторі сотні й тисячі разів.

Розгляньте кристалічну решітку кухонної солі (мал. 56, 1). Уявімо, що ми зменшилися до розмірів частинок, із яких складаються кристали. Здійснимо уявну мандрівку в кристал кухонної солі. Куди не кинемо погляд — угору, вниз, на всі боки —



Мал. 56. Моделі кристалів: 1 — кухонної солі (а — кристалічна решітка; б — зовнішній вигляд); 2 — води (лід); 3 — алмазу; 4 — графіту

бачимо, що йони натрію і хлору розташовані один за одним на однакових відстанях.

«Розглянемо» кристал алмазу. Навколо нас тягнуться рівні нескінченні ряди атомів Карбону (*мал. 56, 3*), розташовані у певному порядку. У кристалі графіту такі самі атоми розташовані по-іншому (*мал. 56, 4*). Саме тому властивості алмазу й графіту — різні. З графіту виготовляють стержень олівців. Алмаз — найтвердіша речовина. Його використовують для виготовлення алмазних інструментів, діамантів — чудових прикрас.

Кристалічні речовини відрізняються за хімічним складом та будовою кристалічної решітки. Будова і склад кристалів визначають фізичні властивості твердого тіла — температуру плавлення, пружність, твердість, тепло- й електропровідність тощо.



Тверді тіла бувають кристалічні та аморфні. Кристал — це система впорядковано розміщених частинок, розташування яких повторюється у просторі. Властивості кристалічних тіл залежать від будови та хімічного складу кристалів.



1. Наведи приклади кристалічних та аморфних тіл. **2.** Що таке кристал? **3.** Наведи приклади використання кристалічних речовин. **4.** Із яких частинок можуть складатися кристали?
? 1. Які метали ти знаєш? Які їх властивості можеш назвати? **2.** Назви кристали, зображені на *мал. 56*, за типом частинок, із яких вони складаються. Наприклад, «атомні». **3.** На с. 56 знайди фото молекулярного кристала.



1. Прочитайте статтю «Про деякі кристали» (с. 83). Чому метали добре проводять електричний струм? Чим обумовлені властивості металів? **2.** Чому кристали кухонної солі не проводять електричного струму? **3.** Наведіть приклади використання кристалів у зв'язку з їх властивостями.



Проект
Вирощуємо кристали

Мета проекту: навчитися вирощувати кристали.

Прилади і матеріали: колба або скляна банка, дистильована вода, кухонна сіль (або інша), фільтр.



Металам властива добра електро- й теплопровідність, вони пружні і водночас пластичні, мають добру ковкість, міцні й тверді. Ці властивості металів зумовлені будовою їх кристалів, що містять не зв'язані з ядрами атомів електрони. Вони покидають атом, стають «вільними» і «блукають» у кристалі, утворюючи електронний газ. Ці електрони належать кристалові металу загалом.

Тепло від однієї частинки до іншої передається не тільки завдяки коливанню йонів, а й руху електронів — тому метали мають добру теплопровідність.

Наявністю вільних електронів у кристалічній решітці зумовлені й інші цікаві властивості металів, зокрема пластичність, пружність.

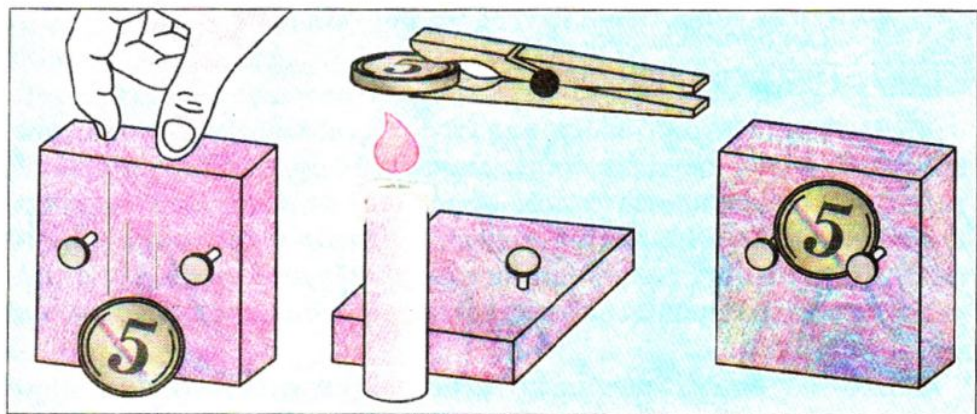
Кварц. Як вам відомо, Оксиген і Силіцій є найпоширенішими в земній корі елементами. Їх загальний вміст у літосфері — майже 77 %. У природі поширений мінерал кварц — силіцій оксид.

На основі силіцій оксиду існують різноманітні мінерали. Вони відрізняються за розмірами — є такі, що їх не видно неозброєним оком, а є розміром кілька метрів. Мінерали на основі силіцій оксиду можуть мати багату гаму кольорів — від фіолетового до червоного. Усі назви цих каменів неможливо перерахувати. Це авантюрин, агат, аметист, волосатик, драгомит, жирозоль, златоіскр, іскряк, кристобаліт, моріон, онікс, опал, празем, сердолік, яшма...

§ 15. ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗМІРІВ ТІЛА ВІД ТЕМПЕРАТУРИ

Про збільшення чи зменшення розмірів тіла залежно від температури вам відомо давно. Наприклад, на залежності об'єму ртуті, спирту від температури ґрунтується дія ртутних і спиртових термометрів.

Можливо, ви спостерігали руйнування склянки, коли в неї наливали гарячу рідину. Так, гарячий чай, налитий у склянку,



Мал. 57. Пристрій для спостереження розширення твердих тіл при нагріванні

прогріває її стінки не відразу. Спочатку нагрівається внутрішня частина стінки і при цьому розширюється від нагрівання. Зовнішня частина стінки, що не встигає розширитися, протидіє цьому. Склянка може зруйнуватися.

Ви вже знайомі з хімічним посудом. Зверніть увагу на товщину його стінок. Чим скляний посуд тонший, тим безпечніше можна його нагрівати. (Чому?). Хіміки кип'ятять воду в скляній колбі на газовому пальнику, не турбуючись про руйнування колби.

Зробіть пристрій для демонстрації зміни розмірів твердого тіла залежно від температури самостійно. Для цього вам будуть потрібні деталі, зображені на мал. 57 (дощечка, монети, свічка, кнопки, прищіпка).

Різні тіла по-різному змінюють свої розміри при нагріванні. Це відбувається тому, що їх внутрішня будова є різною. Наприклад, різні кристалічні тіла складаються з різних атомів або молекул, мають різні кристалічні решітки тощо.

При тепловому розширенні твердих тіл виникають дуже великі напруження, які можуть зруйнувати металеві споруди, розірвати сталеві дроти, зігнути рейки тощо. У техніці завжди враховують зміну лінійних розмірів тіл залежно від температури. Між рейками залізничної колії роблять проміжки (мал. 58, 1). При прокладанні трубопроводів роблять компенсатори (мал. 58, 2). Дроти лінії електропередачі не надто натягують, щоб вони не порвалися взимку (мал. 58, 3).

К - Келві

Тверді тіла	Коеф. , 1/К	Рідкі тіла	Коеф. , 1/К (t = 20 °C)
Скло	0,000 009	Вода	0,000 2
Цегла	0,000 005	Ртуть	0,000 2
Мідь	0,000 017	Спирт	0,001 1
Сталь	0,000 012	Гас	0,000 9
Алюміній	0,000 024	Бензин	0,001 1
Свинець	0,000 029	Ацетон	0,001 5
Срібло	0,000 019	Гліцерин	0,000 5



Для допитливих

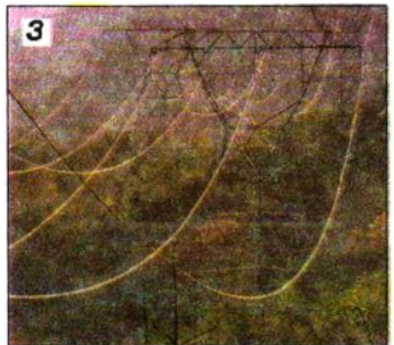
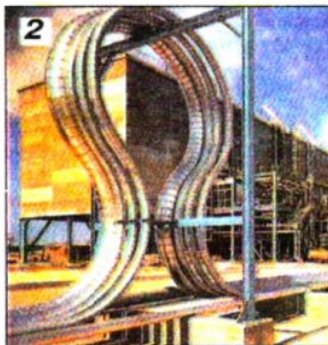
Залежність розмірів твердого тіла від температури

Для характеристики залежності розмірів твердого тіла від температури потрібно знати, як змінюється кожна одиниця його лінійного розміру при зміні температури на 1 К. Цю величину називають температурним коефіцієнтом лінійного розширення і позначають буквою α . Для деяких твердих тіл цей коефіцієнт поданий у таблиці 11.

Позначимо початкову довжину твердого тіла, наприклад, металевого стержня, L_0 . Початкову температуру стержня позначимо t^0 .

При нагріванні стержня від початкової температури t^0 до кінцевої температури t^1 довжина тіла L_0 збільшиться на величину $\alpha L_0(t^1 - t^0)$, де α — температурний коефіцієнт лінійного розширення. Відповідно довжина тіла L при температурі t^1 становитиме:

$$L = L_0 + \alpha L_0 (t^1 - t^0).$$



Мал. 58. Урахування теплового розширення в техніці

Визначте, на скільки видовжиться мідний дріт довжиною 2 м при нагріванні його від 0 °С до 10 °С. Розрахунки виконайте самостійно. За *таблицею 11* визначте, які метали найбільше змінюють розміри залежно від зміни температури.



Для допитливих

Залежність об'єму рідин і газів від температури

Наповнимо колбу підфарбованою водою і будемо її нагрівати (*мал. 59*). При нагріванні рідини, наприклад, від 20 °С помітимо, що об'єм рідини збільшується з підвищенням температури. Позначимо коефіцієнт об'ємного розширення β . Застосувавши ті ж міркування, що й при виводі формули зміни лінійних розмірів тіла при тепловому розширенні, дійдемо висновку, що рідина об'ємом V_0 , нагріваючись від температури t^0 до t^1 , матиме об'єм:

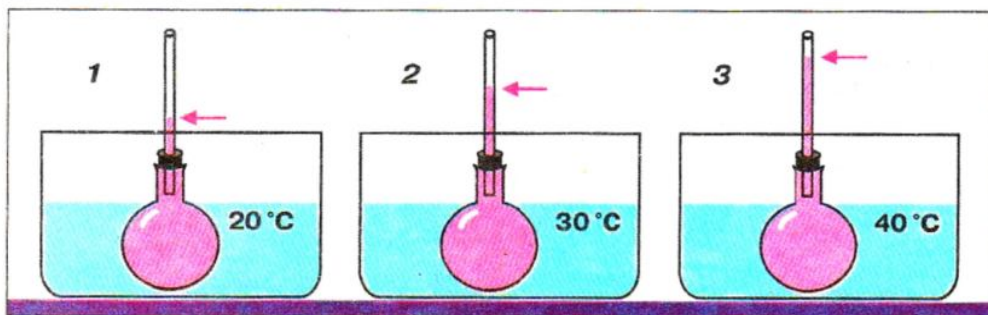
$$V = V_0 + \beta V_0 (t^1 - t^0).$$

Коефіцієнти об'ємного розширення наведені в *таблиці 11*. Слід пам'ятати, що підвищення температури не завжди веде до збільшення об'єму. Пригадайте, що вода має найбільшу густину при $t^1 = 4$ °С.

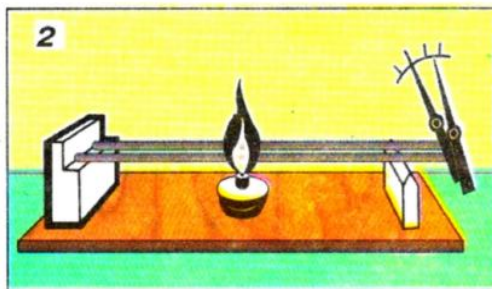
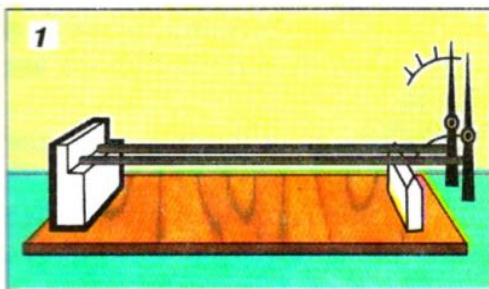
Газоподібні тіла також змінюють свій об'єм із зміною температури. Із залежністю об'єму газу від зміни температури ви ознайомитеся в курсі фізики пізніше.



Розміри тіл залежать від температури. Залежність розмірів тіл від температури характеризується температурним коефіцієнтом лінійного або об'ємного розширення.



Мал. 59. Залежність об'єму води від нагрівання



Мал. 60. При нагріванні різні тіла розширюються по-різному



1. Наведи приклади врахування залежності лінійних розмірів тіл від температури: а) у побуті; б) у техніці. 2. Чому рейки залізничної колії укладають так, щоб між ними були проміжки (мал. 58, 1)? 3. Для чого створюють компенсатори на трубопроводах (мал. 58, 2)?

? 1. Що показує коефіцієнт лінійного розширення? 2. На якому явищі заснована дія спиртового або ртутного термометра?



1. Для вивчення теплового розширення тіл учні виготовили пристрій (мал. 60, 1). На опори покладено залізний стержень так, щоб один кінець упирався у виступ на опорі, а другий — у нижній кінець стрілки. При нагріванні стержня спиртівкою стрілка відхилилася. Чому? Якщо спиртівку прибрати, стрілка повернеться у попереднє положення. Чому? 2. Покладемо на опору однакові за розмірами залізний і алюмінієвий стержні так, щоб кожен із них упирався в стрілку. Нагріємо спиртівкою обидва стержні (мал. 60, 2). Стрілки відхилияться на різні кути. Чому?

§ 16. ТІЛА ТА РЕЧОВИНИ В ДОВКІЛЛІ

Урок серед природи

Мета уроку: виявити об'єкти довкілля та явища в ньому, що пояснюються за допомогою основних положень молекулярно-кінетичної теорії.

Прилади і матеріали: лупа, термометр, сірникові коробки, фотоапарат.

1. Виявіть тіла, що мають кристалічну будову (сніг, лід, пісок, граніт тощо). Що ви знаєте про фізичні властивості цих тіл? Що б вам хотілося дізнатися про їх властивості?

Наберіть зразки кристалічних тіл у сірникові коробки, розгляньте їх за допомогою лупи та охарактеризуйте.

Наберіть снігу і зліпть його. Чи має отримана речовина кристалічну будову? Чи відрізняється її кристалічна будова від будови кристалів сніжинки?

2. У яких агрегатних станах перебуває вода в довкіллі в цю пору року?

3. Із яких матеріалів зроблені навколишні будівлі? Це природні речовини чи матеріали, отримані штучно? Назвіть серед матеріалів кристалічні й аморфні тіла. Чи можна повітря довкола вас назвати тілом? Речовиною?

4. Чи є у повітрі кристали яких-небудь речовин? Відповідь аргументуйте на основі спостережень.

5. Як зміна лінійних розмірів тіл залежно від температури враховується в техніці? Якщо поблизу є лінія електропередачі, проведіть спостереження, як натягнуті дроти. Чи зустрічаються компенсатори на газопровідних трубах, проміжки між рейками залізничної колії?

6. Які кристалічні й аморфні речовини люди вживають у їжу?

7. *Виміряйте температуру повітря і снігу. Порівняйте результати вимірювання, зробіть висновок.*

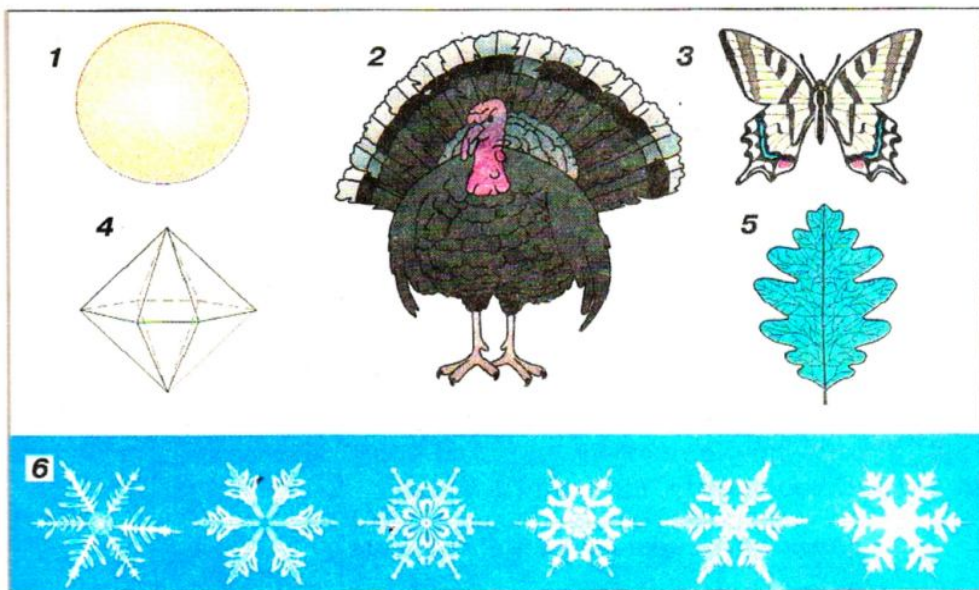
8. Перевірте народні прикмети.



Для допитливих **Симетрія у природі**

Об'єкти навколишнього світу вражають нас своєю довершеністю і красою. Конуси ялин, мережані краї листка кропиви, довершена форма квітів або дорогоцінних каменів... Перелік прояву симетрії у знайомих нам об'єктах можна продовжувати довго. *Симетрією* називають властивість предмета не змінювати свого вигляду при переміщенні чи повертанні його будь-яким чином. Слово «симетрія» у перекладі з грецької мови означає «співмірність». Поняття симетрії виникло із спостережень стародавніми людьми форми тіл живих організмів. Розуміння симетрії допомагає людині осягнути порядок, красу, досконалість у природі і відтворити їх у своїй діяльності.

Розглянемо кулю. Вона не змінює свого вигляду, як би ми її не повертали. Якщо квітку ромашки будемо повертати в горизонтальній площині, то не помітимо, повертали ми її чи ні.



Мал. 61. Симетричні тіла: 1 — куля; 2 — індик; 3 — метелик;
4 — кристал алмазу; 5 — листок; 6 — сніжинки

Те саме можна сказати про квітки петунії, вишні та багатьох інших рослин. Ці квітки мають *поворотну* симетрію. *Поворотна симетрія* — властивість предмета не змінювати свого вигляду при повороті в одній площині.

Двосторонню, або *дзеркальну*, симетрію мають тіла, які можуть бути умовно розділені на дві частини, які нічим не відрізняються одна від одної.

Симетрія властива кристалам, атомам, молекулам, більшості живих організмів та їхнім органам.



Спостерігайте природу і йдіть дорогою, яку вона вам показує.

Ж. Ж. Руссо

Задачі до розділу «Будова речовини»

1. При прополюванні посівів вручну бур'яни не слід висмикувати із землі занадто швидко. Чому?

2. Маса деякої речовини 4,79 г, об'єм 0,3 см³. Що це за речовина?

3. При визначенні густини срібного виробу було отримано значення $11,2 \text{ г/см}^3$. Чи є в цьому виробі домішки? Які це можуть бути метали?

4. Машина розрахована на перевезення вантажів масою 3 т. Скільки листів сталі можна навантажити на неї, якщо довжина кожного листа 2 м, ширина 90 см, товщина 2 мм?

5. Дівчинка купила 0,5 л олії. Визначте масу олії. Густина олії знайдіть у таблиці 10.

6. При $20 \text{ }^\circ\text{C}$ сталевий дріт має довжину 50 м. Як зміниться його довжина при $-20 \text{ }^\circ\text{C}$?

7. Шлюз для проходження суден 85 м завдовжки і 12 м завширшки. Яка маса води знаходиться у ньому, якщо її рівень 5 м?

8. У чому проявляються аномалії води? Яке значення мають ці аномалії для істот, що живуть у воді?

Домашні експериментальні завдання



1. Налийте в одну мензурку спирт, а в другу — воду (по 50 мл). Перелийте спирт у воду. Чому об'єм став приблизно 95 мл? Що доводить цей дослід?

2. Налийте у мензурку 200 мл води і вкиньте цукор. Який об'єм рідини у мензурці після розчинення цукру? Поясніть результати досліду.

3. Дослідіть: чи злипаються сухі листки паперу? Змочені водою? Один змочений водою, другий — олією? Поясніть результати досліду.

Узагальніть вивчене



1. Як на основі положень молекулярно-кінетичної теорії пояснити будову речовини?

2. Чому речовини можуть переходити з одного агрегатного стану в інший?

3. Яким би було життя на Землі, якби вода у біосфері не існувала одночасно в трьох агрегатних станах?

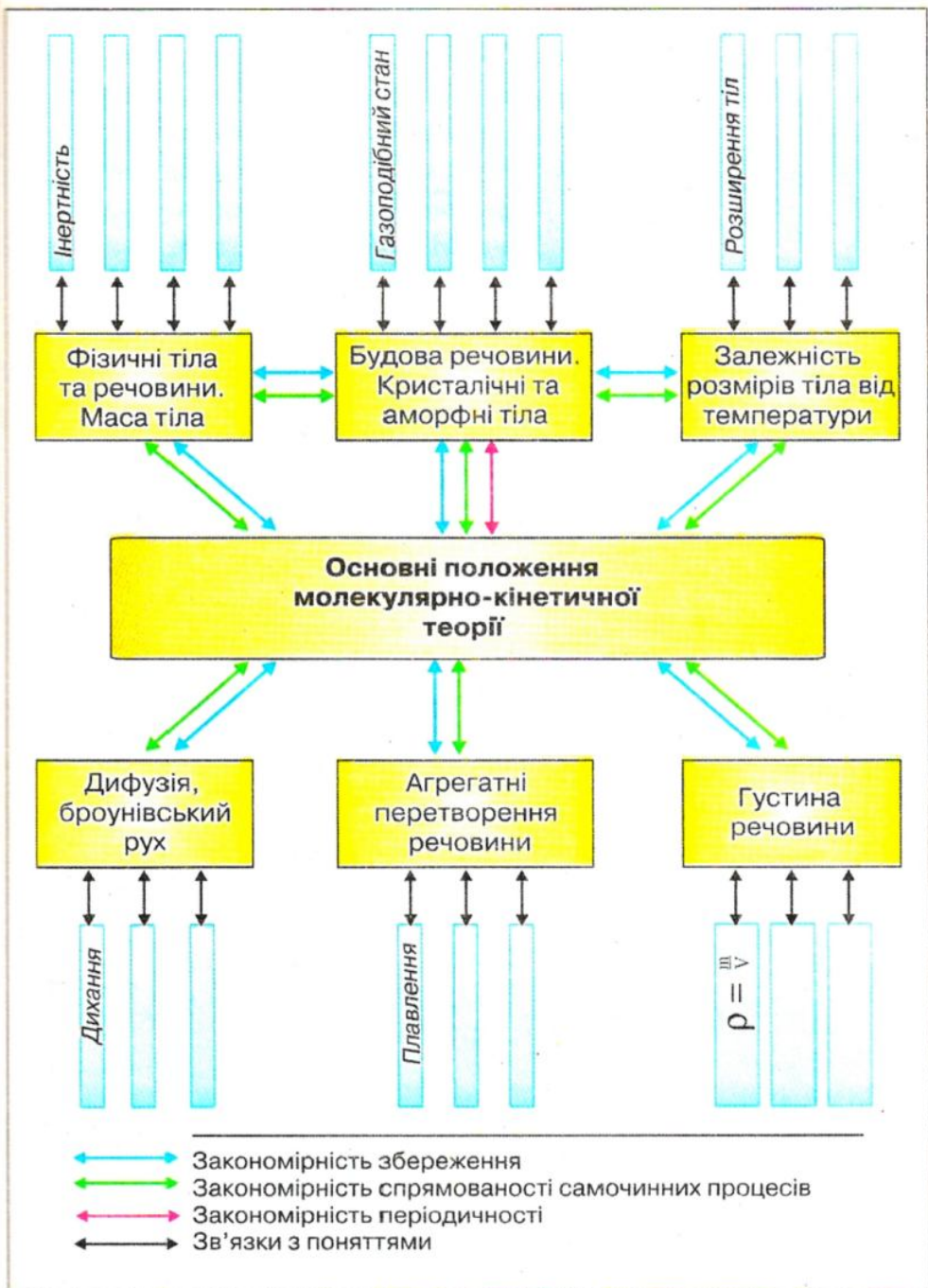
4. Чому кристалічні речовини мають стабільні фізичні властивості і характеристики (температуру плавлення, коефіцієнт лінійного розширення), а аморфні їх не мають?

5. Як після вивчення розділу «Будова речовини» змінилися ваші уявлення про природничо-наукову картину світу і ваш образ природи?

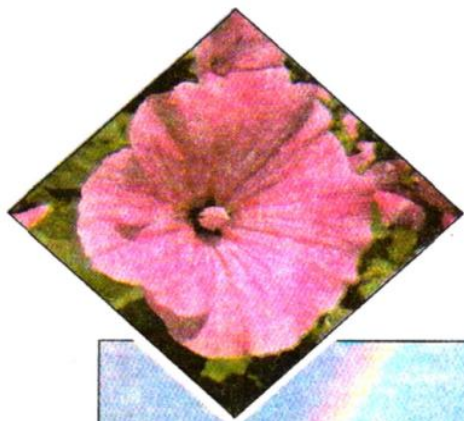
6. Як ви об'єднали знання про будову речовини, отримані на уроках фізики і хімії?



1. Доповніть за допомогою вчителя структурно-логічну схему до розділу «Будова речовини» (мал. 62). Дайте пояснення до схеми на основі молекулярно-кінетичної теорії та загальних закономірностей природи.



Мал. 62. Структурно-логічна схема узагальнення знань до розділу 2 «Будова речовини»



Розділ 3 СВІТЛОВІ ЯВИЩА



Вивчення світлових явищ розкриє перед вами багато таємниць. Чи задумувалися ви над тим, як «спіймати» тінь? Як «бачити» крізь стіни? Або як за допомогою льоду добути вогонь? Ознайомившись із матеріалом цього розділу, ви зможете дізнатися про ці та ще про багато цікавих фактів.

Більше дев'яноста відсотків інформації про світ людина і більшість тварин отримують завдяки органам зору, що сприймають світло. Рослини ж завдяки своїй здатності накопичувати енергію світла про запас створюють їжу для себе і для всіх мешканців планети. Тому цілком закономірно те, що ми починаємо вивчати явища і закони фізики саме з оптики — розділу фізики, що вивчає світло.

§ 17. ВИПРОМІНЮВАННЯ І ПОШИРЕННЯ СВІТЛА

Джерела світла. Самоосвітні тіла, тобто тіла, що самі випромінюють світло, називають *джерелами світла*. Вони випромінюють світло внаслідок збудження атомів цих тіл. Джерела світла поділяються на природні й штучні (мал. 63).

Сонце, зорі, блискавка, світлячки, деякі мікроби, що викликають гниття і світіння деревини, — це природні джерела світла.

До штучних джерел світла відносять лазери, екрани телевізорів, електролампочки, лампи денного світла, вогнище.

Місяць є джерелом відбитого світла. Джерелами відбитого світла є кожен об'єкт довкілля, серед них, наприклад, живі організми, зокрема ми з вами.

Приймачі світла. Це природні і штучні пристрої, що перетворюють енергію світла. Найважливішим природним приймачем світла є очі.



Мал. 63. Природні та штучні джерела світла: 1 — Сонце; 2 — Місяць; 3 — лазерна указка

Потрапляючи в очі, світло подразнює закінчення зорового нерва, сигнали передаються у мозок. У свідомості живої істоти утворюється образ об'єктів навколишнього світу. Приймачами світла є зелені рослини. Вони перетворюють енергію світла на енергію поживних речовин.

Зображення об'єктів можна отримати на фотоплівці. Фотоплівка, що використовується у фотоапараті, — штучний приймач світла (мал. 64). Ми не уявляємо життя без фотографій, кіно, телевізора. Важливим штучним приймачем світла є фотоелемент. Це він «слідкує» за тим, щоб без оплати ніхто не пройшов у метро, відкриває ворота для автомашин, слугує охоронцем.

Сонячні батареї, з якими ви ознайомилися у початковій школі, перетворюють енергію сонячного світла на електричну. Це екологічно безпечний спосіб отримання електричної енергії.

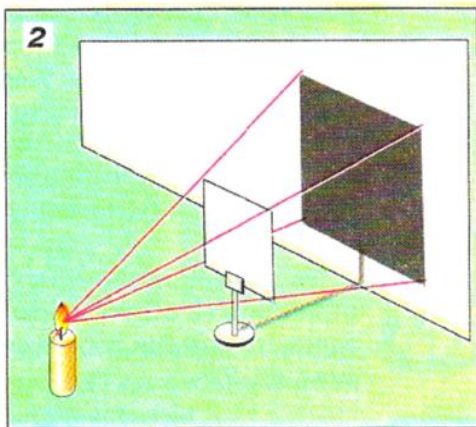
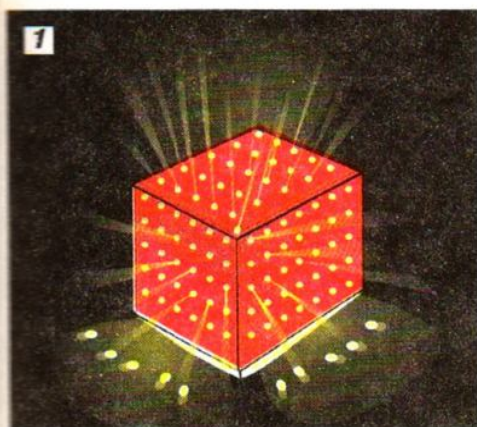
Наша шкіра — природний приймач сонячного світла. Під дією світла вона змінює колір (засмагає).

Приймачами сонячного світла є вода, ґрунт. Вони нагріваються — перетворюють сонячну енергію на внутрішню.

Поширення світла. Ваші спостереження у повсякденному житті показують, що світло поширюється прямолінійно.



Мал. 64. Штучні приймачі світла — фотоапарати



Мал. 65. Прямолінійне поширення світла

Можете впевнитися в цьому на простому досліді. Подивіться на джерело світла одним оком через зігнуту і незігнуту пластикову трубку (довжиною 30—50 см).

Прямолінійність поширення світла можете спостерігати у темній кімнаті на такому досліді (мал. 65, 1). У ящик з отворами поставте електричну лампочку. Вимкніть у кімнаті світло. Щоб світлові пучки, які поширюються через отвори ящика, були більш помітними, потрусіть навколо ящика молоту крейду або зубний порошок.

Проте прямолінійність поширення світла спостерігається лише в однорідному середовищі. При переході з одного середовища в інше світлові пучки змінюють свій напрям — заломлюються. Це відбувається внаслідок зміни швидкості світла при переході з одного середовища в інше.



Джерела світла — це тіла, що випромінюють світло. У докільці існують природні й штучні джерела світла. Світло переносить енергію, в однорідному середовищі воно поширюється прямолінійно. Приймачі світла — об'єкти, що перетворюють енергію світла на інші види енергії.



1. Що таке світло? 2. Чим світло відрізняється від інших об'єктів довкільця (повітря, води)? 3. Наведи приклади природних, штучних джерел світла та тих, що світять відбитим світлом. 4. Наведи 3—5

прикладів приймачів світла. **5.** З якою швидкістю поширюється світло? **6.** Наведи докази прямолінійного поширення світла.

? 1. Чи справедливе твердження: «Світло у всіх середовищах поширюється прямолінійно і зі сталою швидкістю»? **2.** Чому листки рослин можна назвати приймачами світла? А квітки? **3.** Чим відрізняються корпускулярна та хвильова теорія світла? **4.** Як довести, що світло має енергію?



1. За допомогою маленького отвору, зробленого в аркуші картону, отримайте на екрані зображення джерела світла (вікна, свічки). Чи залежать розміри зображення від відстані між отвором і екраном (мал. 65, 2)?



Для допитливих

Розвиток уявлень про світло

Мабуть, ви не раз задумувалися, завдяки чому бачите навколишній світ. Це питання цікавило людей давно. Ще давньогрецький учений Демокрит учив: бачимо ми тому, що в наші очі «надходять і залишаються там видності».

Ви вже знаєте, що причиною будь-якої дії є взаємодія об'єктів; що у природі всі взаємодії на макрорівні зводяться до чотирьох типів взаємодій. Які взаємодії відповідають за те, що ми бачимо блакитне небо, сині води річок, зелену далечинь полів, своїх близьких, себе в дзеркалі? Що це за «видності» потрапляють в наші очі?

Ви не наберете світла, як води чи повітря, у відро або гумову кулю. Світло — відмінний від речовини вид матерії. Це електромагнітна хвиля, що поширюється не суцільним потоком, а окремими порціями — квантами. Їх швидкість (швидкість світла) найбільша у природі. У вакуумі вона рівна майже 300 000 км/с (точніше, 299 792 458 м/с).

Уявлення про природу світла мали довгий шлях розвитку. У 1675 р. І. Ньютон запропонував теорію, згідно з якою світло є потоком маленьких частинок — корпускул (мал. 66, 1). Вони випромінюються джерелом світла і викликають зорові відчуття. Згідно з цією теорією, відбивання світла пояснювалося відштовхуванням корпускул від поверхні тіла аналогічно до того, як пружні кульки відбиваються від твердої поверхні.



Мал. 66. Моделі поширення світла: 1 — за уявленнями Ньютона (корпускулами); 2 — за уявленнями Гюйгенса (хвилями); 3 — за сучасними уявленнями

Майже одночасно з Ньютоном голландський учений Гюйгенс (1629—1695) запропонував у 1690 р. хвильову теорію світла (мал. 66, 2). Експериментальні дослідження підтверджували думки як одного, так і другого вченого.

Із часом виявилось, що світло є електромагнітною хвилею, яка випромінюється, поширюється і поглинається не суцільним потоком, а окремими порціями — квантами. Кванти світла бувають різні — залежно від енергії, яку мають. Найменшу енергію мають кванти червоного світла, найбільшу — фіолетового.

Сучасні уявлення про квантові властивості світла об'єднали уявлення корпускулярної теорії Ньютона і хвильової теорії Гюйгенса. Згідно з цими уявленнями, світло — електромагнітна хвиля, яка випромінюється певними порціями (мал. 66, 3) — квантами. Кванти світла випромінюються збудженими атомами.



Проект Театр тіней

Мета проекту: створити саморобний театр тіней.

Прилади і матеріали: різноманітні джерела світла, картон, ножиці, нитки або дріт як кріпильні матеріали тощо.

1. Напишіть сценарій для театру тіней.
2. Виготовте фігури.
3. Підберіть освітлення.

§ 18. СОНЯЧНЕ ТА МІСЯЧНЕ ЗАТЕМНЕННЯ

Періодичні явища, пов'язані зі світлом. Усе життя ми спостерігаємо за періодичними змінами в довкіллі: світла і темряви (дня і ночі); зими, весни, літа, осені (сезонів). Ці зміни пов'язані із сонячним випромінюванням, що падає на земну поверхню.

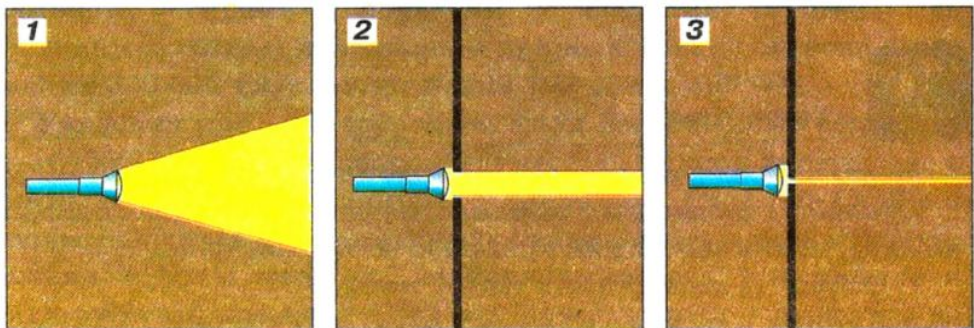
Дивлячись на рослини, можна помітити, як вони тягнуться до сонця, намагаючись отримати від нього якомога більше світлової енергії. Більше світла отримують екваторіальні зони Землі, тому там інтенсивніше й різноманітніше життя. Мало світла отримують приполярні області Землі, тому там бідніші фауна і флора.

Світловий промінь і світловий пучок. Розглянемо явища, які в давнину вважалися загадковими, — сонячне та місячне затемнення. Для цього потрібно з'ясувати деякі поняття, пов'язані з вивченням світла.

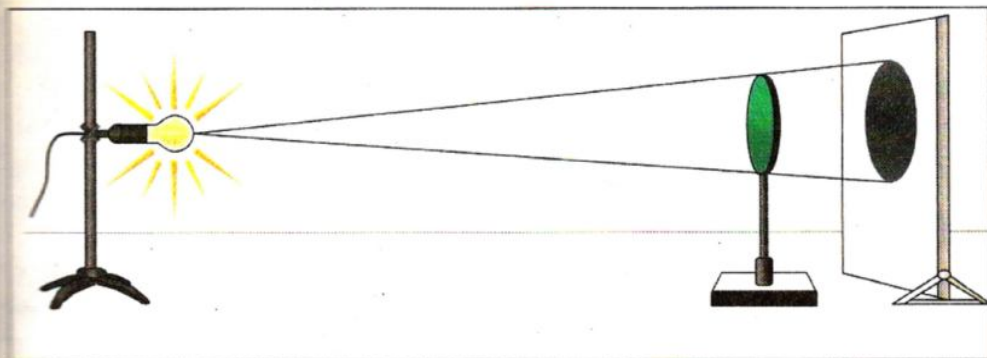
Візьмемо ліхтарик і направимо його на стіну. На ній побачимо світлу пляму. У темному приміщенні або вночі надворі можна побачити, як від ліхтарика поширюється світловий пучок (мал. 67, 1). Із цього світлового пучка за допомогою щілини або отвору, які поставимо перед ліхтариком, можна виділити паралельні світлові пучки (мал. 67, 2, 3).

Світловий пучок може бути розбіжним, паралельним. Світловий пучок, зображений на мал. 67, 3, виглядає як лінія.

Умовна лінія, вздовж якої поширюється світло, називається *променем*.



Мал. 67. Світлові пучки: 1 — розбіжний; 2, 3 — паралельні



Мал. 68. Схема утворення тіні

Використання поняття «промінь світла» дає змогу описувати й графічно представляти світлові явища. Слід пам'ятати, що світло не складається з променів. У природі променів світла не існує, спостерігаються світлові пучки.

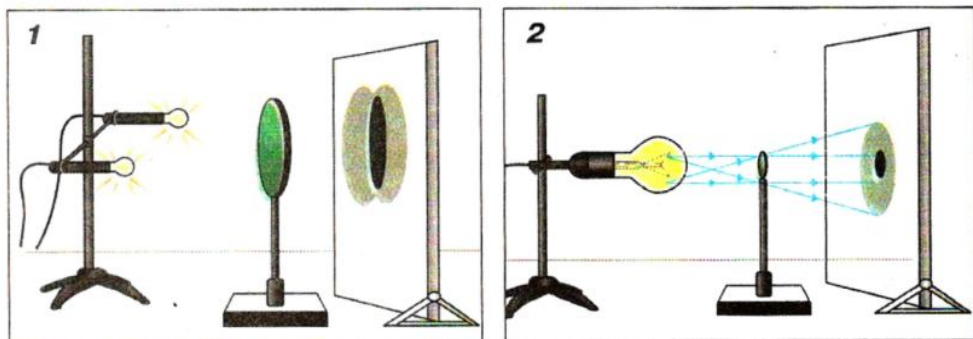
Найлегше зображувати світлові промені навколо точкових джерел світла. Це такі джерела, розмірами яких можна знехтувати порівняно з розмірами тіл, які освітлюються ними, або джерела світла, розташовані дуже далеко. Так, зорі відносно Землі, лампочка кишенькового ліхтарика відносно шкільної дошки — точкові джерела світла.

Утворення тіні і півтіні. Виберемо точкове джерело світла, наприклад, лампочку від кишенькового ліхтарика. Поставимо між лампочкою і екраном непрозоре тіло. На екрані отримаємо чітку тінь (мал. 68).

Поставимо перед екраном два джерела світла, що випромінюють світлові пучки. На екрані отримаємо тінь і півтінь (мал. 69, 1).

Замінімо точкове джерело світла — замість лампочки від кишенькового ліхтарика візьмемо велику електролампу, розмірами нитки розжарювання якої не можна знехтувати, і повторимо дослід. Навколо центральної частини тіні з'явилось сіре кільце — півтінь.

З мал. 69, 2 видно, як утворюється півтінь. Тінь утворюється в тих місцях екрана, на які не потрапляє світло від жодної точки джерела світла. Півтінь утворюється там, куди падає світло хоча б від однієї точки джерела.



Мал. 69. 1 — утворення півтіні від двох точкових джерел світла;
2 — схема утворення півтіні від неточкового джерела світла

Звернемося до мал. 69, 1. При ввімкненні лампочок (точкових джерел світла) поодинокі на екрані видно чітку тінь. Якщо ввімкнути обидві лампочки разом, утворюються тінь і півтінь. Джерело світла певних розмірів можна розглядати як сукупність точкових джерел, кожне з яких створює свою тінь. Джерела світла, що знаходяться порівняно далеко, можна розглядати як точкові. Наприклад, зорі для нас — точкові джерела світла.

Сонячне затемнення. Сонце (мал. 71, 1) відносно Землі і Місяця (мал. 71, 2) не можна вважати точковим джерелом світла. Коли Місяць, обертаючись навколо Землі, опиниться між Сонцем і Землею (мал. 70), то на Землю відкидаються тінь і півтінь.

У точках земної поверхні, які перебувають в області тіні, люди спостерігатимуть повне сонячне затемнення (мал. 70, 1 а). У точках земної поверхні, які перебувають в області півтіні (мал. 70, 1 б), спостерігатиметься неповне сонячне затемнення. Для спостерігача затемнена частина Сонця буде більшою в тих точках земної поверхні, які ближче розташовані до області тіні (мал. 70).

При повному сонячному затемненні навколо Сонця спостерігається сяйво, яке має назву *сонячна корона* (мал. 70, 2 а).

Оскільки рухи Місяця й Сонця періодичні, то сонячні і місячні затемнення можна розрахувати на багато років уперед.

Місячне затемнення настає, коли Місяць під час обертання навколо Землі потрапляє в область її тіні.

Розгляньте мал. 71, 3. З нього видно, що розміри Місяця менші, ніж область тіні Землі на відстані орбіти Місяця. Отже, повне місячне затемнення видно одночасно з усіх точок земної півкулі.

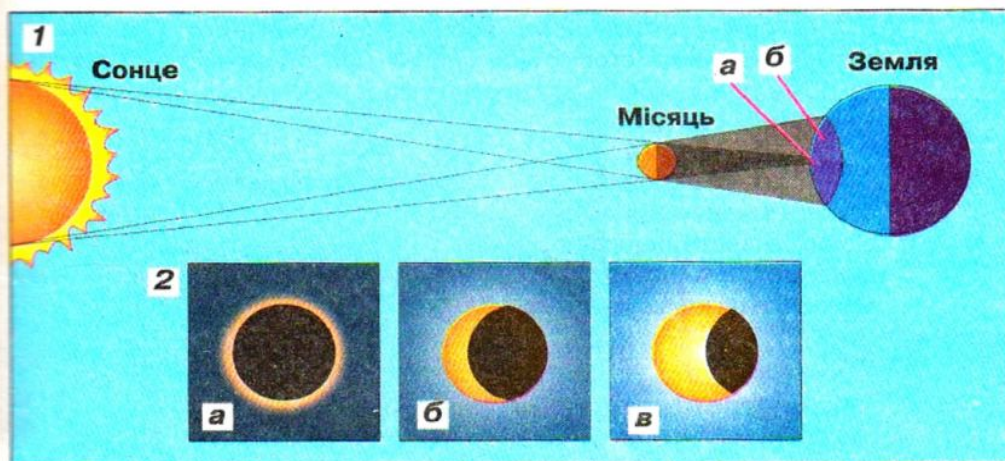
Чи спостерігали ви Місяць під час місячного затемнення? Корони навколо нього немає, його диск має темно-червоне забарвлення. Унаслідок розсіювання світла земною атмосферою в область тіні потрапляє складова білого світла — червоне випромінювання. Воно відбивається від Місяця і потрапляє в око спостерігача.



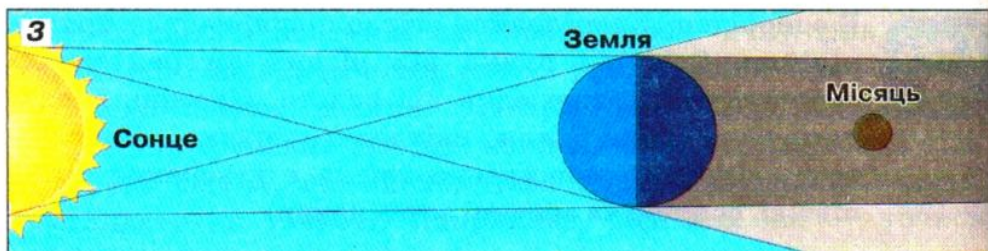
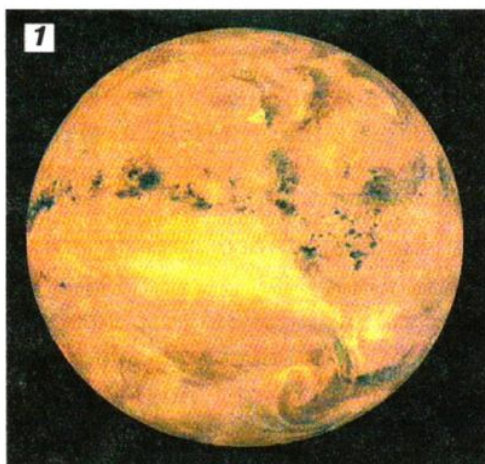
В однорідному середовищі світло поширюється прямо-лінійно. Світлові пучки від різних джерел поширюються незалежно один від одного. Промінь вказує напрямком поширення світлового пучка. Доказом прямолінійного поширення світла є утворення тіні і півтіні, сонячні та місячні затемнення.



1. Що таке промінь? 2. Чим промінь відрізняється від світлового пучка? 3. Наведи приклади поширення світлових пучків у природі і побуті. 4. Чому бувають місячні затемнення? 5. Чому бувають сонячні затемнення?



Мал. 70. 1 — схема затемнення Сонця; 2 — затемнення Сонця (а — сонячна корона; б, в — часткові затемнення)



Мал. 71. 1 — поверхня Сонця; 2 — видима півкуля Місяця; 3 — схема затемнення Місяця

- ?** 1. Які джерела світла називають точковими? Наведи приклади.
2. Чи можна спостерігати неповні (часткові) місячні затемнення?
3. Як при схематичному зображенні сонячного і місячного затемнень використовуються знання про промінь, тінь і півтінь?
4. Чому повні місячні затемнення спостерігаються одночасно на всій земній кулі, а сонячні — у певних місцевостях?



1. Чи правильно деякі люди вважають, що фази Місяця виникають від затемнення його Землею? 2. Доведіть, що світлові пучки від різних джерел поширюються незалежно один від одного. Для цього використайте пристрій, зображений на мал. 69, 1, замінивши лампочки на кольорові.



Проект

Демонстрація місячного затемнення

Придумайте пристрій для демонстрації місячного затемнення (наприклад, використайте телурій). Чи можна його використувати для демонстрації сонячного затемнення?

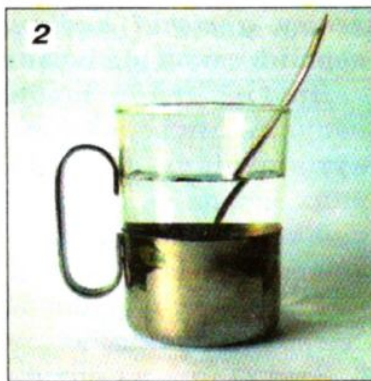
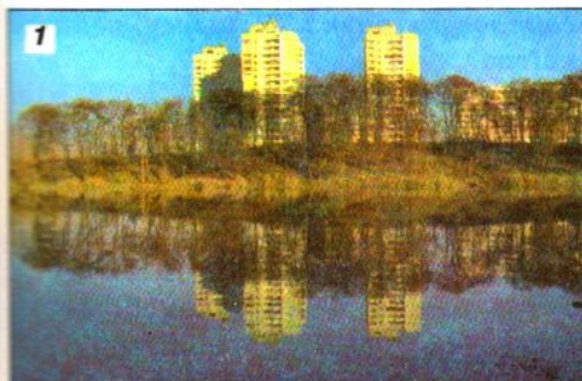
§ 19. СВІТЛОВІ ЯВИЩА НА МЕЖІ ДВОХ СЕРЕДОВИЩ. ЗАКОНИ ВІДБИВАННЯ

Пригадавши відомості про світлові явища з курсу природознавства, спробуйте відповісти на запитання: що відбудеться зі світловими пучками на межі двох середовищ? Наприклад, таких, як «повітря — вода».

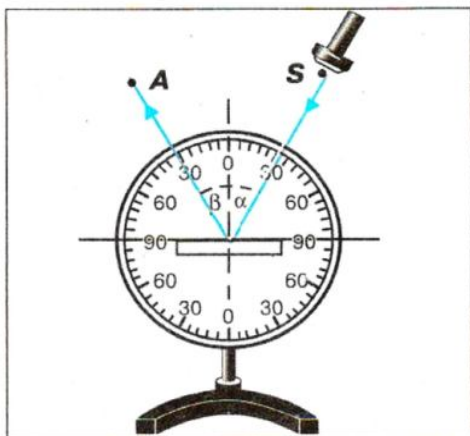
Є коротка відповідь: відбудеться взаємодія світлового пучка і молекул поверхневого шару води. Є і відповідь, обґрунтована загальними законами природи. Унаслідок взаємодії світла з водою частина світла поглинеться і нагріє воду. Частина залишиться у повітрі, змінивши напрямок свого руху, частина змінить свою швидкість та напрямок руху і проникне у воду. На межі двох середовищ відбуваються такі оптичні явища, як *відбивання і заломлення світла (мал. 72)*.

Закопи відбивання світла. Місячного вечора або тихого сонячного ранку пройдіть берегом водойми. Місячна або сонячна доріжка буде переміщатися разом із вами. Це явище пояснюється відбиванням світла — зміною напрямку поширення світлового пучка на межі двох середовищ («повітря — вода»), коли пучок далі поширюється в тому самому середовищі.

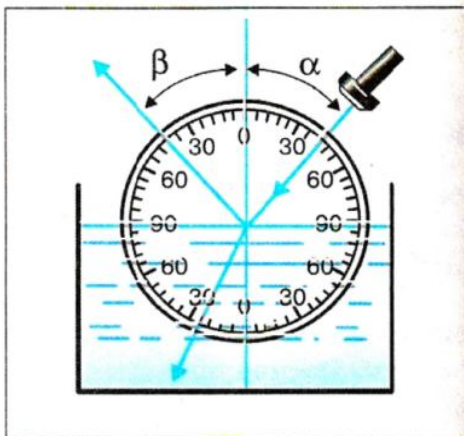
Спробуємо «відкрити» (вже давно відкриті, ще Р. Декартом) закони відбивання світла. Для цього використаємо спеціальний прилад — оптичний круг (мал. 73). Закріпимо в центрі круга плоске дзеркало і спрямуємо на нього пучок світла від освітлювача S, який може переміщатися по краю круга.



Мал. 72. 1 — відбивання світла; 2 — заломлення світла



Мал. 73. Відбивання світла



Мал. 74. Заломлення світла

Побачимо, що пучок світла відіб'ється від дзеркала, змінить напрямок поширення.

Кут між падаючим променем і перпендикуляром до відбиваючої поверхні, поставленим у точку падіння, називається кутом падіння. Позначимо його грецькою буквою α («альфа»). Кут між відбитим променем і перпендикуляром до дзеркала, поставленим у точку падіння променя, називають кутом відбивання. Позначимо його грецькою буквою β («бета»).

Яскравість падаючого і відбитого пучка майже не відрізняється. Будемо повертати дзеркало. Як би ми не повертали його або як би не змінювався напрямок падаючого пучка світла, падаючий і відбитий пучки лежать в одній площині з перпендикуляром до відбиваючої поверхні, поставленим у точці падіння світлового пучка. У цьому полягає перший закон відбивання світла.

Другий закон відбивання світла стосується зв'язку між напрямками падаючого і відбитого променів та співвідношення кутів падіння α і відбивання β . Змінюйте кут падіння у будь-яких межах — кут відбивання завжди буде дорівнювати куту падіння. У цьому полягає другий закон відбивання світла. Якщо джерело світла на оптичному крузі поставити в точці А (мал. 73), то відбитий пучок пройде через точку S. Тобто світловим пучкам властива оборотність.

Замінивши на оптичному крузі дзеркало на воду (мал. 74), побачимо, що на межі двох прозорих середовищ відбувається і

відбивання, і заломлення світла. Заломлення світла полягає у зміні напрямку поширення світлового пучка при переході з одного середовища в інше. Явище пояснюється зміною швидкості світла в другому середовищі внаслідок його взаємодії із середовищем. Порівнявши поверхню дзеркала або віконного скла з поверхнею стіни, побачимо, що поверхня дзеркала гладенька, а поверхня стіни має дрібні нерівності.

Паралельні світлові пучки від гладенької поверхні відбиваються паралельними пучками. Таке відбивання світла називають *дзеркальним* (мал. 75, 1), а поверхню, яка паралельні пучки, що падають на неї, відбиває паралельними пучками, називають *дзеркалом*. Від стіни, на відміну від дзеркала, паралельні пучки світла відбиваються в різних напрямках.

Мабуть, ви задумалися: як же ми бачимо різні предмети, якщо вони відбивають світло під певним кутом? Ми розглядали ідеально рівні поверхні. Довкола нас предмети, що мають поверхні з нерівностями. Ці нерівності відбивають світло, що падає на них, у різних напрямках — *дифузно* (мал. 75, 2). Як би ми не були розташовані відносно таких предметів, ми їх бачимо, бо їх поверхня відбиває світло у всіх напрямках.

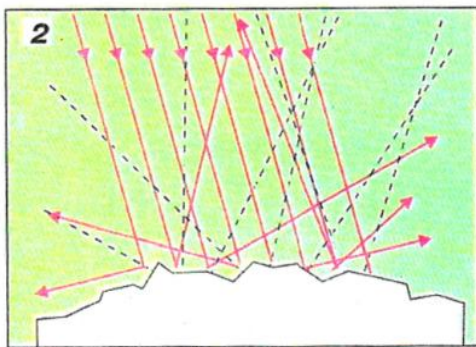
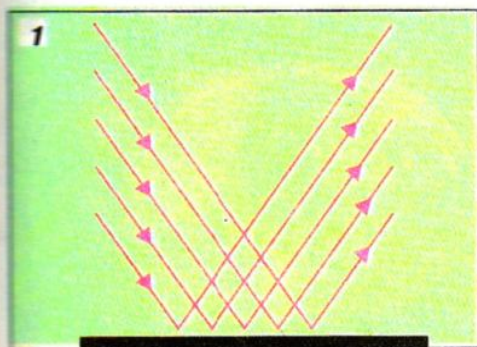
Лабораторна робота № 9

Вивчення законів відбивання світла за допомогою плоского дзеркала



Мета роботи: вивчити закони відбивання світла.

Прилади і матеріали: оптичний круг з освітлювачем, електрична лампочка на підставці, ковпачок зі



Мал. 75. Схема дзеркального (1) та дифузного (2) відбивання світла

щілиною, плоске дзеркало, прикріплене до дерев'яного бруска, 2 аркуші паперу, лінійка, олівець, транспорир (або виготовлений із паперу круг), кнопки, 4 шпильки, аркуш картону.

Хід роботи

1. Закріпіть на картоні чистий аркуш паперу і поставте на нього брусок із дзеркалом (мал. 76, 1). Увіткніть у папір 2 шпильки А і В. Дивлячись у дзеркало справа, увіткніть третю шпильку С так, щоб ця шпилька і зображення шпильок А і В лежали на одній прямій.

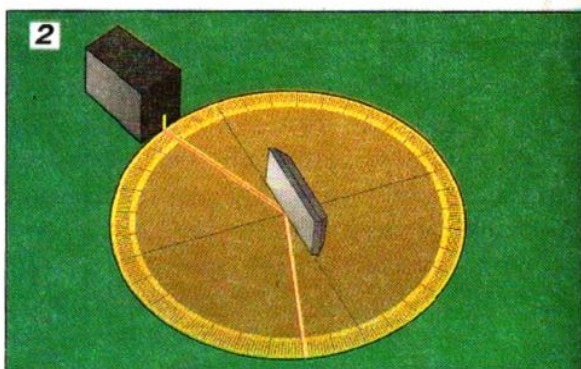
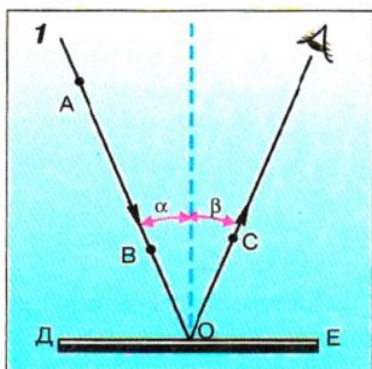
2. Відмітьте на папері положення дзеркала лінією ДЕ. Через точки А і В проведіть лінію до перетину із дзеркалом, поставте точку О. З'єднайте точку О і С. АВ — падаючий на дзеркало промінь, ОС — відбитий. У точку О поставте перпендикуляр до дзеркала (ДЕ).

3. Виміряйте кути α і β і порівняйте їх. Дослід повторіть.

4. Складіть ще одну установку для вивчення законів відбивання світла (мал. 76, 2).

Повертаючи дзеркало і відзначаючи олівцем на папері (крузі) перпендикуляр у точці падіння променя, виміряйте тричі кут падіння променя і відповідно кут відбивання. Дані занесіть у таблицю.

Зробіть висновок про співвідношення кутів падіння і відбивання. На основі яких міркувань зробіте висновок, що кут падіння, кут відбивання і перпендикуляр, поставлений у точку падіння променя, лежать в одній площині?



Мал. 76. Обладнання до лабораторної роботи



На межі двох середовищ відбуваються такі світлові явища, як відбивання, поглинання, заломлення світла. Промінь падаючий, відбитий і перпендикуляр, поставлений у точку падіння променя, лежать в одній площині; кут відбивання дорівнює куту падіння променя. У цьому полягають закони відбивання світла.



1. Які світлові явища відбуваються на межі двох середовищ? 2. Наведи приклади явища відбивання світла, які ти спостерігав у природі, побуті. 3. За допомогою яких пристроїв можна продемонструвати відбивання світла? 4. Сформулюй закони відбивання світла.

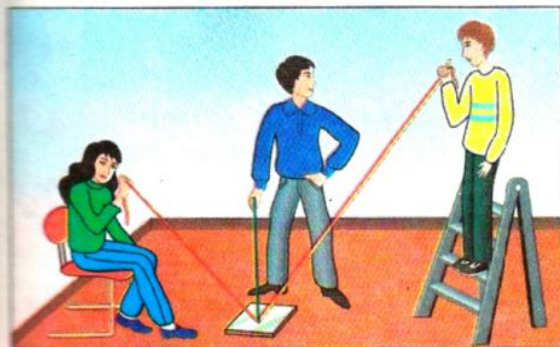
? 1. Сонячні промені падають на поверхню води під кутом 30° до горизонту. Який кут відбивання променів? Який кут між падаючим і відбитим променем? Зроби креслення. 2. Накресли падаючий і відбитий дзеркалом промінь для кута падіння 60° .



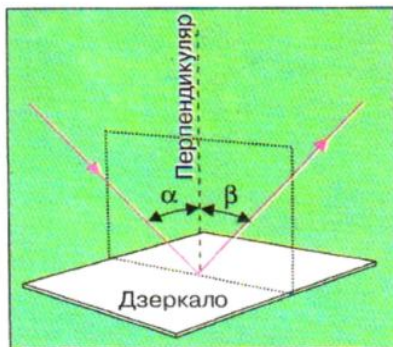
Проект

Досліджуємо закони відбивання світла

Трое учнів узяли нитку, невелике дзеркальце, палицю. Поклавши дзеркальце на підлозі, два учні стали так, щоб у дзеркальці бачити око одного. У цій точці третій учень поставив паличку, притиснувши до дзеркальця нитку, яку два учні тримають у руках (мал. 77). Поставивши скляну пластину або аркуш картону на дзеркальце, як показано на мал. 78, третій учень відмітив на картоні перпендикуляр та напрям ниток (падаючого і відбитого променів). Зробивши креслення (мал. 78), учні виміряли кути падіння і відбивання променя, які виявилися рівними.



Мал. 77. Перевірка закону відбивання світла



Мал. 78. Кут падіння променя дорівнює куту відбивання

§ 20. ПЛОСКЕ ДЗЕРКАЛО

Дзеркало. У кожного вдома є дзеркало. У побуті часто спостерігаємо зображення в дзеркалі (мал. 79). Ви давно вмієте користуватися дзеркалом і, можливо, подумаете: навіщо його вивчати? Якщо справді так вважаєте, спробуйте дати відповідь на такі запитання: «Що таке дзеркало? Чому в дзеркалі видно зображення, а в стіні — ні? Що таке зображення? Як утворюється зображення в плоскому дзеркалі? На якій відстані від нас знаходиться наше зображення в дзеркалі?».

Поставимо перед склом свічку. У склі добре видно її зображення, хоча зазирнувши за скло, ми не побачимо нічого. Таке зображення називають уявним. Поставимо на місці зображення другу таку саму свічку так, щоб зображення і поставлена за склом свічка сумістилися. Можемо зробити висновок, що зображення, яке дає дзеркало, дорівнює за розмірами предмету і розташоване на такій самій відстані, як і предмет перед ним. У цьому ми впевнимися, порахувавши кількість клітинок від скла до предмета і до зображення. Тепер побудуємо фокусниками: запалимо свічку перед склом — загоряться обидві. Зазирнувши за скло, побачимо, що друга свічка не горить. Пересуваючи перед склом свічку, побачимо, що і зображення також переміщується (мал. 80).

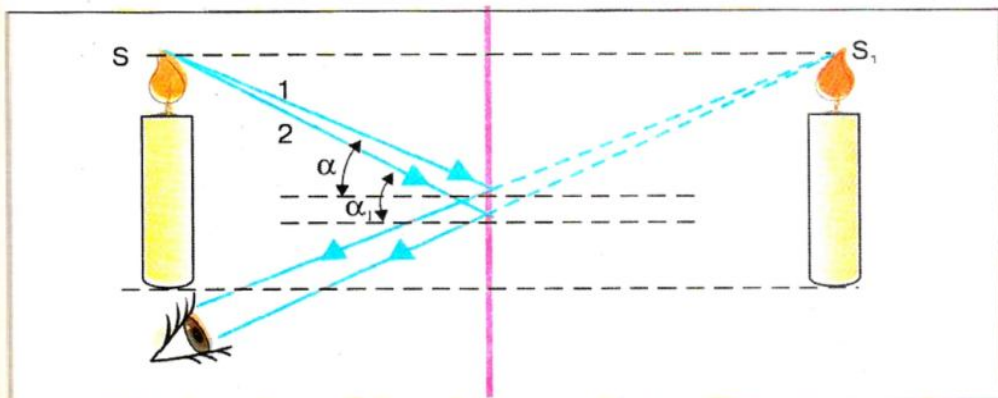
Побудова зображення, яке дає плоске дзеркало. Використавши закони відбивання світла, побудуємо зображення, яке дає плоске дзеркало (мал. 81).



Мал. 79. Зображення у воді



Мал. 80. Зображення свічки у склі



Мал. 81. Побудова зображення, яке дає плоске дзеркало

На малюнку показано хід двох світлових пучків від верхньої точки S полум'я свічки. Світловий пучок 1 падає на дзеркало під кутом α і під таким же кутом відбивається. Відповідно пучок 2 падає під кутом α_1 і відбивається під таким же кутом. Відбиті світлові пучки потрапляють в око. Око бачить світну точку S_1 , із якої могли б виходити світлові промені. Насправді цієї точки там немає, це уявне джерело світла.

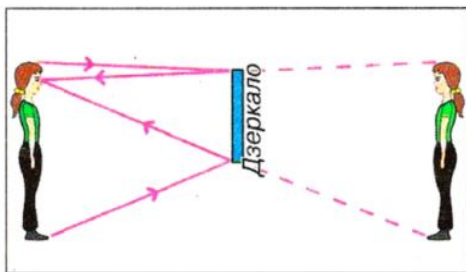
У плоскому дзеркалі утворюється уявне зображення, яке за розмірами дорівнює предметові і знаходиться за дзеркалом на такій же відстані від нього, як і предмет перед дзеркалом.

Наші дослідження не закінчені. Спробуйте привітатися зі своїм зображенням у дзеркалі правою рукою. Воно подало вам ліву руку? Отже, зображення у плоскому дзеркалі пряме, дзеркальне.

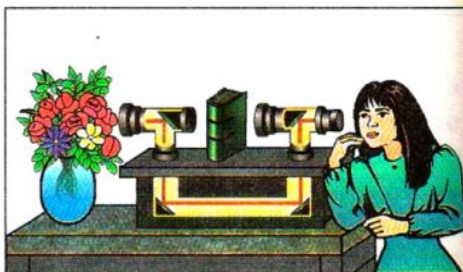
Застосування дзеркала. Дзеркала широко застосовуються. Усім вам, мабуть, відома дитяча іграшка калейдоскоп, циркові фокуси з «живою» головою без тулуба, дзеркальні фотоапарати. За допомогою перископа спостерігають за навколишніми об'єктами, залишаючися непомітними.



Плоскі поверхні здатні відбивати світло дзеркально і дифузно. Завдяки відбиванню світла ми бачимо навколишній світ. Зображення, яке дає плоске дзеркало, уявне, пряме, дзеркальне, дорівнює за розмірами предметові й розташоване на такій же відстані, як і предмет перед дзеркалом.



Мал. 82. Зображення в дзеркалі



Мал. 83. «Бачимо» крізь непрозорий предмет



1. Кут падіння світлового пучка на дзеркало збільшився на 10° . Як змінився кут між падаючим і відбитим променями? Зроби креслення. 2. Свічка стоїть на відстані 5 см від плоского дзеркала. На якій відстані від поверхні дзеркала знаходиться її зображення? 3. Яке зображення дає плоске дзеркало? 4. Де використовуються плоскі дзеркала? 5. Як використовуються закони відбивання світла при побудові зображення, що його дає плоске дзеркало?

? 1. Під яким кутом від плоского дзеркала відіб'ється світловий промінь, що падає перпендикулярно? 2. Що було б, якби екран для перегляду фільмів був дзеркальний?



1. Людина наближається до плоского дзеркала зі швидкістю 1 м/с. З якою швидкістю вона наближається до свого зображення? 2. Яких найменших розмірів має бути дзеркало, щоб людина бачила себе на повний зріст (мал. 82)?



Проект Ілюзійністи

Виготовте пристрій, який можна показувати під час ілюзійу як уявний «рентгенівський апарат», що дає змогу «бачити» крізь непрозорі предмети (мал. 83).

Основний елемент пристрою — трубка, яка містить чотири дзеркальця. Вони спрямовують промені від предмета, який розглядається, в обхід непрозорого предмета. Розміри трубки та інших деталей добирайте разом з учителем.



Проект Сферичні дзеркала

Зберіть відомості про використання у побуті й техніці сферичних дзеркал. Вони можуть бути вгнутими або опуклими.



Мал. 84. Хід променів у вгнутому дзеркалі: O — центр кривизни дзеркала; F — фокус дзеркала; P — вершина дзеркала

Сферичні дзеркала вам добре знайомі (ялинкові прикраси, дзеркало кишенькового ліхтарика).

Ознайомтеся з увігнутим сферичним дзеркалом (мал. 84). Зверніть увагу на лінію OP . Це головна оптична вісь. Точка F на ній називається головним *фокусом* увігнутого дзеркала. Якщо на дзеркало падають світлові пучки паралельно до головної оптичної осі, то, відбившись від дзеркала, вони перетинаються у фокусі. Тут концентрується світлова енергія, дзеркало її «збирає». Помістивши джерело світла у фокусі увігнутого дзеркала, отримаємо потік паралельних пучків світла. Подібні потоки світла створюють фари автомобіля, маяки, медичні освітлювачі.

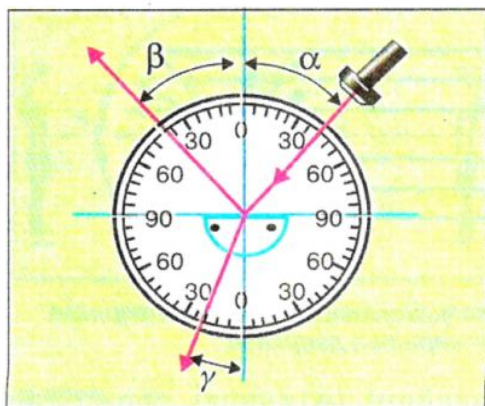
§ 21. ЗАЛОМЛЕННЯ СВІТЛА

Ви вже ознайомилися зі світловими явищами, що відбуваються на межі двох прозорих середовищ. Це явища відбивання, поглинання та заломлення світла.

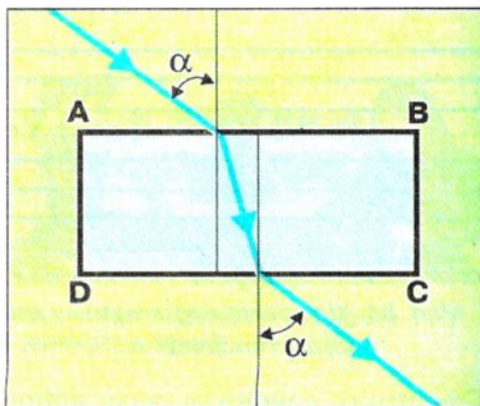
Дослідимо явище заломлення світла. Візьмемо товстий скляний сегмент і закріпимо його на оптичному диску (мал. 85).

Спрямуємо на скляний сегмент вузький пучок світла. Пучок світла розділиться на два — один відіб'ється від поверхні сегмента, інший змінить напрямок, перейшовши з повітря у скло. *Зміна напрямку поширення світла на межі двох середовищ при переході його з одного середовища в інше називається заломленням світла.*

Ви вже знаєте, що кут падіння світлового пучка дорівнює куту відбивання. А кут заломлення світлового пучка в склі



Мал. 85. Відбивання та заломлення світла на межі двох середовищ



Мал. 86. Хід світлового променя через плоскопаралельну пластинку

порівняно з кутом падіння його у повітрі менший. Швидкість світла при переході з повітря у скло зменшується. Заломлення світла відбувається тому, що воно взаємодіє з частинками речовини, у якій поширюється. У повітрі проміжки між молекулами такі великі, що світло в ньому поширюється майже як у пустоті. Скло, вода — середовища більш оптично густі, ніж повітря.

Учені виміряли, що при переході світлового пучка з повітря ($c = 300\,000$ км/с) у скло його швидкість зменшується до $200\,000$ км/с, у воду — до $230\,000$ км/с.

А якщо пучок світла падає на межу двох середовищ, поширюючись у склі, і заломлюється при переході у повітря? Можемо зробити такий дослід: на оптичний диск прикріпимо плоскопаралельну скляну пластинку і спрямуємо на неї світловий пучок (мал. 86).

На грані AB пластинки (на межі двох середовищ «повітря — скло») відбулося відбивання та заломлення світла. На грані CD пластинки на межі двох середовищ «скло — повітря» знову відбулося відбивання (відбитий промінь не показано) та заломлення світла.

Розглянемо співвідношення кутів падіння променя на грань пластинки AB кута заломлення на грані пластинки CD . Ці кути однакові. Проходячи через плоскопаралельну пластинку, пучок світла зміщується, не змінюючи свого напрямку.



Зміна напрямку променя на межі двох середовищ, у яких світло поширюється з різною швидкістю, називається заломленням світла. При переході світлового пучка із середовища, у якому швидкість поширення світла більша, у середовище, де його швидкість менша, кут заломлення менший від кута падіння. І навпаки, при переході світла із середовища, де його швидкість поширення менша, у середовище, де світло поширюється з більшою швидкістю, кут заломлення більший, ніж кут падіння.



1. Наведи 2—3 приклади явища заломлення світла у природі. 2. При яких умовах світло заломлюється? 3. Що ти знаєш про кут падіння і заломлення світлового пучка на межі двох середовищ? (Використай малюнки).

1. Спробуй сформулювати закони заломлення світла аналогічно до законів відбивання: а) падаючий і заломлений промені лежать в одній площині з перпендикуляром... Продовж самостійно. 2. Чому глибина водойми нам здається меншою, ніж насправді? 3. В атмосфері світло заломлюється, тому ми бачимо Сонце і зорі вище від їх справжнього положення. Чому ж у наших дослідах ми вважали, що світло у повітрі поширюється так, як і в пустоті (вакуумі)?

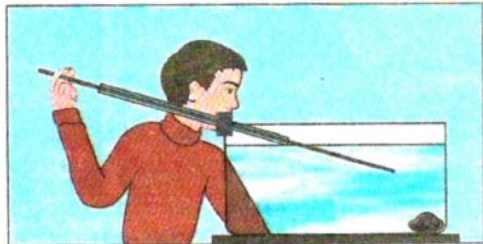


1. Узнявши посудину (наприклад, акваріум), заповніть її водою. У кутку посудини покладіть камінчик, подивіться на нього через трубочку. Пропустіть через трубочку, що перебуває в тому ж положенні, тонкий стержень (мал. 87). Чи потрапив він у камінчик? 2. Побудуйте хід променя через віконне скло.



Я чую, і я забуваю. Я бачу, і я пам'ятаю. Я роблю, і я розумію.

Конфуцій



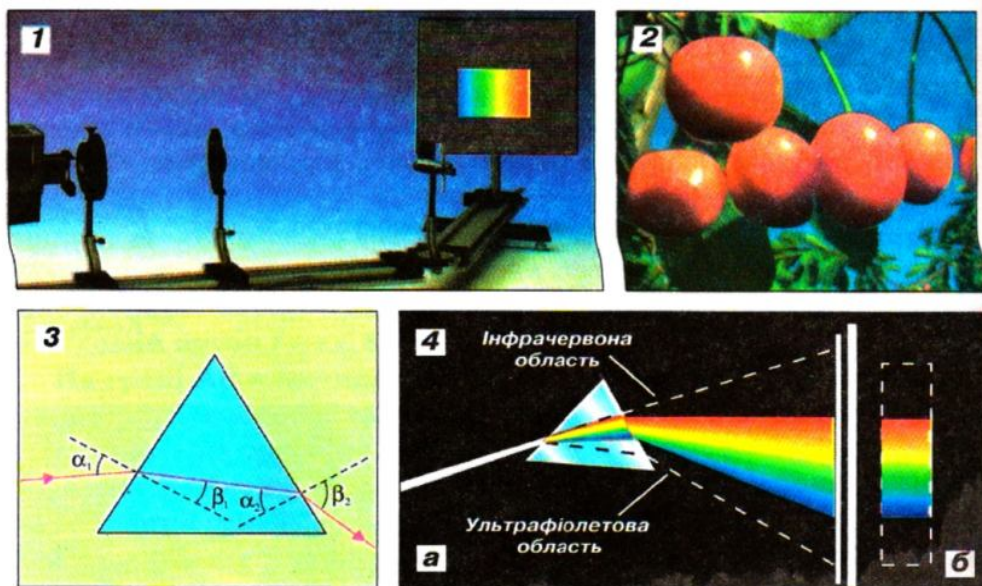
Мал. 87. Спостереження заломлення світла

§ 22. ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА

Спектральний склад світла. Ви знаєте, що Сонце все освітлює одним і тим же білим світлом, але довкола нас світ різнокольоровий. Зелене листя дерев, золотавий відтінок стиглої пшениці, веселка над різнобарв'ям луків, неосяжна блакить літнього неба у погожу днину. Звідки береться різноманіття кольорів і відтінків (мал. 88, 2)? Причиною є те, що біле світло — суміш кольорів.

Щоб переконатися в цьому, складемо установку за мал. 88, 1 і спрямуємо за допомогою щілини й лінзи пучок білого світла від проекційного ліхтаря на тригранну призму (мал. 88, 3). На екрані побачимо замість білої плями різнокольорову смужку — спектр (мал. 88, 1, 4).

З мал. 88, 3 видно, що світловий пучок, проходячи через тригранну призму, заломлюється. Проходячи через призму, складові білого світла заломлюються по-різному (мал. 88, 4), внаслідок чого біле світло розкладається на різні кольори. З мал. 88, 4 а видно, що найбільше заломлюється фіолетове



Мал. 88. 1 — спостереження дисперсії світла; 2 — різнобарвність світу;
3 — заломлення світлового пучка у призмі; 4 — розклад призмою білого світла (а), спектр (б)



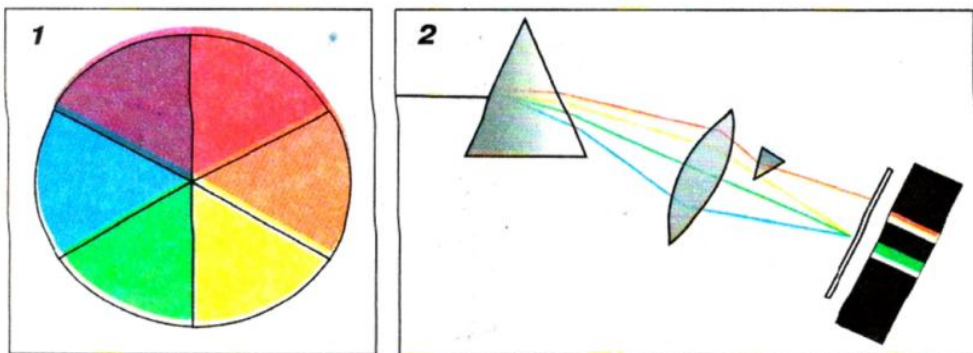
Мал. 89. Райдуга

світло, найменше — червоне. З курсу природознавства ви знаєте, що явище розкладання білого світла на кольори при його проходженні через межу поділу середовищ відкрив І. Ньютон 1672 р. Учений назвав його *дисперсією* (від латинського «dispersus» — «розсіювати»).

Отже, *спектр* отримується внаслідок явища *дисперсії* — розкладання білого світла на кольорові пучки або кольори. У спектрі є видима (та, що сприймається людським оком) і невидима частина. У видимій частині є сім основних кольорів: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий, синій, фіолетовий (мал. 88, 4 б).

Про *ультрафіолетові* та *інфрачервоні* промені ви вже чули (від латинського «ultra» — «по ту сторону» та «infra» — «внизу, під»). Завдяки дії ультрафіолетового світла утворюється засмага шкіри. Завдяки інфрачервоному світлу можна спостерігати тіла, температура яких відрізняється від температури навколишнього середовища. Таку здатність мають деякі тварини, а також спеціальні фотоелементи.

Райдуга — оптичне явище в атмосфері. Воно спостерігається, коли сонячні промені потрапляють на завісу дощу, розташовану на протилежній до Сонця стороні неба. Послідовність кольорів у райдузі така ж, як і в спектрі білого світла. Райдуга — зразок чистих спектральних кольорів, відомих людині з давніх-давен (мал. 89).



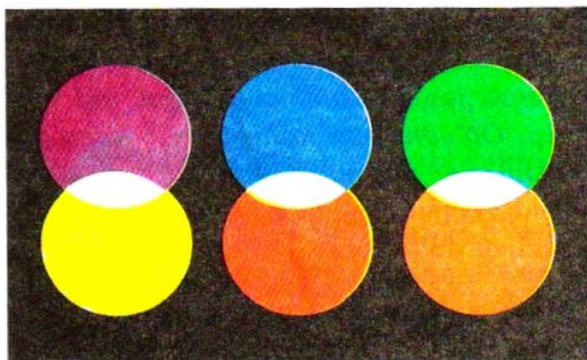
Мал. 90. 1 — круг кольорів; 2 — схема отримання чистого спектрального і доповняльного кольору

Як утворюється райдуга? Першу ґрунтовну відповідь на це запитання надав французький учений Р. Декарт у 1637 році. Згідно з його вченням, райдуга утворюється внаслідок заломлення сонячних променів на поверхні кулеподібної водяної краплі, їх відбивання від задньої поверхні краплі і повторного заломлення при виході з краплі.

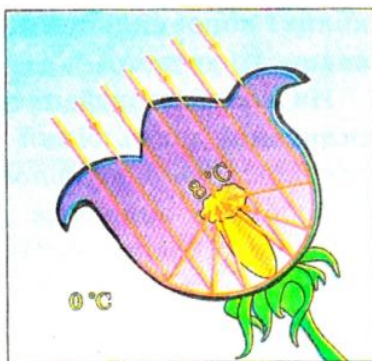
Ви вже знаєте, що сонячне світло складне, при проходженні через тригранну призму червоний промінь відхиляється на менший кут, ніж зелений чи фіолетовий. Аналогічно заломлюються різнокольорові промені в краплі води. Ось чому ми маємо можливість милуватися райдугою.

Кольори тіл. Більшість тіл світла не випромінюють, а «світять» відбитим світлом. Біле тіло розсіює (відбиває) всі кольори. Інші тіла можуть відбивати частину кольорів спектра. Колір несамосвітних тіл залежить, насамперед, від кольору світла, яким вони освітлені, а потім від того, які кольори вони поглинають, а які розсіюють. Так, при освітленні жовтим світлом «біла», «червона» і «жовта» крейди будуть здаватися жовтими, а при освітленні світлом всіх інших кольорів — жовто-сірими.

Тепер ви можете відповісти на запитання, чому трава зелена, бо, мабуть, здогадалися, від чого залежить колір предмета. З-поміж семи кольорів, які складають біле світло, поверхня зеленого листка відбиває тільки зелене світло, світло інших кольорів спектра — поглинає.



Мал. 91. Чисті спектральні та доповняльні кольори



Мал. 92. Схема будови квітки сон-трави

Пелюстки червоної квітки відбивають червоне та близьке до нього у спектрі світло, решту світла — поглинають. Відбите світло потрапляє на сітківку очей та викликає у світлосприймальній речовині певну хімічну дію, і ви бачите червону квітку. Аналогічно ви бачите синю квітку чи зелену траву. Різнобарвність і краса навколишнього світу зумовлені відбиванням чи поглинанням світлових променів різних кольорів, що входять до складу білого світла.



Для допитливих Змішування спектральних кольорів

Щоб переконатися, що сукупність кольорів видимого спектра дає білий колір, можна скористатися кругом кольорів (мал. 90, 1). Коли круг привести в обертальний рух, то він буде здаватися сірим (майже білим).

Якщо із спектра забрати один із кольорів, то решта разом дадуть колір, що має назву доповняльного (мал. 90, 2). На малюнку видно, як за допомогою призми розклали біле світло на кольори. Використавши лінзу та ще одну призму, на екрані одержали дві смужки. Одну утворив чистий спектральний червоний колір, а другу (зелену) — решта кольорів. Отже, червоний (чистий спектральний) і зелений (доповняльний) разом дають білий колір.

Наше око не може відрізнити, чи це окремий колір, чи отриманий у результаті змішування. Чистий спектральний

колір і доповняльний колір лежать на кольоровому крузі один навпроти другого.

На мал. 91 показані такі спектральні кольорові пари, які при складанні дають білий колір. *Об'єднання кольорів — чистого спектрального та доповняльного — дає білий колір.*

Особливе значення для кольорового зору має складання червоного, зеленого і синього кольорів. При їх складанні отримується біле світло. На цьому засновані кольорове кіно, кольорова фотографія, кольоровий друк, кольорове телебачення.

Якщо тіло прозоре, то воно може деякі промені пропускати, а частину — поглинати (абсорбувати — від латинського «absorbere» — «проковтувати»).

Так, жовта прозора пластинка пропускає жовтий і розміщені поруч із ним у спектрі кольори, поглинає синій і фіолетовий кольори.

Синій світлофільтр пропускає всі промені, крім червоного, оранжевого і жовтого. Тому на виході ми бачимо промінь, що є сумішшю зеленого, синього, фіолетового.

Можливо, дехто із вас при фотографуванні використовує світлофільтри. Це дає можливість отримати яскраві, виразні фотографії.



Для допитливих Сон-трава

Придивіться до квітки сон-трави (мал. 92). Зверніть увагу на форму квітки: подібно до увігнутого дзеркала, яке збирає світлові пучки у фокусі, квітка сон-трави збирає їх там, де міститься зав'язь майбутніх рослин.

А чому вона має ніжний ліловий колір? Кванти фіолетового випромінювання мають найбільшу енергію. Таким чином, квітка «використовує» закон збереження і перетворення енергії, щоб зав'язь майбутніх насінин вижила ранньої весни.

Навіть якщо навколо квітки температура 0 °С, усередині квітки тепліше. Знання законів природи та вміння їх використовувати допомагає в житті і людині.

Лабораторна робота № 10

Утворення кольорової гами світла шляхом накладання світлових пучків різного кольору



Мета роботи: дослідження утворення кольорової гами світла.

Прилади і матеріали: три проектори з приблизно однаковими електролампочками; різнокольорові скляні пластинки однакової товщини (червона, зелена тощо); екран; кольорові олівці; аркуш білого паперу.

Хід роботи

1. На столі встановлюємо три проектори, що можуть направляти світлові пучки на екран. Перед об'єктивом кожного з проекторів (мал. 93, 1) встановлюємо кольорове скло (у кожного з проекторів різне).

2. Вмикаємо проектори і затемнюємо кімнату. Домагаємося на екрані чіткого зображення трьох плям, наприклад, червоної, зеленої і голубої (мал. 93, 2).

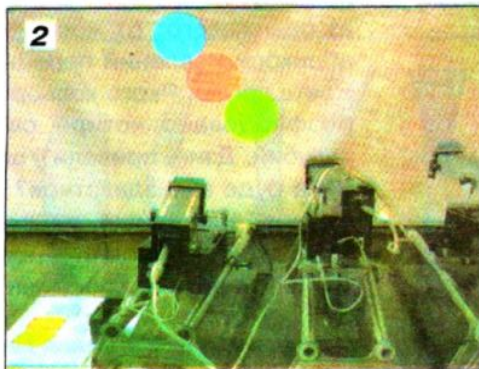
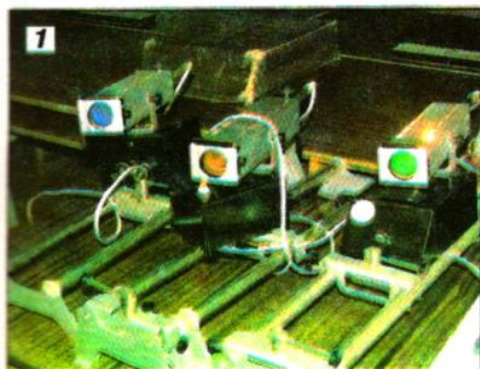
3. Рухаючи один із проекторів, накладаємо зелену пляму на червону. Пляма стає майже білою.

4. Накладаємо зелену пляму на голубу. Вона стане зелено-голубою.

5. Накладемо голубу пляму на червону. Вона стає фіолетовою.

6. Накладемо всі три плями разом. Бачимо майже білу пляму.

7. За допомогою кольорових олівців (або фарб) пробуємо відтворити накладання кольорів на папері.



Мал. 93. Обладнання для отримання кольорової гами світла

Робимо висновки

1. Світлові промені при накладанні дають новий колір.
2. Три основні кольори (червоний, зелений і голубий) утворюють білий колір.
3. Кожен з основних кольорів може бути отриманий або як окремих світловий пучок спектра, або шляхом змішування світлових пучків різних кольорів.
4. Змішування кольорових світлових пучків і відповідних їм кольорів фарб дає різні результати.



При проходженні через тригранну призму біле світло розкладається на кольорові пучки. Розрізняють сім основних кольорів — складових білого світла.



1. Яке явище називають дисперсією світла? 2. Назви основні кольорові складові білого світла. 3. Що таке спектр? 4. Чому біле світло розкладається, проходячи через тригранну призму? 5. Де у природі можна спостерігати розкладання білого світла на кольорові складові?

? 1. Чому в зеленій траві найчастіше зустрічаються зелені коники-стрибунці? 2. З якими оптичними явищами пов'язане утворення веселки?



1. У романі Жульє Верна «Зелений промінь» героїня мандрувала з метою побачити останній промінь сонячного світла. Він не червоного кольору, як ми звикли часто бачити перед заходом сонця, а зеленого. Як пояснити це явище? (Підказка: атмосфера Землі для нашого зору є величезною повітряною призмою, повернутою основою вниз). 2. Який колір є доповнювальним до а) оранжевого; б) жовтого; в) фіолетового? 3. На столі лежать абрикоси і зелений перець. Стіл освітлює лампа, що випромінює жовте світло. Якого кольору будуть абрикоси і перець? 4. На дзизі розфарбовано чотири сектори: червоний, жовтий, зелений і голубий. Дзизу привели у швидкий обертальний рух. Якого кольору вона буде вам здаватися? 5. Вкажіть, за допомогою яких зв'язків знання про явище дисперсії та прояви його у макросвіті ви включите у природничо-наукову картину світу та образ природи? 6. Прочитайте та прокоментуйте вислів Й. Гете.



Всюди ти бачиш втілення вічних законів природи,
все голосніше квіточка кожна до тебе бринить.

Й. Гете

§ 23. ЛІНЗИ. ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

З історії виникнення лінзи. Розгляньте лінзи (мал. 94). Ви бачили їх багато разів, коли використовували лупу, мікроскоп або зустрічали людей в окулярах. Зараз ніхто не задумується над тим, що застосування лінз змінило цивілізацію. Лінзи дали людині можливість сприймати невидимі неозброєним оком об'єкти і ті, що знаходяться на далекій відстані, фіксувати інформацію за допомогою фотографії, розробити різноманітні методи збору інформації.

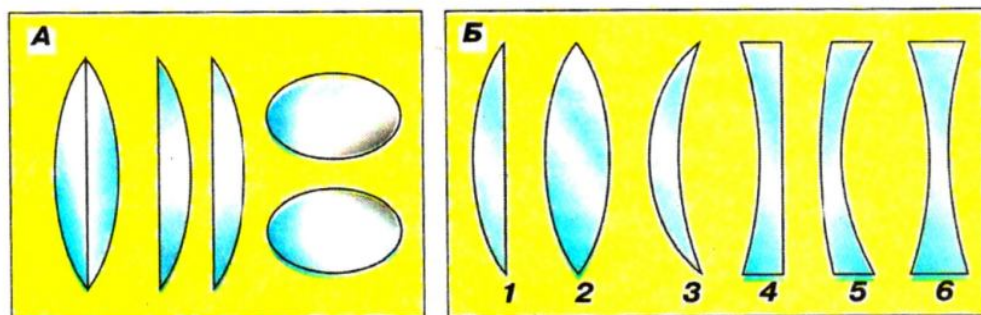
Виготовивши лінзи, Галілей зробив телескоп і направив його в небо. У Юпітера були виявлені супутники, на Місяці — гори, на нічному небі виявилось значно більше зірок. Так завдяки лінзі змінилася модель Всесвіту.

У 1676 р. нідерландський природодослідник Антоні ван Левенгук (1632—1723) виготовив лінзи та мікроскоп, за допомогою якого спостерігав і замальював бактерії, їх рух.

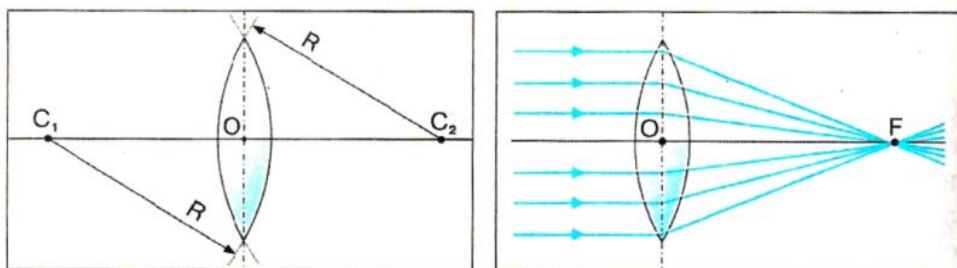
Мікроскоп відкрив можливість отримувати збільшені зображення дуже дрібних (мікроскопічних) об'єктів. Телескоп показав, що у масштабах Всесвіту людина безмежно мала, а мікроскоп відкрив її схожість із багатьма іншими формами життя.

Характеристика лінзи. Лінза — прозоре тіло, обмежене опуклими або увігнутими (найчастіше сферичними) поверхнями (мал. 94 А). На мал. 94 Б зображені перерізи основних типів лінз: 1 — плоско-опуклої; 2 — двоопуклої; 3 — опукло-увігнутої; 4 — плоско-увігнутої; 5 — увігнуто-опуклої; 6 — двоувігнутої.

Для характеристики лінзи потрібні деякі поняття. Одне з них — *головна оптична вісь*. Це пряма S_1S_2 , яка проходить через



Мал. 94. Лінзи (А) та перерізи основних типів лінз (Б)



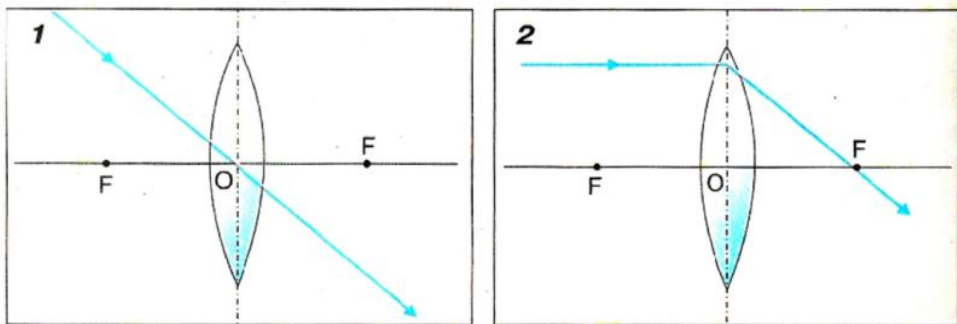
Мал. 95. 1 — головна оптична вісь лінзи (C_1C_2);
2 — головний фокус лінзи (F)

центри сферичних поверхонь, що обмежують лінзу (мал. 95, 1). Точку O , яка лежить на оптичній осі в центрі лінзи, називають оптичним центром лінзи.

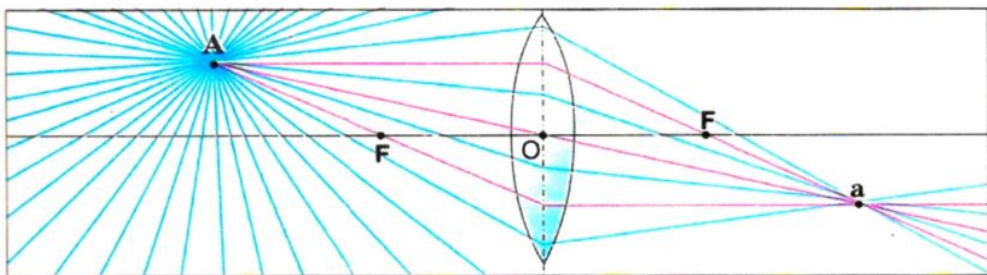
Направимо на двоопуклу лінзу, паралельно до головної оптичної осі, декілька пучків світла. Заломившись на поверхні лінзи, пучки світла перетнуться в точці F , яка називається головним фокусом лінзи (мал. 95, 2). У кожній лінзі є два фокуси — по одному з кожного боку лінзи. Відстань від оптичного центра лінзи O до головного фокуса F називають головною фокусною відстанню лінзи.

Двоопукла лінза збирає у фокусі пучки світла, що падають на неї паралельно до головної оптичної осі. Тому таку лінзу називають збиральною.

Лінзу можна розглядати як систему, складену з двох призм та плоскопаралельної пластинки. Ви вже знаєте, що призма відхиляє світлові пучки до основи. Плоскопаралельна пластинка не змінює напрямку світлових пучків, лише зміщує їх. Якщо пластинка тонка, то зміщенням можна знехтувати. Ми будемо



Мал 96. Хід променів через лінзу



Мал. 97. Побудова зображення точки (збиральна лінза)

розглядати *тонкі* лінзи. Світлові пучки, проходячи через оптичний центр тонкої лінзи (мал. 96, 1), не змінюють свого напрямку. Якщо промінь падає на лінзу паралельно до головної оптичної осі, то, заломившись, він проходить через фокус (мал. 96, 2). Якщо промінь проходить через фокус і падає на лінзу, то, згідно з властивістю оборотності променів, після заломлення цей промінь проходить паралельно до головної оптичної осі.

Для побудови зображення предмета необхідно знати, як будувати зображення точок, вибраних на ньому. Будуючи зображення точки у плоскому дзеркалі, ми обирали два світлові пучки (промені), які виходять із точки А. Побудуємо зображення цієї точки (мал. 97). Для отримання зображення точки А достатньо двох променів, які обирають із трьох, виділених на малюнку (мал. 97).



Лінзами називають прозорі тіла, обмежені, найчастіше, сферичними поверхнями. Дія лінзи ґрунтується на явищі заломлення світла. Використовуються збиральні і розсіювальні лінзи. Одна з характеристик лінзи — фокусна відстань.

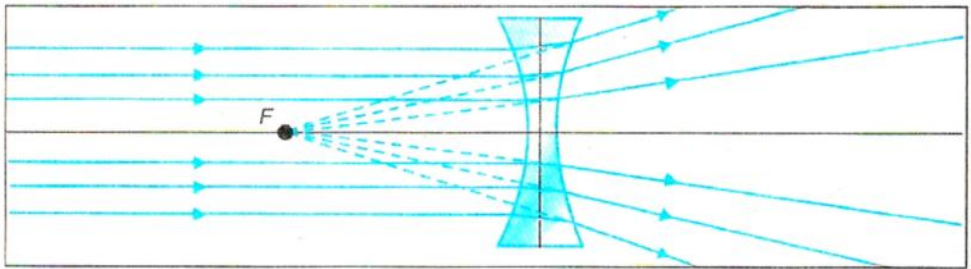


➤ 1. Що таке лінза? 2. У яких дослідженнях, спостереженнях використовується лінза? 3. Які бувають лінзи? 4. Що таке фокус лінзи? 5. Які промені використовують при побудові зображення в лінзі?

? 1. Чому світловий пучок, що проходить через оптичний центр тонкої лінзи, не змінює свого напрямку?



1. Доведіть, що збиральну лінзу можна скласти з двох призм і плоскопаралельної пластинки. 2. Чому фокус розсіювальної лінзи уявний?



Мал. 98. Заломлення світлових пучків увігнутою (розсіювальною) лінзою



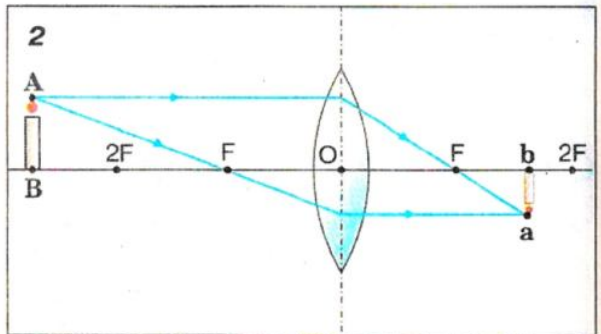
Для допитливих
Двоувігнута лінза

Двоувігнута лінза розсіює пучки світла, що падають на її поверхню паралельно до головної оптичної осі (мал. 98). Її фокус уявний, бо в цій точці перетинаються не заломлені лінзою світлові пучки, а їх продовження.

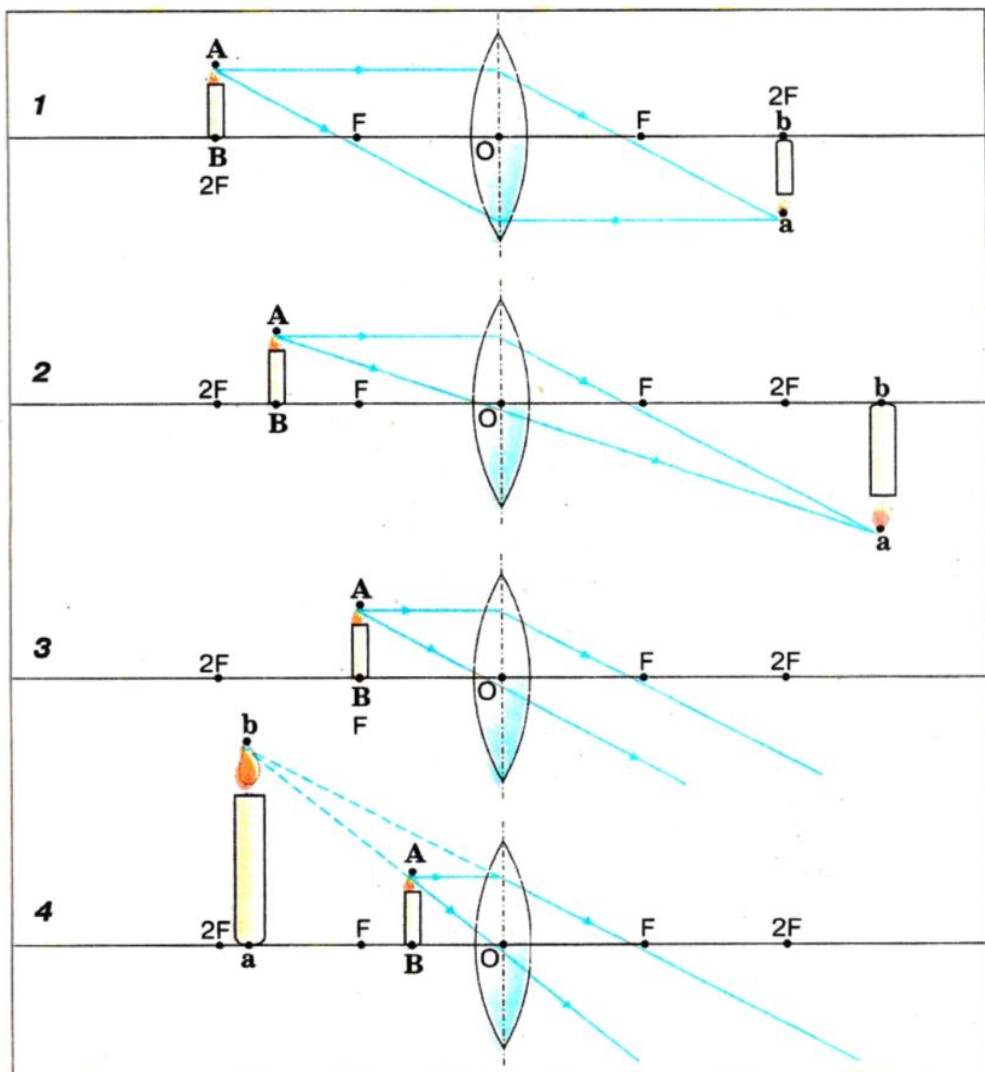
Лінзи бувають збиральними або розсіювальними. Якщо середня частина лінзи товща, ніж її краї, то лінза збиральна, а якщо навпаки — розсіювальна.

§ 24. ЗОБРАЖЕННЯ, ЯКІ ДАЄ ЛІНЗА

Ви вже знаєте, що збиральна лінза дає збільшені або зменшені зображення. У кіноапараті збиральна лінза дає зображення, збільшене в багато разів, у фотоапараті — створює зменшене зображення предмета на фотоплівці. Від чого залежать розміри зображення, отримані за допомогою лінзи?

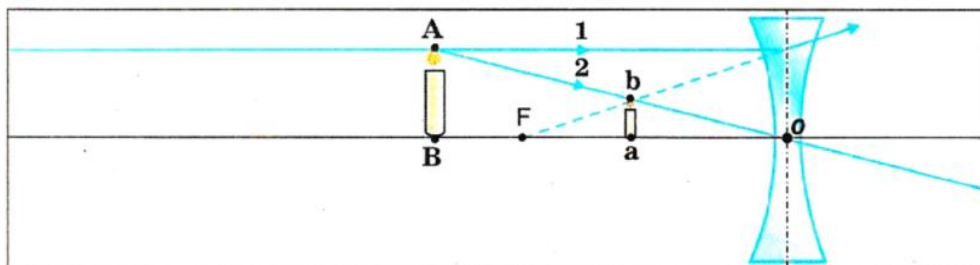


Мал. 99. Одержання зображення за допомогою лінзи:
1 — оптична лавка; 2 — схема утворення зображення в лінзі



Мал. 100. Зображення, які дає збиральна лінза: 1 — рівне за величиною предметіві; 2 — збільшене; 3 — зображення у безмежності; 4 — уявне

На оптичній лаві або столі розмістимо лінзу, екран і джерело світла, наприклад, свічку (мал. 99, 1). Ми знаємо, що однією з основних характеристик лінзи є фокусна відстань. Поставимо собі за мету отримати зменшене зображення свічки і дослідимо, на якій відстані від лінзи її розмістити. Цього вам буде легко досягти, якщо пригадаєте мал. 97 попереднього параграфа.



Мал. 101. Зображення, яке дає двоувігнута лінза

Поставимо свічку або електролампочку за подвійною фокусною відстанню збиральної лінзи (мал. 99, 2).

Наближатимемо предмет до лінзи. У деякий момент помітимо, що зображення за величиною дорівнює предметові. Це буде за умови, коли відстань від лінзи до предмета буде рівна подвійній фокусній відстані. Зображення знаходитиметься на подвійній фокусній відстані від лінзи (мал. 100, 1). При наближенні джерела світла до фокуса лінзи зображення буде збільшуватися і віддалятися від лінзи (мал. 100, 2). Отримані зображення можна бачити на екрані — це дійсні зображення.

Коли джерело світла поставимо у фокусі, зображення на екрані не отримаємо. Воно опиниться у безмежності (мал. 100, 3).

Поставимо джерело світла між фокусом та лінзою і подивимося на нього через лінзу. Побачимо збільшене зображення по той бік лінзи, що і джерело світла. Отримати зображення на екрані неможливо, воно уявне (мал. 100, 4).

Відношення лінійних розмірів зображення до розмірів предмета називають збільшенням лінзи:

$$K = \frac{ab}{AB}$$

Збиральна лінза залежно від розташування перед нею предмета може створювати збільшене, зменшене, рівне за величиною предметові дійсне зображення або збільшене уявне зображення.



Для допитливих Розсіювальна лінза

Побудуємо зображення, яке дає розсіювальна лінза (мал. 101). Як і для побудови зображення точки А у збиральній лінзі, виберемо два промені: промінь 1 падає на лінзу

паралельно до головної оптичної осі. Заломившись, промінь відхиляється від неї. Промінь 2 проходить через точку O , не змінюючи свого напрямку. Перетинаються не заломлені промені, а їх продовження. Дослідження показує, що розсіювальна лінза при всіх положеннях предмета дає зменшене, уявне, пряме зображення, розташоване по ту саму сторону лінзи, що і предмет (*мал. 101*). Фокус розсіювальної лінзи уявний, фокусна відстань — від'ємна.



Збиральна лінза може давати: дійсні, обернені, зменшені, збільшені або рівні за величиною предметові зображення при розташуванні предмета за фокусом; уявні, збільшені, прямі при розташуванні предмета між фокусом і лінзою. Розсіювальна лінза дає уявні, прямі, зменшені зображення.

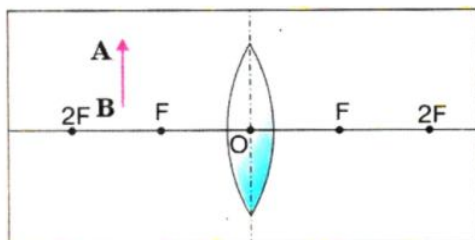


1. Які зображення можна отримати за допомогою збиральної (двоопуклої) лінзи? **2.** Які зображення можна отримати за допомогою розсіювальної лінзи? **3.** Від чого залежать розміри і розташування зображення предмета відносно лінзи? Результати відповіді запиши у вигляді таблиці.

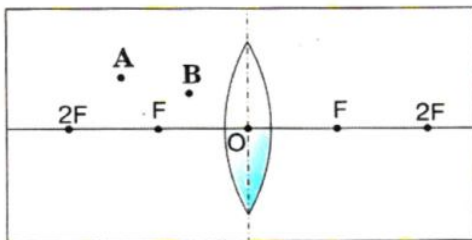
? **1.** Які з лінз, зображених на *мал. 94*, не можуть давати дійсних зображень? **2.** Розглянь за допомогою лупи дрібні предмети. Як ти бачиш збільшене зображення цих об'єктів (адже воно уявне і на екрані його отримати неможливо)?



1. Наведіть приклади застосування розсіювальної лінзи. **2.** Побудуйте зображення предмета (*мал. 102*). **3.** Чи перетнуться промені, що виходять з точки A ? З точки B (*мал. 103*)? **4.** На якій відстані слід помістити предмет перед збиральною лінзою, щоб відстань від предмета до його дійсного зображення була найменшою (якщо можливо, відповідь перевірте на досліді). **5.** Як побудувати зображення предмета, якщо він значно більший від лінзи?



Мал. 102



Мал. 103

§ 25. ОПТИЧНА СИЛА ЛІНЗИ

Розгляньте лінзи з різною фокусною відстанню (*мал. 104*). Яка із цих лінз сильніше заломлює світло? Це відразу можна сказати, визначивши, у якій лінзи більш опукла поверхня і, відповідно, менша фокусна відстань. Лінза на *мал. 104, 1* збирає паралельні пучки світла значно далі від заломлюючої поверхні, ніж лінза на *мал. 104, 2*.

Величину, що характеризує заломлювальну здатність лінзи, називають *оптичною силою*.

Порівнявши лінзи на *мал. 104, 1* і *мал. 104, 2*, зробимо висновок, що оптична сила більша в другій лінзи, бо фокусна відстань у неї менша. Величину, обернену до фокусної відстані лінзи, називають оптичною силою цієї лінзи. Оптичну силу позначають буквою D , фокусну відстань — F :

$$D = \frac{1}{F}.$$

За одиницю оптичної сили взято 1 діоптрію. Це оптична сила такої лінзи, фокусна відстань якої дорівнює 1 м:

$$1 \text{ дптр} = \frac{1}{1\text{м}}.$$

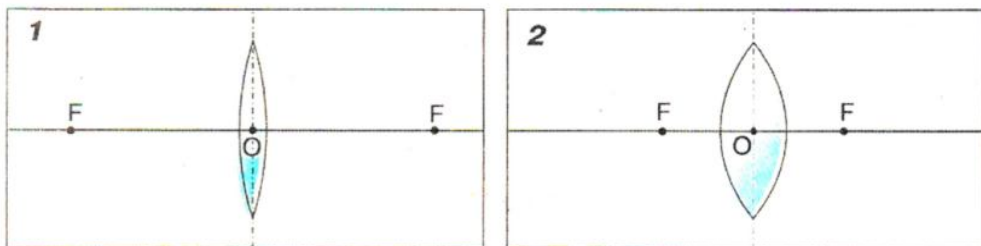
Для визначення оптичної сили лінзи на досліді вимірюють її фокусну відстань. Наприклад, якщо фокусна відстань лінзи 20 см, то її оптична сила:

$$D = \frac{1}{0,2\text{м}} = 5 \text{ дптр}.$$

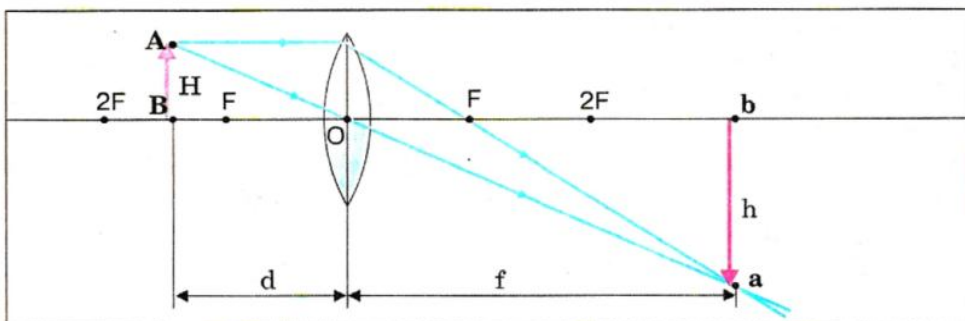
Оптична сила збиральної лінзи додатна, позначається, наприклад, + 5 дптр.

Оптична сила розсіювальної лінзи від'ємна, бо значення фокусної відстані від'ємне, наприклад,

$$D = - 2 \text{ дптр}.$$



Мал. 104. Лінзи різної оптичної сили



Мал. 105. До виведення формули лінзи

Можна визначити оптичну силу лінзи, не знаючи її фокусної відстані. Для цього потрібно отримати зображення лінзи та виміряти відстань від лінзи до предмета і до зображення (мал. 105). Ураховуючи подібність трикутників, що утворюються при побудові зображення, утвореного лінзою (мал. 105), можна вивести формулу лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d},$$

де F — фокусна відстань, f — відстань від лінзи до зображення, d — від лінзи до предмета. Відстані можна вимірювати у будь-яких однакових одиницях довжини.

Оскільки $\frac{1}{F} = D$, то формулу можна записати: $D = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$.

У цій формулі всі відстані вимірюються у метрах, а оптична сила — у діоптріях. Якщо зображення уявне, то відстань до нього береться зі знаком «-».

Лабораторна робота № 11 Визначення фокусної відстані та оптичної сили тонкої лінзи



Мета роботи: навчитися отримувати різні зображення за допомогою лінзи та визначати фокусну відстань і оптичну силу лінзи.

Прилади і матеріали: збиральна лінза на підставці, електролампа з джерелом живлення або свічка, екран, лінійка.

Хід роботи

1. Складіть установку за мал. 99. Отримайте на екрані чітке зменшене зображення джерела світла. Виміряйте відстань від

лінзи до джерела світла (d) та від лінзи до зображення (f). Визначте оптичну силу та фокусну відстань лінзи.

2. Виміряйте фокусну відстань лінзи по-іншому. Рухайте джерело світла так, щоб на екрані утворилося зображення, рівне за величиною предметові. Намагайтеся отримати чітке зображення. У цьому випадку джерело розміщене на подвійній фокусній відстані. Виміряйте відстань від лінзи до зображення і предмета, порівняйте ці відстані та визначте фокусну відстань лінзи. Знайдіть оптичну силу лінзи.

3. Отримайте на екрані збільшене зображення. Виміряйте відстань до джерела світла — воно має бути розміщеним між подвійною фокусною відстанню і фокусною відстанню. Перевірте, чи це справді так. Зробіть висновок щодо умов отримання за допомогою лінзи різних за величиною зображень предмета.

4. Накресліть схеми утворення зображень, які ви спостерігали.



Чим більша кривизна поверхонь лінзи і менша її фокусна відстань, тим більша оптична сила лінзи. Оптична сила лінзи обернено пропорційна фокусній відстані лінзи та вимірюється в діоптріях.



1. Що таке оптична сила лінзи? Від чого вона залежить? 2. Як можна виміряти оптичну силу лінзи? 3. У яких одиницях вимірюється оптична сила лінзи?



Проект **Збільшення лінзи**

Визначте збільшення лінзи при використанні її як збільшувального скла (лупи).

Предмет розташуйте близько до фокусної відстані лінзи так, щоб він перебував між фокусом і лупою. У цьому випадку зображення в лінзі буде уявним. Збільшення лупи дорівнює відношенню розмірів зображення H до розмірів предмета h . Якщо зображення розміщене на відстані найкращого зору ($S = 25$ см) від ока, то збільшення лупи:

$$K = \frac{H}{h} \approx \frac{S}{F}, \text{ де } F \text{ — фокусна відстань лінзи.}$$

Наприклад, для лінзи із фокусною відстанню 5 см збільшення:

$$K = \frac{25 \text{ см}}{5 \text{ см}} = 5.$$

§ 26. СИЛА СВІТЛА ТА ОСВІТЛЕНІСТЬ

Фотометрія. Чому в сутінки одні предмети можна розглянути, інші — ні? Чому на деякі об'єкти, що світяться, дивитись боляче, а то й небезпечно? Як мають бути освітлені предмети для нормального зорового сприймання навколишніх предметів: природним чи штучним джерелом світла? Як потрібно розташувати джерело світла відносно робочого місця? Яка кількість штучних джерел світла має бути в класній кімнаті, щоб ви могли без шкоди для зору читати, писати? Ось далеко не повне коло питань, на які дає відповідь фотометрія — один із розділів оптики, що розглядає вимірювання енергії світла.

Для характеристики джерел світла та енергії, яку вони випромінюють у певному напрямі, вводяться такі світлотехнічні величини, як світловий потік, сила світла та освітленість.

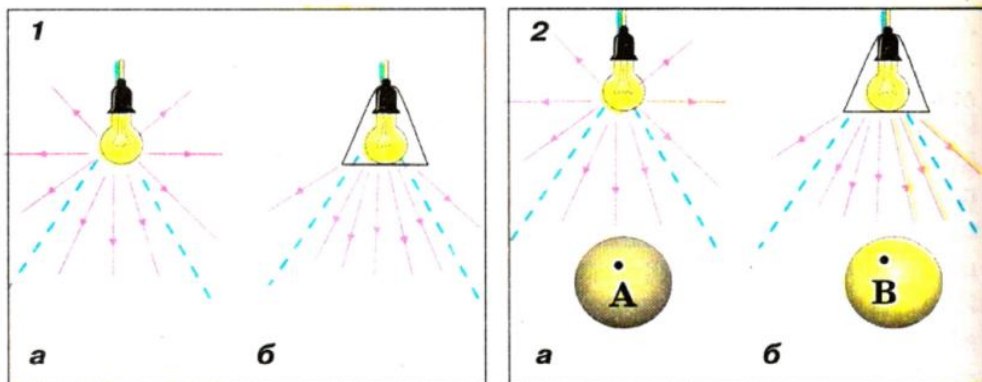
Світловий потік. Усі джерела світла так чи інакше перетворюють на світлову енергію якийсь інший вид енергії. Багато з них є джерелами *температурного* випромінювання, як, наприклад, Сонце, зорі, електричні лампочки розжарювання тощо.

Електричні лампи денного світла належать до *люмінесцентних* джерел. Вони більш енергетично вигідні порівняно з тепловими. Наприклад, електролампочка розжарювання споживає електричну енергію і лише її частину (3—5 %) перетворює на світлову. Лампи денного світла перетворюють на світлову енергію 27—30 % електричної енергії.

Джерело світла характеризується світловим потоком, який воно випромінює. *Світловий потік* — це величина світлової енергії, що потрапляє на освітлювану поверхню за одиницю часу. Позначивши світлову енергію $E_{\text{св}}$, світловий потік Φ («еф»), час, протягом якого світлова енергія потрапляє на поверхню, t , отримаємо формулу світлового потоку:

$$\Phi = \frac{E_{\text{св}}}{t}.$$

За одиницю вимірювання світлового потоку в СІ прийнято 1 люмен (1 лм).



Мал. 106. Зміна світлового потоку (а) і (б) шляхом його перерозподілу у просторі

Розгляньте мал. 106. Одна і та ж лампочка випромінює світловий потік однакової величини. При наявності абажура світловий потік у певному напрямку значно більший (мал. 106, 1 б), ніж без абажура (мал. 106, 1 а). Якщо приймачі світла встановити в точках А і В, то вони будуть отримувати різні світлові потоки (мал. 106, 2).

Звичайна свічка дає світловий потік 10—15 люменів, електричні лампи розжарювання дають світловий потік 100—10 000 люменів.

Сила світла. Світловий потік залежить як від властивостей самого джерела, так і від розподілу світлового потоку у просторі. Наприклад, одна і та ж лампа без абажура і з абажуром випромінює на підлогу різні світлові потоки (мал. 106).

Щоб охарактеризувати здатність джерела випромінювати світловий потік, використовують поняття «сила світла». *Сила світла* визначає світловий потік, який випромінює джерело світла у певному напрямку.

Силу світла позначають буквою *I*. Одиницею сили світла у СІ є 1 кандела (1 кд). Слово походить від латинського «*candela*» — «свічка».

Електролампочки різної потужності мають різну силу світла. Наприклад, електролампочка 40 Вт має силу світла приблизно 34 кд.

Освітленість. Освітлення предметів має дуже важливе значення, особливо для тих, хто читає, робить креслення, малює, збирає пристрої з деталей.

Освітленість називають величину, яка вимірюється відношенням світлового потоку Φ , що падає на поверхню, до площі цієї поверхні S :

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Одиницею освітленості є 1 люкс (1 лк). 1 люкс — це освітленість, яку створює світловий потік в 1 лм, падаючи на поверхню площею 1 м^2 .

Освітленість поверхні залежить від сили світла джерела, від відстані до джерела, від кута падіння променів на поверхню, яка освітлюється.

Приклади розв'язування задач

1. Світловий потік у 5 лм падає перпендикулярно на аркуш паперу площею 500 см^2 . Визначити освітленість аркуша паперу.

Дано:

$$\Phi = 5 \text{ лм};$$

$$S = 500 \text{ см}^2 = 0,05 \text{ м}^2.$$

$E = ?$

Формула освітленості:

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Підраховуємо освітленість:

$$E = \frac{5 \text{ лм}}{0,05 \text{ м}^2} = 100 \text{ лк}.$$



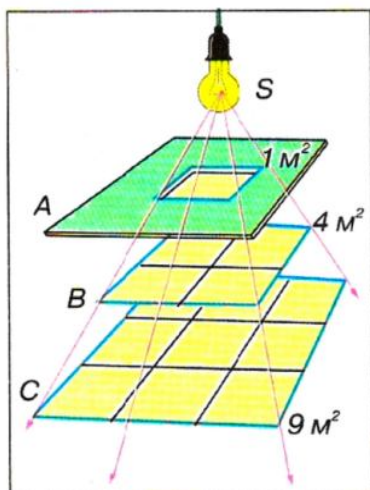
Для допитливих

Зміна освітленості залежно від відстані до джерела

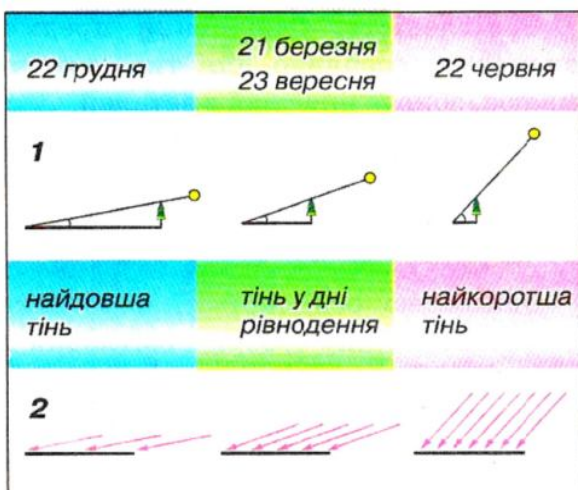
Дослідимо, як змінюється освітленість залежно від відстані до джерела (мал. 107). На відстані один метр від точкового джерела світла S знаходиться екран А, який має отвір площею 1 м^2 . На відстані двох метрів від джерела знаходиться другий екран В площею 4 м^2 та на відстані трьох метрів від джерела — третій екран С площею 9 м^2 .

Світловий потік від джерела проходить крізь квадратний отвір площею 1 м^2 , що знаходиться на відстані $R_1 = 1 \text{ м}$.

Отже, на відстані $R_2 = 2 \text{ м}$ той самий світловий потік розподіляється на квадрат учетверо більшої площі, ніж на



Мал. 107. Залежність освітленості поверхні від відстані до джерела



Мал. 108. Зміна кута падіння сонячних променів (1) та освітленості ділянки земної поверхні (2) для широти м. Києва

відстані $R_1 = 1$ м; а на відстані $R_3 = 3$ м — на квадрат у 9 разів більшої площі, ніж на відстані $R_1 = 1$ м і т. д.

Ураховуючи те, що $E = \frac{\Phi}{S}$, дійдемо висновку, що освітленість поверхні точковим джерелом світла зменшується пропорційно до квадрата відстані від точкового джерела.

Із курсу природознавства ви знаєте, як падають опівдні промені сонця взимку в день зимового сонцестояння (22 грудня), у дні весняного і осіннього рівнодень (21 березня, 23 вересня) та в день літнього сонцестояння (22 червня).

З мал. 108 видно, що протягом року найбільша висота Сонця над горизонтом (опівдні) змінюється. На одну і ту ж площу (умовно 1 м^2) потрапляє різна кількість світлових пучків і, відповідно, енергії сонячного випромінювання.

Поясніть, як освітленість поверхні залежить від кута падіння променів на поверхню.



Дія джерела світла на освітлювану поверхню характеризується світловим потоком, силою світла, освітленістю. Освітленість поверхні залежить від відстані до джерела світла та кута падіння променів на поверхню.



1. Що називають світловим потоком? 2. Що таке сила світла?
3. У яких одиницях вимірюють силу світла? 4. Що називають освітленістю? У яких одиницях вимірюється освітленість?
? 1. Від чого залежить освітленість поверхні? 2. Чому для зору шкідлива дуже яскрава освітленість?



1. Як пояснити на основі закону збереження і перетворення енергії зменшення освітленості об'єкта із збільшенням відстані від нього до джерела світла? 2. Чому небезпечно дивитися на Сонце?



Для допитливих Освітленість і зір людини

Наші очі пристосовуються до різної освітленості. Освітленість на відкритій місцевості в сонячний день вимірюється десятками тисяч люксів, у кімнаті вдень — кількома люксами, при світлі Місяця — сотими долями люкса.

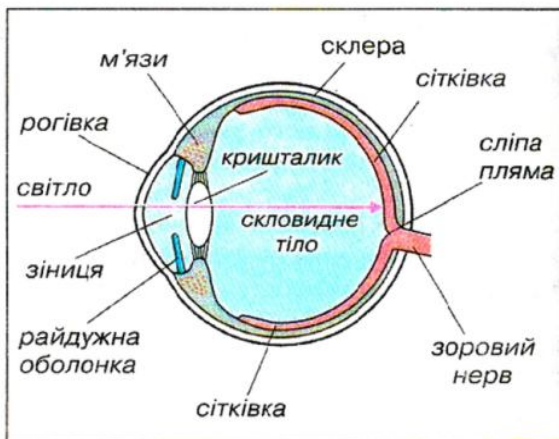
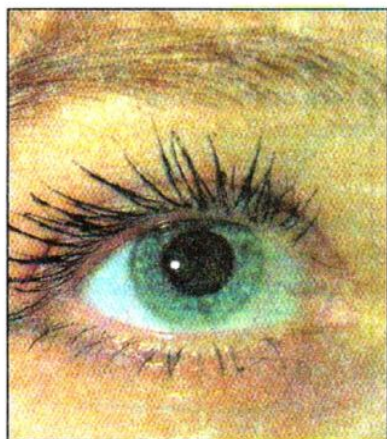
З метою охорони нормального зору людей встановлено гігієнічні норми освітленості житлових і службових приміщень, які забезпечують найкращі умови праці і побуту. Наприклад, освітленість, необхідна для читання — 60 лк; найменша допустима освітленість робочого місця — 10 лк; освітленість на екрані кіно — 20—80 лк.

Варто пам'ятати, що тривале перебування просто неба при великій освітленості шкідливе для очей, наприклад, зимового сонячного дня на лижній прогулянці, влітку на березі водойми. У таких випадках доцільно використовувати сонцезахисні окуляри.

§ 27. ОКО

Будова ока. За допомогою зору ми одержуємо близько 90 % інформації про навколишній світ. Тому механізм зору цікавив людей здавна. Зорове сприйняття світу — це складний біологічний процес. Його перша стадія — одержання зображення предмета на сітківці за допомогою оптичної системи ока. Розглянемо будову ока (мал. 109).

Око захищене склерою, передня частина якої прозора. Це рогова оболонка. За рогівкою розміщена райдужна оболонка,



Мал. 109. Око людини (1) та схема його будови (2)

яка в різних людей має різний колір, від неї залежить колір очей.

Між рогівкою і райдужною оболонкою міститься водяниста рідина. У райдужній оболонці є отвір — зіниця. Райдужна оболонка (подібно до діафрагми у фотоапараті) може відкривати отвір (зіницю) більше чи менше. За зіницею розміщений кришталік — прозоре тіло, за формою схоже на двоопуклу лінзу.

Кришталік оточений м'язами, які прикріплюють його до склери (зовнішньої оболонки) і дають можливість ставати більш опуклим або плоским. За кришталіком міститься скловидне тіло.

Задня частина склери вкрита сітківкою, яка складається з нервових волокон — закінчень зорового нерва двох видів — колбочок і паличок (*мал. 111*). Перші (їх близько 6 мільйонів у оці) — чутливі до кольорового світла, другі (їх понад 120 мільйонів) — реагують на малу освітленість і забезпечують зір у темний час доби.

Нерви виходять з ока через сліпу пляму. Світло, що потрапляє на неї, оком не сприймається.

Оптичну систему ока складають рогівка, кришталік, скловидне тіло. Схематично утворення зображення на сітківці можна зобразити так (*мал. 110*).

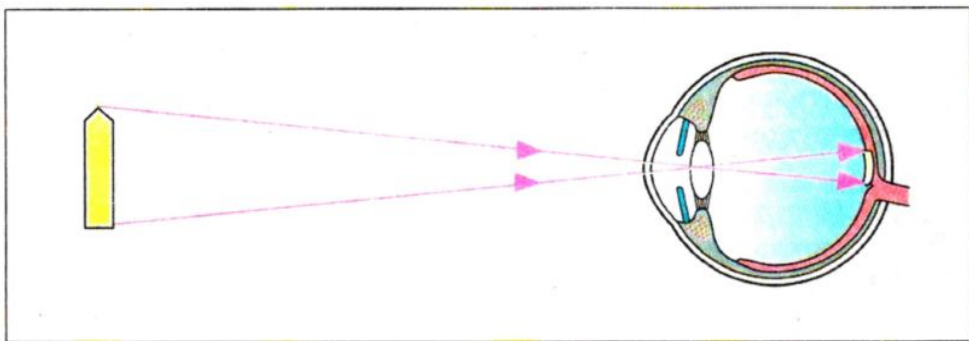
Як ми бачимо? Світло заломлюється в оптичній системі ока і потрапляє на сітківку, де утворюється дійсне, зменшене, обернене зображення предмета (мал. 110). Зображення викликає нервові збудження. Збудження передаються у мозок людини і формують зоровий образ об'єктів навколишнього світу.

Око за допомогою спеціальних м'язів може рухатися і скеровуватися на предмет, який людина хотіла б бачити. Коли світла дуже багато, діафрагма ока звужується і зменшує світловий потік. Увечері, або коли світла недостатньо, діафрагма розширюється, пропускаючи більше світлових променів усередину ока.

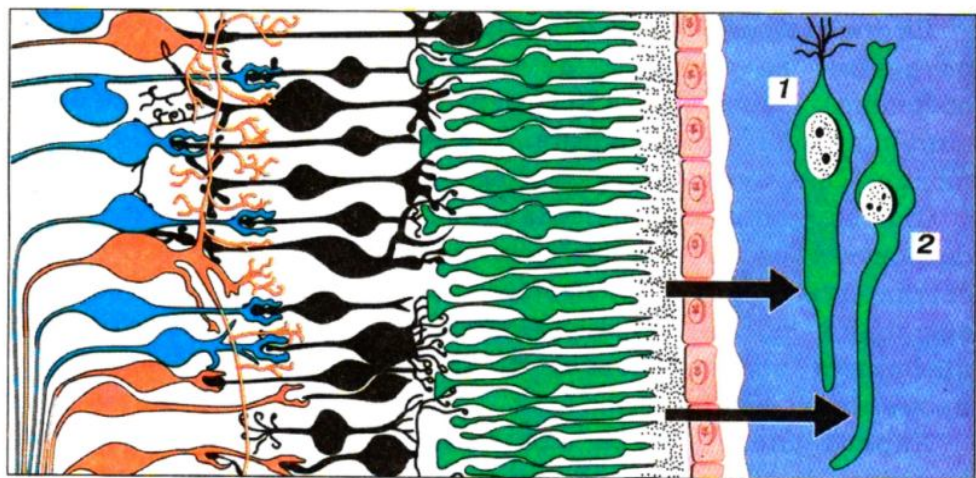
Характерною і дуже важливою властивістю ока є його здатність фокусуватися на далеких і близьких предметах. Цю здатність називають *акомодацією* (лат. «*accomodatio*» — «приспосовування»).

Візьміть у руку олівець і розмістіть його на відстані близько 30 см перед очима. Подивіться на віддалений предмет перед вами (наприклад, предмет на стіні). Ви побачите, що коли предмет на стіні видно чітко, то олівець матиме нечіткі контури. Коли ж ви дивитиметесь на олівець, то нечіткими будуть контури предмета на стіні. При спостереженні на далекій і близькій відстані м'язи стискають або розтягують кришталік, змінюючи його фокусну відстань.

Кривизна кришталіка, його оптична сила і, відповідно, фокусна відстань можуть змінюватися під дією м'язів. Коли ми



Мал. 110. Схема утворення зображення на сітківці ока



Мал. 111. Схема будови сітківки ока: 1 — колбочки; 2 — палички

дивимось вдалину, наші очі відпочивають. М'язи, що оточують кришталик, розслаблені, оптична сила кришталика менша. При розгляданні близьких предметів кришталик стискається, його оптична сила збільшується.

Зорові відчуття викликаються подразненням сітківки ока. Вони зникають не відразу після припинення дії подразника, а тривають ще приблизно 0,1 с.

Явище інерції спостерігається не тільки у механічних взаємодіях, а й інших явищах природи. Тому зорові подразнення з перервою не більше ніж 0,1 с створюють єдине подразнення. На цій властивості ока засновано використання кіно, телебачення.

При створенні кінофільму на довгій кінострічці отримують фотографії рухомого предмета. За допомогою кіноапарата кадри проєктують на екран. Швидка зміна кадрів на екрані викликає відчуття рухомого зображення.



Око — складна оптична система, чутливість якої до світла дуже велика. Здатність ока до акомодатії дає змогу одержати на сітківці чітке зображення близьких і далеких об'єктів. Подразнення від нервових закінчень сітківки ока передаються у мозок.



1. Назви елементи оптичної системи ока людини. 2. де утворюється зображення в оці людини? 3. Як в оці людини утворюється зображення від предметів великих розмірів?

? 1. Чому людина може бачити близькі й далекі предмети? 2. За якої умови кришталик ока стає більш опуклим: коли око розглядає близький предмет чи далекий?



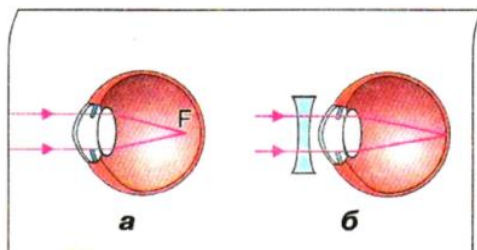
1. У нормальному стані очей людини оптична система ока встановлена на нескінченність, тобто фокус усієї системи падає на сітківку. При близькому розташуванні предметів зображення повинне було б упасти за сітківку і стати розпливчастим. Чому ж ми чітко бачимо близькі предмети? 2. Чи можна вважати, що предмети, переважно, видно тим чіткіше, чим ближче вони розташовані до ока?

§ 28. ВАДИ ЗОРУ. ОКУЛЯРИ

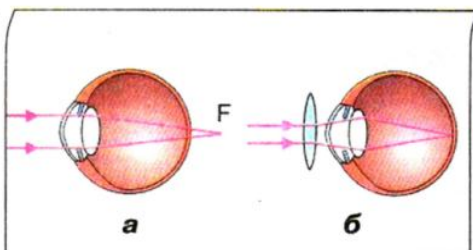
Вади зору. Про вади зору ви знаєте з побуту — це короткозорість і далекозорість. Як виникають вади зору? Адже більшість людей (95 %) народжується з нормальним зором. Ознакою нормального зору є наявність акомодациї (приспособування) оптичної системи ока. Але приспособування ока має свою межу. Предмети, розташовані ближче ніж 12 см від ока, ми не можемо чітко розглянути, як би не напружували зір. Відстань найкращого зору для нормального ока — 25 см.

Вади зору часто виникають унаслідок порушення правил гігієни зору. Людина читає при недостатньому освітленні, працює з дрібними предметами або виконує роботу при дуже яскравому світлі. Звичка розглядати предмети, тримаючи їх близько очей, призводить до короткозорості. Очне яблуко видовжується, кришталик втрачає здатність до акомодациї.

Короткозорим називається око, у якого сітківка знаходиться далі від кришталика, ніж у нормального ока. Фокус оптичної системи такого ока при спокійному стані очного м'яза лежить не на сітківці, а всередині ока (мал. 112 а). Зображення на сітківці від віддалених предметів утворюється нечітким. Цей недолік ока усувається розсіювальною лінзою, яка зменшує оптичну силу системи ока і «пересуває» зображення предмета на сітківку (мал. 112 б).



Мал. 112. Короткозорість (а) та виправлення її за допомогою окулярів (б)



Мал. 113. Далекозорість (а) та виправлення її за допомогою окулярів (б)

У далекозорому оці фокус оптичної системи у спокійному стані ока лежить поза сітківкою (мал. 113 а). Причиною далекозорості може бути те, що сітківка розташована до кришталика ближче, ніж у нормальному оці. Найчастіше далекозорість настає унаслідок того, що послаблюються м'язи, які регулюють опуклість кришталика. Він втрачає здатність стискатися, змінювати свою кривизну і оптичну силу, стає плоским. Ця вада зору найчастіше властива людям похилого віку.

Збереження зору та виправлення його вад. Далекозорість не означає, що люди, яким вона властива, добре бачать далекі предмети. Далекозорі люди нечітко бачать як близькі, так і віддалені предмети. Зображення предмета в далекозорому оці було б чітким поза сітківкою, на сітківці воно нечітке. Виправити далекозорість можна за допомогою опуклих, збиральних лінз (мал. 113 б).

Далекозорі люди носять окуляри з додатною оптичною силою (+0,5 дптр, +2 дптр, +3 дптр тощо).

Короткозорі застосовують окуляри з від'ємною оптичною силою (-0,5 дптр, -2 дптр тощо).

Для збереження зору необхідно дотримуватися таких правил.

1. Читайте, сидячи рівно за столом, при достатньому освітленні. Світло повинно бути м'яким, не сліпити очі.
2. Відстань між очима і книгою має лежати у межах 30—35 см.
3. Під час читання, письма джерело світла розташовують зліва.
4. Читайте чи пишiть 20—30 хвилин, після цього слід зробити перерву.

5. Не можна декілька годин поспіль сидіти перед телевізором або грати на комп'ютері.

6. Не тріть очі брудними руками.

7. Раз на рік перевіряйте зір у лікаря. При потребі слід носити окуляри.

Доцільно взяти за правило робити гімнастику для очей:

Вимийте руки і зручно сядьте. Закрийте очі.

Робіть очима рухи вліво, вправо. Відводьте очі якомога далі. Зробіть рухи вгору, вниз. Голова при цьому не рухається. Відкрийте очі.

Зробіть рухи очима по колу.

Подивіться на кінчик свого носа.

Подушечками пальців погладьте повіки, легенько натискаючи біля носа.

Кожна вправа виконується 10 разів.

Таку гімнастику доцільно робити у проміжках між заняттями на уроці і вдома.



Природа майже всіх людей від народження наділяє нормальним зором. Зір слід оберігати, дотримуватися правил гігієни зору. Найбільш поширені вади зору — короткозорість і далекозорість. Короткозорому оку необхідні окуляри з від'ємною оптичною силою, далекозорому — з додатною.



↪ 1. Які бувають вади зору? 2. Чому короткозорі люди, щоб краще бачити, примружують очі? 3. Чи можуть окуляри або контактні лінзи поліпшити зір? 4. Як зберігати зір?

? 1. Який недолік зору має людина, котра носить окуляри, у яких нижня частина — опукле скло, верхня — плоске? 2. Чому вдень зіниці людей звужуються, а вночі розширюються? 3. Чому очам боляче, коли вночі увімкнуть світло?



1. Людина без напруження розглядає своє обличчя в дзеркалі на відстані 15 см. Який недолік зору має ця людина? 2. У рецепті на виготовлення окулярів вказано: «+ 2 дптр». Для корекції якої вади зору використовуються такі окуляри? 3. Чому з настанням темряви ми стаємо ніби короткозорими й обриси предметів перестають бути чіткими? 4. Чому очі швидко стомлюються, якщо читати книгу, тримаючи її на близькій відстані від очей?

§ 29. ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ РОЗШИРЮЮТЬ МОЖЛИВОСТІ ОКА

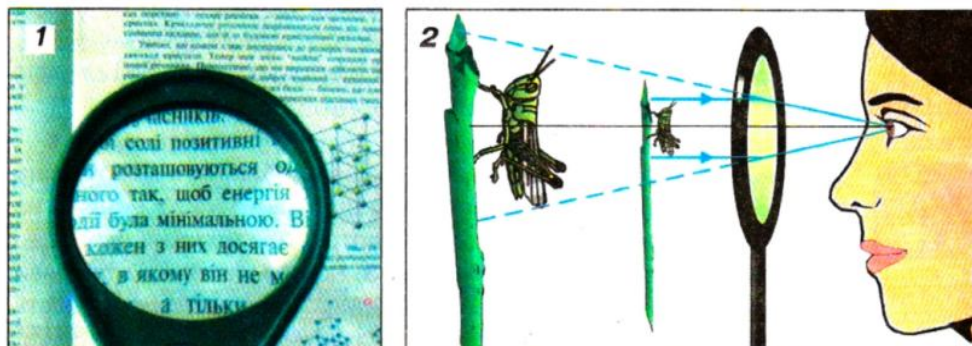
Лу́па. Найбільш відомий вам оптичний прилад, який дає можливість оку розглянути дрібні предмети — лупа (франц. «loupe» — «збільшувальне скло»). Ви користувалися лупою, починаючи з початкової школи. Це лінза з фокусною відстанню від 1 до 10 см. Поміщають лупу близько до ока. Предмет розташовують між лінзою і фокусом та отримують збільшене уявне зображення предмета. Лупа збільшує кут зору, під яким розглядають предмет (мал. 114).

Пригадайте, що збільшення лупи визначається відношенням розмірів зображення до лінійних розмірів предмета (див. § 25).

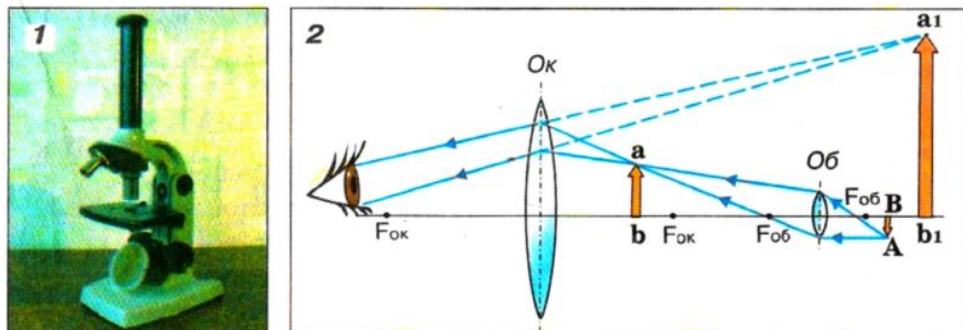
Мікроскоп. У багатьох випадках збільшення, що його дає лупа, недостатнє. Як правило, лупу використовують для досягнення збільшення, що не перевищує 30—40-кратного. У разі, коли цього недостатньо внаслідок того, що предмет дуже малий, використовують мікроскоп (від грецького «mikro» — «маленький» і «skopein» — «бачити»).

Мікроскоп (мал. 115) складається з набору двох типів лінз — об'єктива й окуляра, які розташовані на одній прямій MN.

Об'єктивом є набір збиральних лінз, що мають невелику фокусну відстань. Він звернений до предмета (об'єкта), який розташований близько до фокуса об'єктива. За допомогою об'єктива одержується збільшене зображення предмета майже у фокусі окуляра (від лат. «okularis» — «належить оку»). Об'єктив і окуляр закріплені в тубусі (від латинського «tubus» — «труба»). Предмет, що розглядається, розміщують на



Мал. 114. Лупа (1) та схема її застосування (2)



Мал. 115. Мікроскоп: 1 — загальний вигляд;
2 — хід променів у мікроскопі

предметному столику, де його можна добре освітити за допомогою джерела світла і дзеркала (мал. 115, 1).

Хід променів у мікроскопі показано на мал. 115, 2. З нього видно, що мікроскоп складається із двох лінз (систем лінз). Перша (об'єктив) дає збільшене дійсне зображення об'єкта АВ, друга (окуляр) діє як лупа: дає уявне зображення об'єкта.

Сучасні оптичні мікроскопи дають можливість отримати збільшення, що сягає 1 000 разів. Для розгляду дрібніших об'єктів мікросвіту (вірусів, молекул) використовують електронні або йонні мікроскопи, які дають збільшення до 200 000 чи 1 000 000 разів.

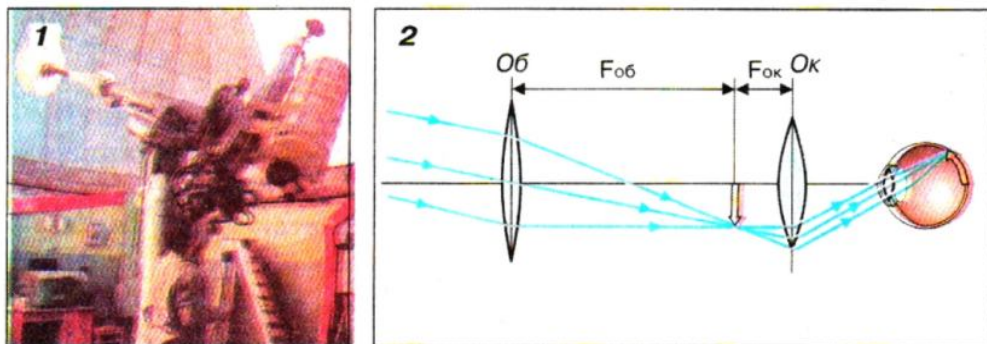
За допомогою мікроскопа можна побачити еритроцити, багато видів мікробів. Збільшення мікроскопа визначається як добуток збільшення об'єктива на збільшення окуляра. Ця величина вказується на мікроскопі. Наприклад, на об'єктиві вказано 20 х, а на окулярі — 10 х. Тоді збільшення буде:

$$20 \times 10 = 200.$$

Телескоп. Відомості про світила, космічні об'єкти отримують за допомогою телескопів — приладів, призначених для розгляду дуже далеких об'єктів.

Головні й основні частини телескопа, як і мікроскопа — об'єктив і окуляр. Об'єктив повернутий до об'єкта — зорі, планети, туманності, а окуляр — до спостерігача (мал. 116, 1) або фотоматеріалу, на якому створюється зображення об'єкта.

Астрономам відомі два типи телескопів — рефрактори (від латинського «refractus» — «заломлений») і рефлектори (від латинського «reflectere» — «відбивати»).

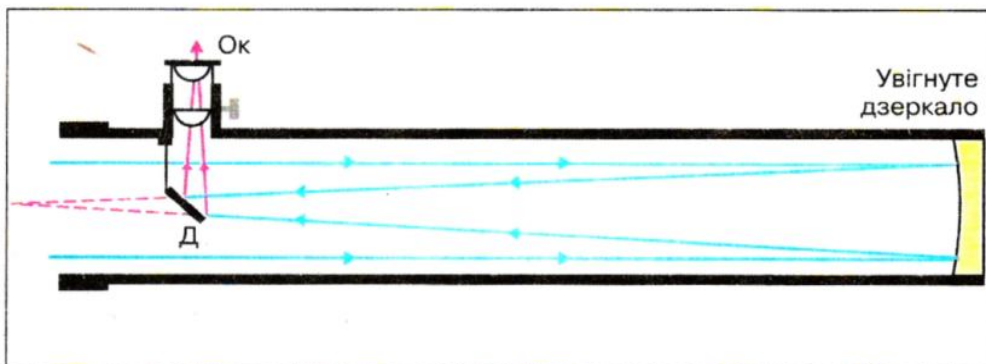


Мал. 116. Телескоп: 1 — зовнішній вигляд телескопа;
2 — хід променів у телескопі-рефракторі

Розглянемо хід променів у телескопі-рефракторі (мал. 116, 2). Цей телескоп складається з двох лінз (систем лінз). Об'єктивом слугує довгофокусна збиральна лінза, яка дає зменшене обернене зображення віддаленого об'єкта. Окуляр являє собою короткофокусну лінзу, що виконує роль лупи.

Довгофокусний об'єктив має великий діаметр, він збирає значну кількість світла від далекого світила і створює майже у фокусі чітке зменшене, обернене зображення об'єкта, яке розташоване між фокусом і лінзою (оптичною системою) окуляра. Окуляр аналогічно до лупи створює уявне зображення, яке розглядається оком. Під час спостереження за допомогою телескопа око і телескоп діють як єдина оптична система. Збільшення такого телескопа:

$$K = \frac{F_{об}}{F_{ок}}$$



Мал. 117. Хід променів у телескопі-рефлекторі

І. Ньютон сконструював телескоп-рефлектор із увігнутих дзеркалом, яке використовувалося замість лінз об'єктива. Від об'єктива до окуляра промені спрямовуються плоским дзеркалом Д (мал. 117).



Дія оптичних приладів заснована на явищах прямолінійного поширення світла, заломлення та відбивання. У будові мікроскопа та телескопа-рефрактора основними частинами є об'єктив і окуляр. Око за допомогою цих оптичних приладів розглядає збільшене уявне зображення об'єкта. Окуляр приладів діє як лупа.

Лабораторна робота № 12

Складання найпростішого оптичного приладу

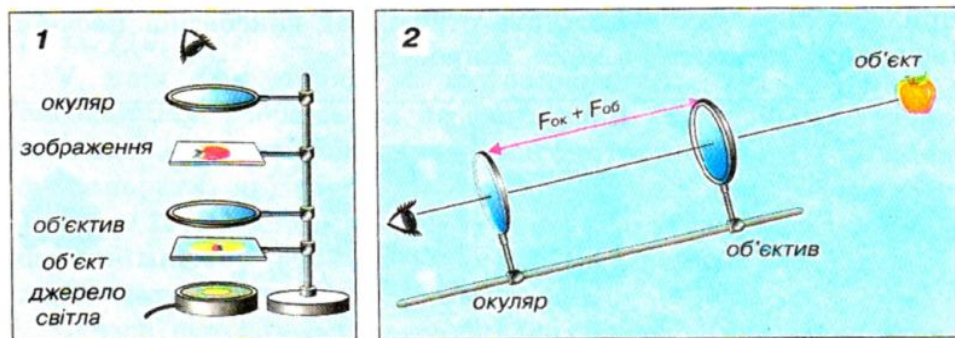


Мета роботи: навчитися складати найпростіший мікроскоп (телескоп).

Прилади і матеріали: штатив із лапками, 3 лінзи (з фокусними відстанями приблизно 2 см, 5 см, 50 см); 2 пластинки (прозора і тоненька напівпрозора), джерело світла.

Хід роботи

1. Складіть модель мікроскопа (мал. 118, 1). Для цього на штативі закріпіть короткофокусну лінзу (об'єктив $F_{об} \sim 2$ см) і довгофокусну лінзу (окуляр $F_{ок} \sim 5$ см) та прозору пластинку, на яку покладете розглядуваний предмет. Електролампочку помістіть у коробку з отвором, з якого світло потрапляє на розглядуваний предмет (мал. 118, 1). Пам'ятайте, що освітлення має бути досить яскравим. Переміщаючи об'єктив, доможіться чіткого зображення об'єкта на напівпрозорій



Мал. 118. Моделі оптичних приладів: 1 – мікроскопа; 2 – телескопа

пластинці. Розмістіть окуляр так, щоб зображення на напівпрозорій пластинці знаходилося між його фокусом і оптичним центром. Приберіть напівпрозору пластинку і, переміщаючи окуляр, доможіться чіткого зображення об'єкта.

2. Використовуючи лінзи ($F_{\text{ок}} \sim 5 \text{ см}$ і $F_{\text{об}} \sim 50 \text{ см}$), складіть телескоп за мал. 118, 2. Розгляньте за допомогою моделі телескопа віддалені об'єкти. Визначте збільшення телескопа, яке дорівнює відношенню $F_{\text{об}}$ до $F_{\text{ок}}$.

Об'єктивом у моделі телескопа слугує довгофокусна лінза, окуляром — короткофокусна.



1. Назви оптичні прилади, які розширюють можливості ока.
 2. Розкажи про призначення лупи, мікроскопа, телескопа.
 3. Назви основні частини мікроскопа, телескопа. 4. За мал. 115, 2 розкажи про хід променів у мікроскопі.

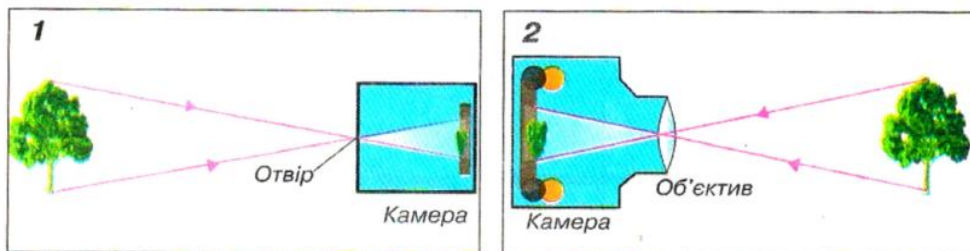
? 1. Поясни вислів «око і телескоп діють як єдина оптична система» (використай мал. 116, 2). 2. Предмет розглядається за допомогою лупи із фокусною відстанню 7,0 см. Побудуй зображення, визнач збільшення лупи. 3. Люди з вадами зору мають дивитися у мікроскоп в окулярах чи без них?



1. Об'єктив телескопа Кеплера має фокусну відстань $F = 800 \text{ мм}$, а окуляр — 20 мм (використайте мал. 116, 2). Якої довжини труба телескопа? 2. У будь-який телескоп зорі видно як світні точки. У чому ж перевага спостереження зір за допомогою телескопів? 3. Чи можна за допомогою лінз мікроскопа побачити зірку?

§ 30. ФОТОАПАРАТИ І ПРОЕКЦІЙНА ТЕХНІКА

Фотоапарати. За допомогою лінзи вчені створили модель зорового сприйняття та змогли зрозуміти його принципи і почали використовувати лінзу для створення оптичних приладів. Без них неможливе отримання фіксованої наочної інформації про мега-, макро-, мікросвіт.



Мал. 119. Хід променів: 1 — у камері-обскури; 2 — у фотоапараті



Мал. 120. Фотоапарати: 1 — плівковий (зображення створюється і зберігається на фотоплівці); 2 — цифровий (зображення створюється на електронній матриці й зберігається на електронній картці)

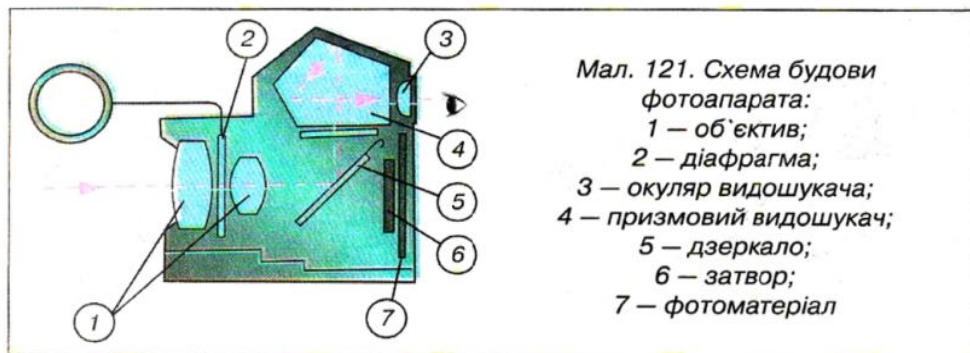
У 1550 р. вперше була встановлена двоопукла лінза в отвір камери-обскури (мал. 119, 1) — попередника майбутнього фотоапарата, який дав змогу фіксувати зображення. Фотографія уможливила отримання інформації про процеси, не доступні зоровому сприйняттю людини, — про явища у космосі, мікросвіті, морських глибинах, організмі людини. Лінза стала важливим інструментом науки, зокрема мікробіології, вірусології, астрономії тощо.

Ми не уявляємо свого життя без кіно, телекамери, фотоальбомів, які були б неможливі без використання лінзи.

Фотоапарати (мал. 120) — найбільш відомі у побуті оптичні пристрої. Основна частина фотоапарата — об'єктив. Він може складатися із кількох лінз, які дають можливість отримати на фотоматеріалі (фотопластинці або фотоплівці) чітке зображення предмета. Зображення отримується оберненим і зменшеним (мал. 119, 2).

У наш час поряд із фотоапаратами, які створюють високоякісні зображення на фотоплівці (мал. 120, 1), дедалі частіше використовуються високотехнологічні цифрові фотоапарати, які записують зображення на цифрових носіях (мал. 120, 2) і дають змогу оперативніше працювати із фотознімками, обробляти їх за допомогою комп'ютера, пересилати електронною поштою.

Сучасні фотоапарати мають складну будову. Крім механічних і оптичних елементів, у них використовуються складні електронні



пристрої для автоматичного керування діафрагмою, затвором, фокусуванням об'єктива та управління фотоспалахом (мал. 121).

Проекційний апарат (проектор). У шкільному фізкабінеті є проекційний апарат для отримання збільшених зображень об'єктів, демонстрації діапозитивів (мал. 122 а).

Багатьом із вас відомі також такі проекційні апарати, як фільмоскопи, епідіаскопи, кіноапарати, діапроектори. Принцип їх дії однаковий, оптична система проекційних апаратів схожа (мал. 122 б).

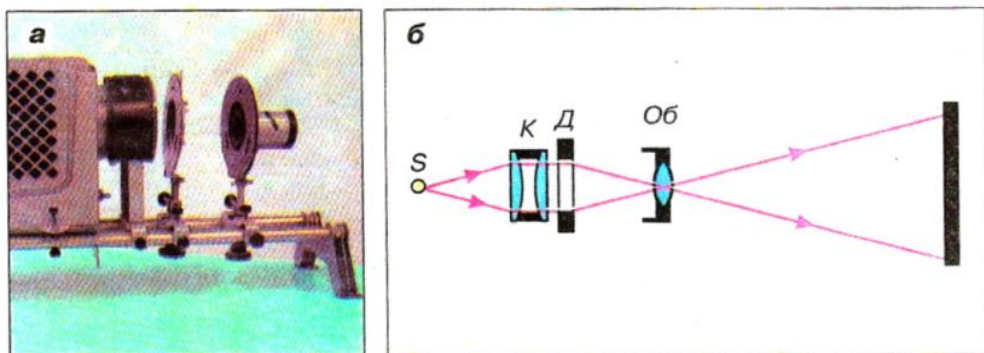
Головна частина проєктора — об'єктив, який являє собою двоопуклу лінзу (систему лінз). Об'єктом є діапозитив, освітлений яскравим джерелом світла. Щоб спрямувати паралельний пучок світла на діапозитив (Д), використовується конденсор (К) — дві плоскоопуклі лінзи. Рухаючи об'єктив (Об), на екрані отримують чітке, збільшене, дійсне зображення об'єкта. Щоб зображення було прямим, діапозитив ставлять у проєктор в оберненому вигляді.

Широкого вжитку набула мультимедійна проекційна техніка, що дає змогу за допомогою спеціальних електронних проєкторів (мал. 124) скеровувати зображення з комп'ютера на екран, супроводжуючи оптичне зображення звуком. Така техніка ефективна і зручна у використанні.



Для допитливих **Цифрові технології і зображення**

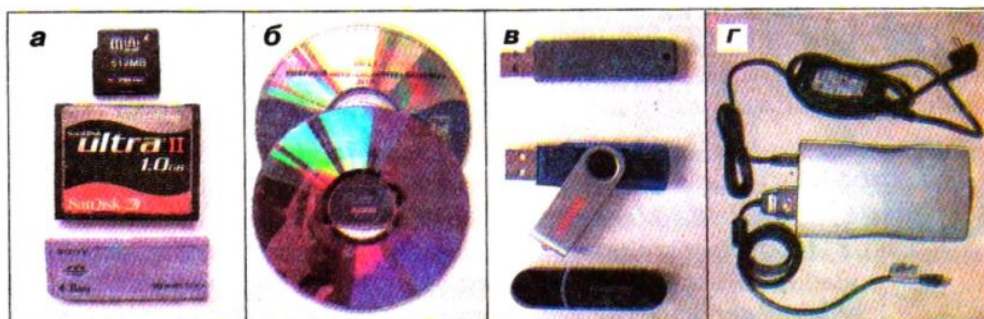
У цифрових фотоапаратах замість фотоматеріалу використовується світлочутлива матриця, яка перетворює світловий сигнал на електричний. Цей електричний сигнал далі за



Мал. 122. Проекційний апарат (проектор): а) зовнішній вигляд; б) хід променів у проекційному апараті

допомогою процесора (мініатюрного комп'ютера) обробляється і записується на цифрові носії, переважно, на спеціальні картки (мал. 123 а).

Більшість цифрових фотокамер, крім фото, дає змогу записувати відеофільми. Уже існують картки, на які можна записати більше ніж 1 000 фото або понад годину відеофільму високої якості. Після фотографування інформацію з цифрової фотокамери (фото і відеофільми) можна швидко перенести на комп'ютер і переглянути. Фото роздруковуються на спеціальному пристрої — принтері для друку фото. Вся інформація записується на зручний для подальшого використання носій — зазвичай компакт-диск або флеш-картку, що більш зручно і надійно (мал. 123 б, в). Для зберігання фото і відеофільмів найкраще використовувати



Мал. 123. Цифрові носії: а) картки для цифрових фотокамер; б) компакт-диски; в) флеш-картки; г) зовнішній жорсткий диск великої ємності



Мал. 124. Застосування мультимедійного проектора

зовнішній жорсткий диск, який вміщує інформації в десятки разів більше, ніж компакт-диски чи картки (мал. 123 г).

Картки цифрової фотокамери можуть використовуватися багаторазово (більше ніж 5 000 разів). Це зручніше, ніж у фотоапараті, де після закінчення фотоплівки заряджається нова.

Економність, оперативність, відсутність проміжного процесу (проявлення фотоплівки) і можливість самостійної творчої роботи із фото- та відеоматеріалом на комп'ютері забезпечують високу популярність цифрової графіки.

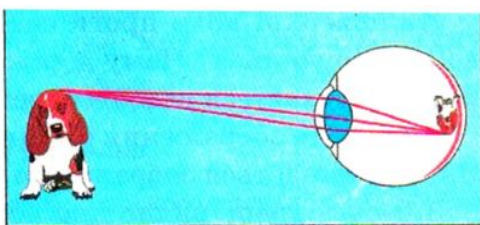
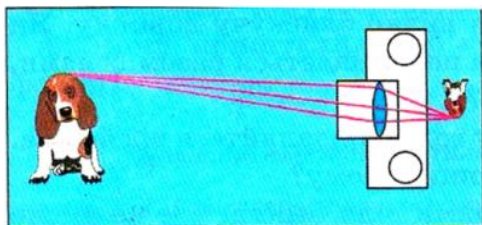


Принцип дії пристроїв, які створюють зображення предметів на екрані (фотоплівці тощо), ґрунтується на явищі заломлення світла в лінзах. На екрані утворюються дійсні, зменшені або збільшені зображення.



1. Поясни принцип дії фотоапарата. 2. Як утворюється зображення у фотоапараті? 3. Які ти знаєш проєкційні апарати? 4. За мал. 122 б розкажи про хід променів у проєкційному апараті.

? 1. Світлові промені від кіноапарата попадають на екран, відбиваються від нього і потрапляють в очі глядачів. Яке це відбивання — дзеркальне чи розсіяне (дифузне)? Чи можна екрани в кінотеатрі робити дзеркальними? 2. Проєкційний апарат дає зображення діапозитива на екран. Що буде, якщо половину об'єктива закрити непрозорим предметом?



Мал. 125. Схема утворення зображення на фотоплівці і сітківці ока



1. Розгляньте мал. 125. Чому чітке зображення предмета в оці виявилось на сітківці, а у фотоапараті — поза фотоплівкою? Як потрібно пересунути об'єктив, щоб зображення було на фотоплівці? 2. Чому із збільшенням зображення його освітленість зменшується?

§ 31. ОПТИЧНІ ЯВИЩА В ДОВКІЛЛІ

Урок серед природи

Мета уроку: дослідження оптичних явищ у довкіллі.

Прилади і матеріали: лупа, бінокль або підзорна труба, фотоапарат.

Хід уроку

1. Оберіть об'єкт для фотографії, яка б могла слугувати «портретом закону (законів) природи».

2. Зніміть два кадри, не змінюючи експозиції, один — при об'єктиві, наполовину закритому аркушем картону. Перевірте, чим відрізняються отримані знімки.

3. Розгляньте віддалені невеликі об'єкти (птахів, гілки дерев) неозброєним оком і за допомогою підзорної труби або бінокля. У скільки разів підзорна труба збільшує зображення об'єкта? Як відрізняються візуальні розміри об'єкта, отримані за допомогою підзорної труби і без неї?

Розгляньте невеликий об'єкт через лупу з відомою фокусною відстанню. У скільки разів збільшеним ви бачите об'єкт? Чи збігається ваш результат із збільшенням лупи, визначеним згідно з формулою збільшення?

4. Станьте на березі водойми. Грунт, пісок здаються темнішими, якщо вони змочені. Чому?

Якщо поверхня води не зовсім спокійна, то здається, що предмети, які лежать на дні, коливаються. Чому?

На поверхні води проти сонця видно блискучу доріжку. Як вона утворюється? Чому доріжка переміщається разом із вами, коли ви рухаєтеся вздовж берега?

Ви бачите зображення Сонця у воді? Віддаляйтеся від берега. Як переміщається зображення Сонця? Чому?

З берега добре видно дно водойми біля берега, але не видно його на середині, хоча глибина води там така сама, як і біля берега. Чому?

5. Для чого в автомобілях, автобусах справа і зліва від водія розташовуються невеликі дзеркала?

6. Спостерігайте під деревом у сонячний день округлі світлі плями. Як вони утворюються?

7. Зверніться до народного прогностика і зробіть прогнози погоди на найближчий час та на літо. Наведіть приклади народних прикмет, що звертають увагу на оптичні явища.

Задачі до розділу «Світлові явища»

1. Під час сонячного затемнення на Землю від Місяця падають тінь і напівтінь. Чи бачить Сонце людина, яка стоїть у ділянці тіні? Напівтіні? Відповідь обґрунтуйте.

2. Кут між падаючим і відбитим променями становить 60° . Чому дорівнює кут падіння?

3. Свічка стоїть на відстані 5 см від плоского дзеркала. На якій відстані від свічки знаходиться її зображення?

4. Який із кутів більший — кут падіння чи кут заломлення — при переході світлового променя: а) з повітря у воду? б) з води у повітря? в) зі скла у воду?

5. Побудуйте зображення предмета, який міститься у подвійному фокусі збиральної лінзи. Охарактеризуйте зображення.

6. Три основні спектральні кольори — червоний, зелений і голубий — при змішуванні дають білий колір. Які кольори утворюються при змішуванні спектральних кольорів: червоного із зеленим, червоного із голубим, зеленого із голубим?

7. Об'єктив телескопа (Кеплера) має фокусну відстань 15 см, а окуляр — 5 см. Яке збільшення дає телескоп?

8. Поясніть, чому зіниця нашого ока здається чорною?
9. Чому кришталик риб'ячого ока має майже сферичну форму?

Домашні експериментальні завдання



1. Приклавши пальця до скляного плоского дзеркала, приблизно визначте товщину скла цього дзеркала.
2. Якими здаються пальці, коли їх опустити у воду? Дослідіть і поясніть побачене.
3. На скільки здається меншою глибина водойми, якщо її визначати на око? Перевірте свій висновок.
4. Зробіть насичений розчин кухонної солі. Нехай він постоїть протягом кількох годин. Опустіть у розчин скляну паличку. Поясніть, чому вона стала невидимою.

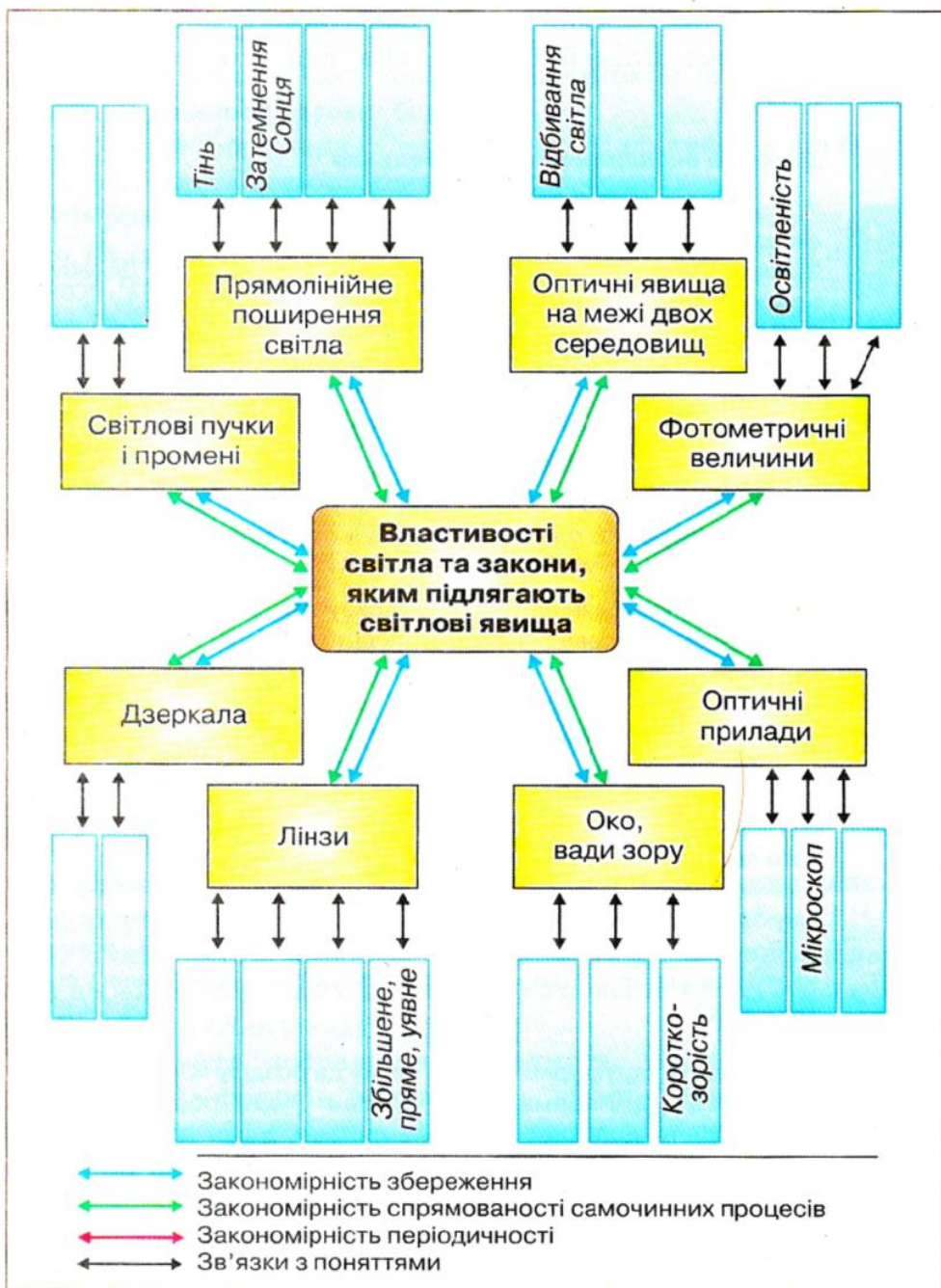
Узагальніть вивчене



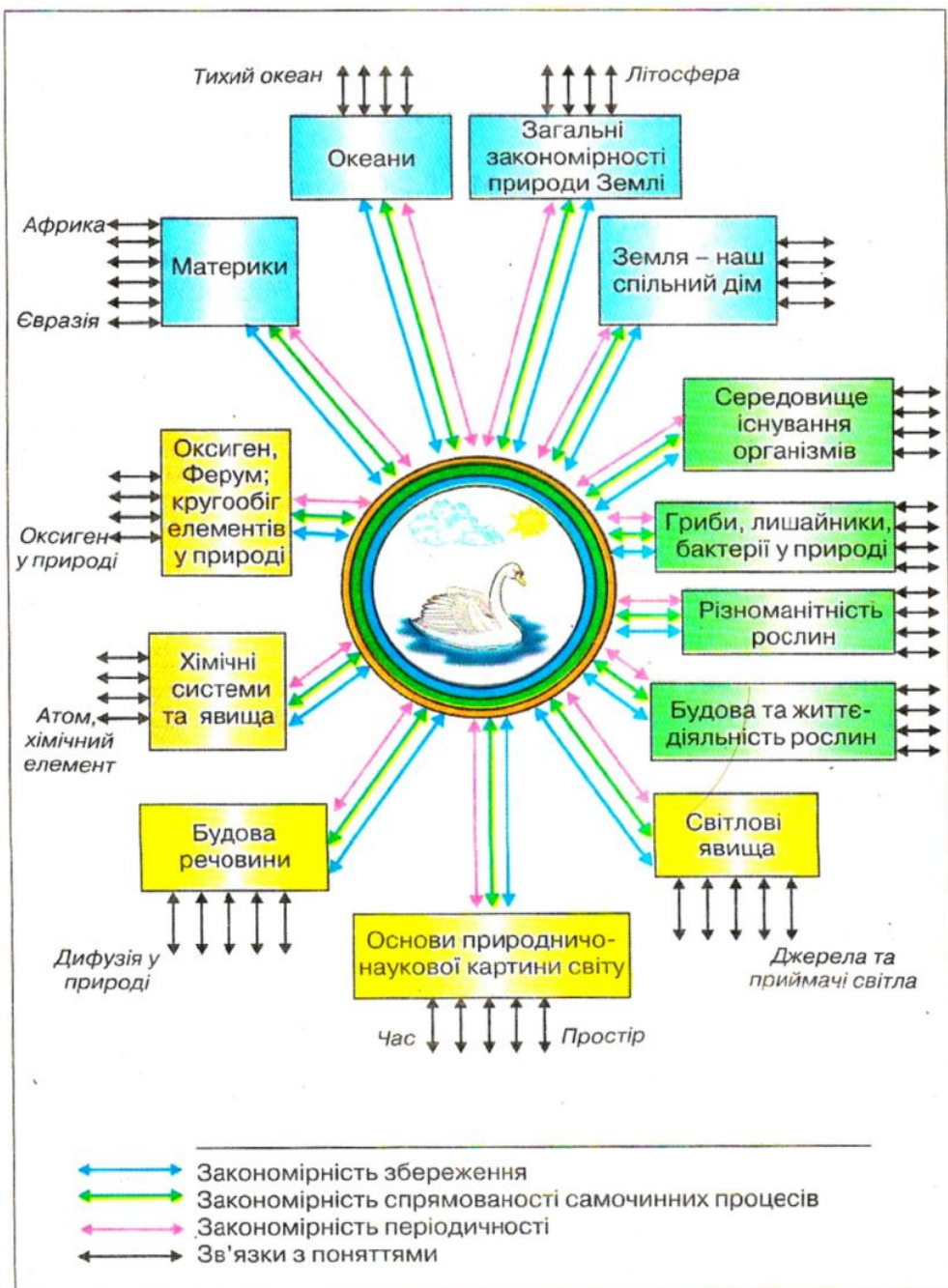
1. Назви світлові явища та охарактеризуй їх.
2. Які закони стосовно світлових явищ ти знаєш?
3. Побудуй зображення у плоскому дзеркалі та охарактеризуй його.
4. Охарактеризуй лінзи та зображення, які можна отримати за допомогою лінзи. Побудуй зображення в лінзі (за вказівкою учителя).
5. Назви фотометричні величини та одиниці їх вимірювання. Для чого людині знання про фотометричні величини?
6. Схарактеризуй будову ока людини. Які ти знаєш вади зору та які існують можливості для їх виправлення?
7. Розкажи про будову та принцип дії оптичних приладів (фотоапарата, проекційного апарата тощо). Яке їх значення у побуті та техніці?



1. Доповніть структурно-логічну схему до розділу «Світлові явища» (мал. 126).
2. Перемалюйте у зошит ядро образу природи (мал. 127) та доповніть його елементами знань із природничих наук.



Мал. 126. Варіант узагальнення знань із III розділу та зв'язки між ними



Мал. 127. Варіант ядра образу природи семикласника

Список літератури для самостійної роботи

1. Алексеева М. Н. Физика — юным: Теплота. Электричество. Кн. для внеклассного чтения. 7 кл. — М.: Просвещение, 1980. — 160 с.
2. Бугайов О. І., Мартинюк М. Т., Смолянець В. В. Фізика. Астрономія. — К.: Освіта, 1995. — 304 с.
3. Зачек І. Р., Лопатинський І. Є., Хром'як Й.Я. Висвітлення досягнень українських фізиків у курсі фізики. — Львів: Вид-во Націон. ун-ту «Львівська політехніка», 2003.
4. Ильченко В. Р. Перекрёстки физики, химии и биологии. — М.: Просвещение, 1986.
5. Кордун Г. Г. Радянські фізики. — К.: Вища шк., 1975.
6. Науково-популярні журнали: «Колосок»; «Світ фізики»; «Країна знань»; «Наше небо — observer»; «Вселенная, пространство, время».
7. Радунська Ірина. Передчуття і звершення. — К.: Веселка, 1982.
8. Тарасов Л. Этот удивительно симметричный мир. — М.: Просвещение, 1982.
9. Шаромова В. Р. Українські фізики у світовій науці. — Львів: ВНТЛ, 1999.
10. Шендеровський В.А. Нехай не гасне світ науки. — К.: Вид. «РАДА», 2003.
11. Физический энциклопедический словарь. / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Сов. энциклопедия, 1984. — 944 с.
12. Храмов Ю.О. Фізика: Довідник. — К.: Наук. думка, 1974.

Показчик термінів

- А**
Акомодація 137
Ареометр 75, 76
Атом 63, 64
- Б**
Броунівський рух 69, 70
- В**
Внутрішня енергія тіла 37
- Г**
Густина 72, 75, 76, 78
- Д**
Деформація 40
Джерела світла 93, 95, 99, 102
Дзеркало 104, 106, 109, 110, 148
Динамометр 14, 35
Дисперсія 115, 120
Дифузія 66, 68, 72
- Е**
Енергія 14, 37, 38, 42, 111, 131
- З**
Загальні закономірності природи 5, 10, 55, 90, 91, 103, 155
Закон збереження і перетворення енергії 42
Заломлення світла 105, 111, 113
- І**
Інертність 60
Інерція 59, 60
- Й**
Йон 64
- К**
Кандела 132
Кінетична енергія 38
Кристали 63, 80, 81, 82
Кристалізація 74
Кристалічна решітка 81
Кришталік 136
- Л**
Лінза 121, 123, 126, 128, 144
Лупа 87, 142, 145
Люмінесцентні джерела 131
- М**
Макросвіт 5, 20, 36, 42, 120
Маса тіла 58, 60
- Матерія 10
Мегасвіт 5, 13, 20, 25, 37, 54
Мікросвіт 5, 13, 21, 25, 34, 142
Мікроскоп 121, 142
Мінерал 80, 81, 83
Молекулярно-кінетична теорія 57, 63, 67, 77, 87, 90
- О**
Образ природи 10, 155
Око 135
Оптична сила лінзи 128
Освітленість 133
- П**
Період 26
Періодичні явища 26
Плавлення 73
Пластичні тіла 66
Потенціальна енергія 39
Природничо-наукова картина світу 10, 46, 155
Проекційний апарат 148
Простір 20, 25
Пружні тіла 66
- С**
Світловий потік 131
Світловий промінь 99
Сила 33
— виштовхувальна 68
— світла 132
— тяжіння 68
— тертя 37, 53
Система 10, 14, 26, 31, 81, 138, 146, 148
Спектр 114, 115, 116, 117, 118
- Т**
Телескоп 121, 145
Тіла
— аморфні 79, 82
— кристалічні 82
- Ф**
Фізика 5, 11
Фізичне тіло 8
Фізичні величини 14
Фізичні явища 7
Фотоапарат 147
- Ч**
Час 26