

# Фізика

Сиротюк В.Д.

## «Фізика»

підручник для 7 класу загальноосвітніх навчальних закладів

## ЮНІ ДРУЗІ!

**В**и починаєте опановувати новий предмет – **фізику**. Вивчати науку фізику нелегко. Для цього потрібно ознайомитися з багатьма явищами і процесами, які відбуваються в навколишньому світі, навчитися їх пояснювати. Ви пізнаєте велику кількість об'єктів, що вас оточують у школі, на вулиці, удома, виконаєте багато дослідів і спостережень, розв'яжете чимало задач, навчитеся користуватися приладами, що застосовуються в побуті, на виробництві, у транспорті тощо.

Засвоїти фізику вам допоможе цей підручник, який буде вірним супутником протягом усього навчального року. Отже, **БЕРЕЖІТЬ ЙОГО!** У підручнику є багато ілюстрацій, що допоможуть краще зрозуміти матеріал, описано *досліди*, які ви зможете виконати самостійно або з допомогою вчителя, наведено *спостереження*, які допоможуть краще зрозуміти фізичний зміст явищ, що вивчаються.

Основний матеріал, який потрібно запам'ятати, виділено **жирним** шрифтом. Запропоновано цікаві матеріали і *фізичні задачі* різних рівнів складності: **А** – на закріплення і **Б** – творчого характеру.

*Лабораторні роботи*, які ви виконаєте, збагатять вас розумінням закономірностей фізичних явищ.

Рубрика «Це цікаво знати» стане в пригоді тим, хто не зупиняється на досягнутому і хоче знати більше.

Працюючи з підручником, виконуйте такі поради:

1. Не залишайте свій підручник надовго в портфелі. Користуйтеся ним постійно.
2. Будьте уважними на уроці! Використовуйте книжку тільки тоді, коли про це говорить учитель.
3. Підручник недостатньо просто читати, над його текстом слід працювати із зошитом та ручкою в руках. Не робіть ніяких написів у ньому, а найважливіші відомості записуйте в зошит.
4. Прочитавши текст параграфа, спробуйте дати відповіді на *запитання для самоперевірки*, які є в кінці кожного параграфа.
5. Без розв'язування задач неможливо вивчити фізику. Намагайтеся виконати якомога більше завдань, які є в підручнику і які пропонує вам учитель.
6. Не слід заучувати напам'ять текст підручника, його треба зрозуміти. Якщо ви забули значення якогось фізичного терміна, скористайтеся *словником фізичних термінів*, що міститься в кінці підручника.
7. Розв'язуючи тестові завдання, враховуйте, що серед них є завдання з кількома правильними відповідями.
8. Виконуючи спостереження і досліди з фізики, будьте уважними, дотримуйтеся правил техніки безпеки.

*Щасливої вам дороги до знань!*

Автор

## ВСТУП

**Ф**ізика є природничою наукою, яка вивчає загальні закономірності перебігу явищ навколишнього світу. У процесі вивчення фізики ви засвоїте основи світорозуміння на різних рівнях пізнання природи. Сучасна фізика, крім наукового, має важливе соціокультурне значення. Вона стала невід’ємною складовою культури високотехнологічного інформаційного суспільства.

У 7–9 класах ви опануєте суть основних фізичних понять і законів, оволодієте науковою термінологією, основними методами наукового пізнання та алгоритмами розв’язування фізичних задач, отримаєте початкові уявлення про фізичну картину світу.

У початковій школі на уроках з різних предметів ви ознайомилися з проявами фізичних явищ природи, засвоїли початкові відомості з фізики, оволоділи елементарними навичками пізнання природи. На уроках природознавства ви дізналися багато цікавого з тем: людина як жива істота (нормальні умови життєдіяльності – температура, вологість, тиск, земне тяжіння, зір, слух, тактильні дії, довжина кроку тощо); мій будинок (умови побуту, побутові прилади, житлова енергетика тощо); моя вулиця, моє місто (рух транспорту); моя планета – Земля (Сонячна система, Земля і Місяць, освоєння космосу тощо).

На уроках фізики ви навчитеся пояснювати фізичні явища і процеси, аналізувати, узагальнювати знання, систематизувати їх, робити висновки. Ви вмітимете опрацьовувати наукову інформацію (знаходити нові факти, явища, ідеї, самостійно використовувати їх відповідно до поставленої мети). Також навчитеся розрізняти фізичні величини, їх одиниці; розв’язувати задачі на відтворення основних формул; здійснювати математичні дії; самостійно розв’язувати задачі й виконувати вправи, обґрунтовуючи обраний спосіб їх розв’язання.

У процесі виконання лабораторних робіт ви навчитеся планувати і проводити досліди, а саме: складати план досліду й визначати найкращі умови його проведення; обирати необхідне обладнання і вимірювальні прилади, збирати дослідні установки чи електричні схеми, раціонально розміщувати прилади, неухильно дотримуватися правил техніки безпеки під час проведення досліду; визначати мету й об’єкт спостереження, встановлювати характерні риси плинності фізичних явищ і процесів, виділяти їхні суттєві ознаки; користуватися вимірювальними приладами і мірами, тобто визначати ціну поділки шкали приладу, її нижню і верхню межі, визначати покази приладу; знаходити значення величин; готувати звіт про проведenu роботу, записувати значення фізичних величин.

Уроки фізики будуть проводитися в спеціально обладнаному приміщенні – фізичному кабінеті (мал. 1).

Сучасні кабінети оснащено обладнанням, необхідним для проведення демонстраційних і фронтальних дослідів, виконання лабораторних робіт; демонстраційним столом для вчителя і робочими столами для учнів; шафами для зберігання приладів та інших засобів навчання, дидактичних матеріалів;



Мал. 1

класною і мультимедійною дошками, комп'ютером і мультимедійним проектором. До столів підведено напругу 36–42 В.

Під час знаходження у фізичному кабінеті необхідно дотримуватися таких **правил техніки безпеки**:

1. Будьте уважні, дисципліновані, обережні, чітко виконуйте вказівки вчителя.
2. Не залишайте робоче місце без дозволу вчителя.
3. Розміщуйте прилади, матеріали та інше обладнання так, щоб уникнути їх падіння.
4. Обережно користуйтеся скляним посудом, щоб не розбити його. Не виймайте термометри з посудини твердими предметами.
5. Не пробуйте рідину, яка використовується в дослідах, на смак, не розливайте її на стіл.
6. Не тримайте на робочому місці предмети, не потрібні для виконання завдання.
7. Користуючись гострими предметами, намагайтеся не поранити руки або інші частини тіла.
8. Усі дрібні предмети беріть тільки пінцетом.
9. Не кладіть на шальки терезів брудні, мокрі, гарячі та сипкі тіла.
10. Перед тим як приступити до виконання лабораторної роботи, старанно вивчіть її опис, з'ясуйте хід її виконання.
11. Під час складання електричних кіл, перемикачів в них та їх демонтажу джерела струму повинні бути вимкнені.
12. Не вмикайте джерела струму без дозволу вчителя.
13. Стежте, щоб ізоляція дротів була не пошкодженою, а на кінцях дротів були наконечники, які потрібно добре затискати клемами.
14. Виявивши несправність в електричних пристроях, які знаходяться під напругою, терміново повідомте вчителя або вимкніть джерело струму.
15. Користуючись лінзами, не торкайтеся їх поверхні руками, щоб не залишати на склі потожирових плям.
16. Не приносьте в кабінет небезпечних предметів або предметів, які не стосуються уроків фізики.
17. У випадку травмування терміново звертайтеся до вчителя – він надасть вам допомогу.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Для чого потрібно вивчати фізику?
2. Що потрібно мати у фізичному кабінеті для проведення уроків?
3. Яких правил потрібно дотримуватися в кабінеті фізики?

# Розділ 1

## ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ



- Спостереження • Досліди • Науковий експеримент • Теорія
- Фізичні явища, процеси і тіла • Фізичні величини • Вимірювання
- Засоби вимірювання • Міжнародна система одиниць фізичних величин
- Будова речовини • Молекули • Атоми • Ядерна модель атома • Йони
- Основні положення атомно-молекулярного вчення про будову речовини
- Видатні вчені-фізики • Внесок українських учених у розвиток і становлення фізики • Фізика в побуті, техніці, виробництві

### § 1. ЩО ВИВЧАЄ ФІЗИКА

**П**еренесімося подумки в давноминулі часи, у Грецію епохи завойовницьких походів Александра Македонського – вихованця і учня великого Арістотеля. У той час, коли знаменитий полководець вів легіони військ на Схід і давні царства падали до його ніг, старий учитель, прогулюючися тінистими алеями заснованого ним в Афінах ліцею, навчав своїх учнів розмірковувати про те, що таке світ, час, рух.

Світ, природа – *фізис* (у перекладі з грецької). Звідси й походить назва науки **фізики**. Так назвав її грецький філософ **Арістотель** (384–322 рр. до н. е.), який написав понад дві тисячі років тому першу «Фізику». Але

не слід думати, що ця книжка чимось схожа на сучасні підручники з фізики. У ній не було опису жодного досліду чи приладу, не було жодної фізичної формули, хоча ця книжка була цілком присвячена вченню про рух. У своїй «Фізиці» Арістотель подавав роздуми про предмет, місце, час, рух і про природу взагалі. Адже людина живе у світі природи, пізнає навколишній світ, унаслідок чого виникає і постійно розвивається наука як система знань і відомостей про природу.

У навколишньому світі відбуваються найрізноманітніші явища. Зміна дня і ночі, падіння дощових крапель, виникнення хвиль в океані або на морі, плавлення металів, піднімання вологи від землі до колоска стеблом рослини, виникнення веселки на небі під час дощу, передача сигналів нервовими волокнами від мозку до тіла – це явища. *Як може одна наука розібратись у такій безлічі явищ?*

*Що ж вивчає фізика?*

**Фізика – наука про природу та найзагальніші закони природи.**

Завдання фізики полягає в тому, щоб відкривати, передбачати і вивчати закони природи та використовувати їх для потреб людини. Наприклад, у результаті вивчення падіння тіл з різної висоти на Землю встановлено, що причиною падіння тіл є притягання їх Землею. При вивченні руху повітря було з'ясовано, що однією з причин виникнення вітру є нерівномірне нагрівання різних шарів повітря. Відкриття законів, що описують теплові явища, привело до створення парових машин, дизельних і карбюраторних двигунів, які використовуються у транспорті, промисловості. Дослідження електричних, магнітних і хімічних явищ зумовило створення потужних джерел енергії, без яких не може розвиватися промисловість, машинобудування. Не обійтися без них і в домашніх умовах. Окуляри, телескопи, фотоапарати і відеокамери стало можливим створити тільки завдяки тому, що фізики вивчили, як поширюється світло в повітрі й склі. Конструювання і спорудження кораблів, літаків, повітряних куль ґрунтуються на знанні закономірностей, яким підлягають рідини, гази й тіла, які в них рухаються.

Але щоб пояснювати фізичні явища і процеси, відкривати фізичні закони, створювати фізичні теорії, будувати нову техніку, синтезувати нові речовини тощо, фізики мають володіти знаннями з математики, електротехніки, хімії, біології, інформатики та інших наук. Наприклад, завдяки вивченню будови птахів та їх польотів було створено літальні апарати, відкриття в хімії дали можливість створювати нові речовини й будувати з них фізичне устаткування.

Ознайомлення з фізикою не закінчується в школі. Є спеціальні навчальні заклади, у яких готують учених-фізиків. Адже фізика потрібна не тільки вченим, але й усім фахівцям: інженерам, робітникам, конструкторам, лікарям, агрономам тощо, тому що вони у своїй діяльності користуються законами фізики й фізичними приладами.



#### **ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО**

1. Що таке фізика? Хто вперше увів це поняття?
2. Що вивчає фізика?
3. Кому потрібні знання з фізики?

## § 2. СПОСТЕРЕЖЕННЯ. ДОСЛІДИ. НАУКОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ. ТЕОРІЯ

**Чи** замислювалися ви над тим, звідки взагалі з'явилися знання?

Кожен знає, що на морозі вода замерзає, а на плиті – закипає, магніт притягує залізні предмети, стрілка компаса завжди вказує на північ, зірване з дерев листя падає на землю, після ночі настає день, якщо доторкнутися до полум'я свічки, то можна обпектися. *Звідки з'явилися ці знання?* Знання про навколишній світ людина здобуває із власних **спостережень**.

Спостереження дають змогу встановлювати ті чи інші факти (наприклад, при нагріванні рідини в посудинах розширюються, від усіх предметів у сонячний день утворюються тіні), за певних умов робити узагальнення фактів, формулювати загальні висновки та перевіряти їх.

Але спостереження не завжди дають правильні знання, тому потрібно виконувати спеціальні **досліди**. Досліди відрізняються від спостережень тим, що їх виконують у штучно створених умовах, за наперед продуманим планом, за допомогою приладів. Під час дослідів здійснюються й вимірювання. Наприклад, мало знати, що при нагріванні залізо розширюється, а потрібно знати ще, наскільки воно розширюється, щоб можна було це врахувати, споруджуючи мости, конструюючи машини, встановлюючи каркаси під час будівництва висотних будинків.

Спостерігаючи падіння тіл, ми можемо помітити, що тіла падають, збільшуючи свою швидкість, час падіння каменя й аркуша паперу з однакової висоти різний. А щоб вивчити, як падають тіла, треба виконати ряд дослідів. Італійський учений **Галілео Галілей** (1564–1642) та англійський фізик **Ісаак Ньютон** (1643–1727), виконуючи досліди з падіння тіл, установили закони їх падіння.

Отже, шляхом узагальнення дослідів було сформульовано **фізичні поняття**, наприклад такі, як *тверді, рідкі і газуваті тіла, механічний рух, падіння тіл* тощо; уведено **фізичні величини** для характеристики властивостей фізичних об'єктів: *швидкість руху тіла, маса і об'єм тіла, густина речовини, сила, з якою одне тіло діє на інше, тиск газу* тощо; сформульовано **емпіричні закони** (закони, отримані з дослідів), наприклад **закон Паскаля** для рідин і газів.

Про дослід кажуть, що він є методом вивчення природи.



Галілео Галілей



Ісаак Ньютон



Метод, який дає змогу одержати нові знання за допомогою проведення досліду (експерименту), називають **експериментальним**.

Цей метод є одним з основних способів отримання наукових знань. Він найчастіше використовується у школі на уроках фізики. Проте важливо мати на увазі, що досліди, які проводяться на уроках або вдома, – це навчальні досліди. Вони відрізняються від дослідів, які проводяться в наукових лабораторіях (мал. 2–3).



Мал. 2. У приміщенні Великого адронного колайдера



Мал. 3. Атомний реактор для наукових досліджень

**Науковому експерименту** передують обґрунтована **гіпотеза**, яка визначає мету і зміст експерименту. Вимірювання проводяться у строго визначених умовах, дані вимірювань точно обробляються. Експеримент завершується оцінкою похибки отриманого результату.

З іншого боку, поряд з дослідом як метод вивчення природи виступає **теорія** (з грец. *теорія* – наукове пізнання, дослідження; використання цього терміна правомірне тільки в застосуванні до науки).

Теорія узагальнює дані дослідів у процесі мислення, збагачує їх і формує нові, більш глибокі знання.

Експеримент часто проводиться для того, щоб підтвердити або спростувати теорію. Однак сам по собі експеримент, якщо він не пов'язаний з певними теоретичними передбаченнями, не має наукової цінності.

**Експериментальний метод дає результати тільки в поєднанні з теорією.**

Теорія систематизує дані дослідів на основі певних узагальнень, ідей. Вона слугує засобами отримання нових знань і вказує шляхи практичного використання відкритих закономірностей. Критерієм правильності висновків теорії слугують дослід, практика.

Отже, процес розвитку знань іде від дослідів (спостереження, експеримент) до абстрактного мислення – теорії, а відтак – до практики.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Як людина здобуває знання про навколишній світ?
2. Чим відрізняються досліди від спостережень?
3. Яку роль відіграє у вивченні природи експериментальний метод?



## § 3. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА, ПРОЦЕСИ І ТІЛА

**М**ова фізики – це мова, у якій використовують спеціальні терміни: *явище, процес, тіло, речовина, матерія*.

Рух пішохода, автобуса, ракети, парашутиста; нагрівання повітря в кімнаті від батареї водяного опалення; світіння екрана телевізора, виникнення блискавки під час грози, полярне сяйво – усе це приклади фізичних явищ.

У фізиці вивчають механічні, теплові, електричні, магнітні, світлові явища. Усі ці явища називають **фізичними**.

**Будь-які зміни, що відбуваються у природі, називають явищами.**

Наприклад: рух катера по морю (мал. 4); замерзання води (мал. 5), кипіння води; виникнення блискавки під час грози, створення штучної блискавки (мал. 6), світіння електричної лампи; притягання електромагнітом металу; поширення світла від Сонця (мал. 7) й електричної лампи.

Явища природи можуть змінюватись із часом. Таку зміну називають процесом.

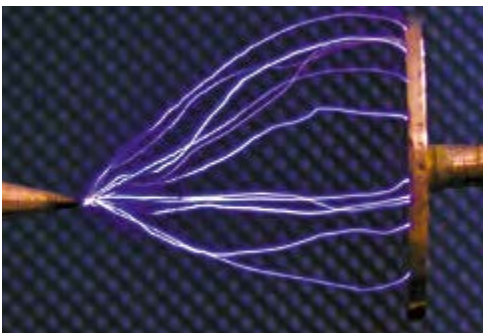
**Фізичний процес – це послідовна зміна станів явищ природи.**



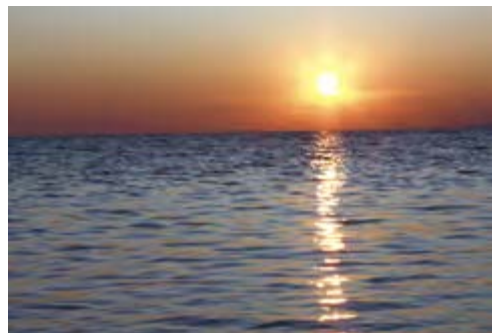
Мал. 4



Мал. 5



Мал. 6



Мал. 7

Замерзання води – це процес переходу води з рідкого у твердий стан (лід). У фізиці будь-який предмет називають **тілом**.

Тілами є човен, вода, лампа, лід, дерево, фізичний прилад, Сонце тощо.

Основною ознакою тіла є те, що воно має форму і об'єм. Форма тіла може змінюватися під дією інших тіл. За певних умов може змінюватися й об'єм тіла. Наприклад, при нагріванні рідини в посудині її об'єм збільшується.

### Тіла складаються з речовин.

Цвяхи виготовлено із заліза, посуд – зі скла, міді, алюмінію, пластмаси.

Усе, що є у Всесвіті, називають **матерією**. Матеріальні (тобто дійсно існують у природі) рослини, тварини, Земля, Сонце, інші космічні тіла, різні речовини, з яких складаються фізичні тіла: алюміній, повітря, вода тощо. Термін «матерія» означає все, що реально існує, що нас оточує й не залежить від нашої свідомості. Але, наприклад, наші думки та сни не можна вважати матеріальними, тому що вони існують лише в нашій свідомості.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що у фізиці називають тілами?
2. Що таке явище?
3. Чим відрізняється процес від явища?
4. Що означає термін «матерія»?

## § 4. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ. ВИМІРЮВАННЯ. ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

«**Н**аука починається з вимірювань...» – ці слова великого вченого-хіміка Д.І. Менделєєва є особливо актуальними. Дійсно, важко уявити будь-яку галузь сучасної науки, техніки або промислового виробництва без вимірювань. Вимірювання – один з основних способів пізнання природи, її явищ і законів.

Предметом фізичних досліджень є фізичні тіла, явища, процеси, які мають багато властивостей. Щоб описати ці властивості, потрібно вводити різноманітні **фізичні величини**.

Фізичною величиною є **час**, оскільки всі зміни в природі відбуваються протягом певного інтервалу часу. **Маса**, **об'єм**, **температура** тіла, **швидкість** його руху – це також фізичні величини. Без фізичних величин вивчення природи обмежувалося б спостереженнями і залишалося б на описовому рівні.

Фізичну величину треба вимірювати.

**Виміряти фізичну величину означає порівняти її з однорідною величиною, яку взято за одиницю цієї величини.**



Мал. 8

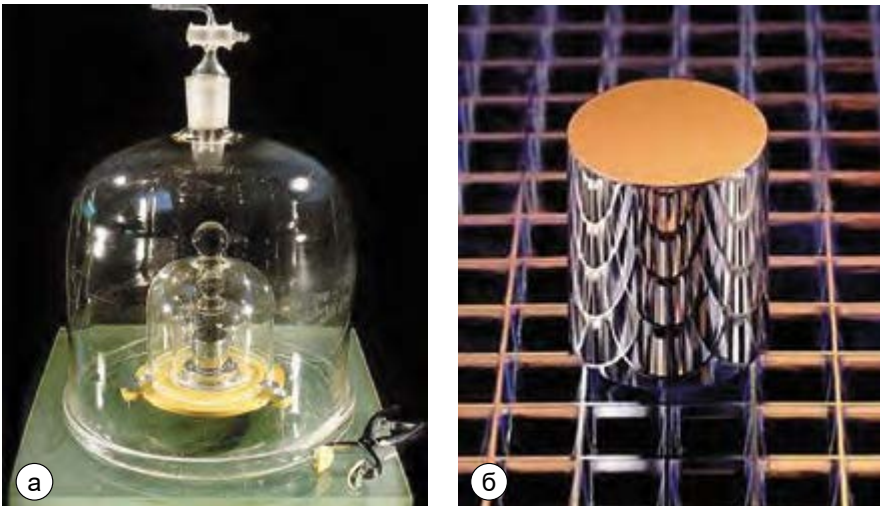
Наприклад, вимірюючи довжину тіла, ми порівнюємо її з довжиною спеціального еталона, що називають **метром**.

Еталон (із франц. *еталон*) – засіб вимірювання, призначений для відтворення і зберігання фізичної величини, а також для перевірки правильності вимірювання цієї величини.

Інтервал часу порівнюємо з інтервалом, який називають **секундою**, масу тіла – з масою еталона маси – **кілограмом**.

Міжнародні зразки (еталони) метра (мал. 8) і кілограма (мал. 9) зберігаються у Франції, у м. Севрі, що поблизу Парижа. Вони виготовлені з платино-іридієвого сплаву і мають свої форми: для метра – форма, зображена на малюнку 8, *в*, а для кілограма – форма циліндра діаметром і заввишки 39 мм (мал. 9, *б*). За цими зразками з високою точністю виготовлено копії для всіх країн світу. В Україні, наприклад, знаходиться прототип кілограма № 12, у США – № 20.

Для вимірювання фізичних величин використовують різні вимірювальні засоби – **інструменти** і **прилади**. До вимірювальних засобів належать термометри, денсиметри, штангенциркулі, мікрометри, амперметри, вольтметри тощо.



Мал. 9

Основними характеристиками вимірювальних засобів є такі.

**Позначка шкали** – знак на шкалі (риска, зубець, крапка тощо), що відповідає деякому значенню фізичної величини.

**Числова позначка шкали** – позначка шкали, біля якої проставлено число.

**Нульова позначка** – позначка шкали, що відповідає нульовому значенню вимірюваної величини.

**Поділка шкали** – проміжок між двома сусідніми позначками шкали.

**Довжина поділки шкали** – відстань між осями (або центрами) двох сусідніх позначок шкали, виміряна вздовж уявної лінії, що проходить через середини найкоротших позначок шкали.

**Ціна поділки шкали** – різниця значень величини, що відповідають двом сусіднім позначкам шкали.

**Довжина шкали** – довжина лінії, що проходить через центри всіх найкоротших позначок шкали й обмежена початковою і кінцевою позначками. Лінія може бути реальною або уявною, кривою або прямою.

**Початкове і кінцеве значення шкали** – найменше і найбільше значення вимірюваних величин, указаних на шкалі приладу або інструмента.

**Діапазон показів шкали** – область значень шкали, обмежена її початковим і кінцевим значеннями.

**Межі вимірювання** – найбільша й найменша величини, які можна виміряти даним інструментом або приладом.

Вимірявши величину, ми знаходимо її числове значення, виражене в певних одиницях. Для кожної фізичної величини встановлено свої одиниці.



## Лабораторна робота № 1

### Ознайомлення з вимірювальними приладами.

#### Визначення ціни поділки шкали приладу

**Мета роботи:** ознайомитися з вимірювальними приладами, які будуть використовуватися для проведення дослідів з фізики в 7 класі, навчитися визначати ціну поділки шкали вимірювальних приладів, користуватися ними і визначати за їх допомогою значення фізичних величин.

**Прилади і матеріали:** мензурка (вимірювальний циліндр), термометр, динамометр, барометр-анероїд.

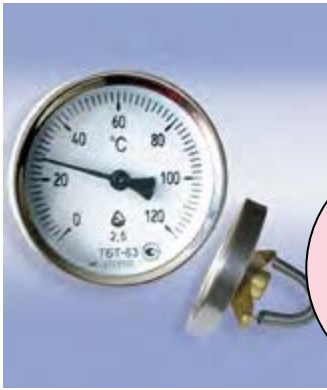
### Хід роботи

1. Вивчіть шкали мензурки (вимірювального циліндра), термометра, динамометра, барометра-анероїда і заповніть таблицю.

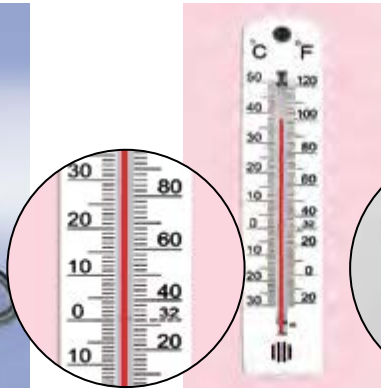
Назва приладу	Мензурка (вимірювальний циліндр)	Термометр	Динамометр	Барометр- анероїд
Яку фізичну величину ним вимірюють?				
Одиниця величини				

Назва приладу	Мензурка (вимірювальний циліндр)	Термометр	Динамометр	Барометр-анероїд
Межі вимірювання				
Значення сусідніх оцифрованих позначок				
Кількість поділок				
Ціна поділки шкали				

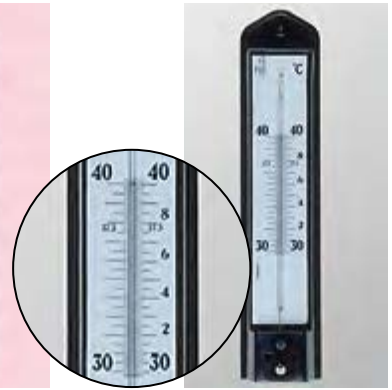
2. Розгляньте зображені на малюнках 10–14 прилади, визначте ціну поділки шкали кожного з них ( $C_{T1}$ ,  $C_{T2}$ ,  $C_{T3}$ ,  $C_D$ ,  $C_B$ ).



Мал. 10



Мал. 11



Мал. 12



Мал. 13



Мал. 14

3. Запишіть, які покази зафіксував кожний із приладів.





### Для допитливих

1. Визначте та запишіть основні характеристики вимірювальних приладів, які є у вас удома.
2. Виготовте мензурку, використавши для цього склянку.



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Наведіть приклади фізичних величин, приклади одиниць величин.
2. Що означає виміряти фізичну величину?
3. Які ви знаєте вимірювальні прилади?
4. Що таке ціна поділки шкали приладу, межа вимірювання приладу? Як їх визначити?
5. Які з наведених нижче термінів означають фізичні величини: будинок, глибина озера, висота будинку, об'єм посудини, швидкість руху поїзда, автомобіль, лінійка?

## § 5. ПОХИБКИ ТА ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ. МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

**В**и розпочинаєте виконувати лабораторні роботи. Практика показує, що результати вимірювань ніколи не можуть бути точними. Їх завжди отримують з деякою похибкою, тобто приблизно. Існують різні способи оцінки похибок вимірювань, але ми користуватимемося методом *підрахунку цифр*, який можна використовувати і при розв'язуванні задач. Для цього потрібно врахувати три умови.

**1. При прямих вимірюваннях приладом фізичної величини максимально можлива абсолютна похибка  $\Delta$  – дорівнює ціні поділки шкали приладу, якщо значення фізичної величини збігається зі штрихом шкали; дорівнює половині ціни поділки шкали, якщо покажчик не збігається зі штрихом шкали або коливається.**

Наприклад, вимірюючи довжину стола стрічкою із сантиметровими поділками, отримали  $l = 123$  см. Загальна максимально можлива похибка дорівнює ціні поділки стрічки, тобто  $\Delta l = 1$  см. Тому результат вимірювань записують так:  $l = 123$  см  $\pm 1$  см, або  $l = (123 \pm 1)$  см. Цифра 3 тут сумнівна, а цифри 1 і 2 – правильні.

При вимірюванні сили, якщо покажчик динамометра збігається зі штрихом шкали, тоді сила дорівнює  $(1,30 \pm 0,05)$  Н, а якщо збігу немає, то маємо  $(1,3 \pm 0,1)$  Н.

**2. Записувати результати прямих лабораторних вимірювань будемо з указівкою похибок, враховуючи два правила:**

1) похибку слід округлювати з надлишком до однієї значущої цифри.

Наприклад:  $0,16 \approx 0,2$ ;  $0,13 \approx 0,1$ ;  $0,23 \approx 0,2$ ;

2) числові значення результатів вимірювань братимемо такими, щоб їх остання цифра була в тому самому розряді, що й цифра похибки.

Наприклад:  $1,53 \pm 0,1 \approx 1,5 \pm 0,1$ ;  $13 \pm 0,3 \approx 13,0 \pm 0,3$ .



**3. Обчислюючи фізичні величини, користуватимемося правилами наближених обчислень:**

**1. Основне правило округлення.** Якщо остання цифра 5 або більша, то передостанню цифру збільшують на одиницю; якщо остання цифра менша від 5, то передостанню цифру залишають без зміни.

Наприклад:  $24,5 \approx 25$ ;  $24,4 \approx 24$ ;  $23,6 \approx 24$ ;  $1455 \approx 1500$ ;  $144 \approx 140$ .

**2. При додаванні і відніманні** наближених чисел в отриманому результаті потрібно відкидати (за основним правилом округлення цифр) ті розряди справа, у яких немає значущих цифр хоч би в одному з даних наближених чисел. Наприклад:  $3,14 + 20,1 + 4,828 = 28,068 \approx 28,1$ ;  
 $25000 - 3245 + 250 = 22005 \approx 22000$ .

**3. При множенні і діленні** наближених чисел в отриманому результаті потрібно зберігати стільки значущих цифр, скільки їх має наближене дане число з найменшою кількістю значущих цифр.

Наприклад:  $5,63 \cdot 0,4 = 2,252 \approx 2,3$ ;  $284 : 24 = 11,8333 \approx 12$ .

**4. При піднесенні до степеня** наближеного числа потрібно в результаті зберігати стільки значущих цифр, скільки їх має число, що підноситься до степеня. Наприклад:  $54^2 = 2916 \approx 2900$ .

**5. При обчисленні проміжних результатів** у них слід зберігати на одну цифру більше, ніж вимагають правила 2–5. Причому при обчисленні значущих цифр запасні цифри не враховуються. **В остаточному результаті** запасна цифра відкидається за основним правилом округлення. Для зручності запасну цифру можна підкреслювати, якщо це не призводить до плутанини. Наприклад:

$1,3 \cdot 3,145 : 0,3 \approx 10$ , бо  $1,3 \cdot 3,145 = 4,089 \approx 4,09$ ;

$4,09 : 0,3 = 13,6 \approx 14$ .

У результаті всі цифри, записані за правилами обчислення, окрім останньої, правильні, а остання може бути сумнівною.

**Максимальну похибку остаточного результату оцінюють у три одиниці останнього розряду.**

Наприклад, у результаті наближених обчислень ми отримали значення сили  $F = 0,66$  Н. Тоді три одиниці останнього розряду дорівнюють  $0,03$  Н. Тому результат вимірювань і обчислень записують так:  $F = (0,66 \pm 0,03)$  Н.

У 1960 р. Одинадцятьою генеральною конференцією з мір і ваги було прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин (СІ), щоб замінити існуючі на той час системи одиниць і спростити користування ними.

**Основними одиницями фізичних величин є 7 величин (табл. 1).**

**Основні фізичні величини**

*Таблиця 1*

Величина		Одиниця		
Назва	Позначення	Назва	Позначення	
			Українське	Міжнародне
Довжина	$L$	метр	м	m
Маса	$m$	кілограм	кг	kg

Продовження таблиці 1

Величина		Одиниця		
Назва	Позначення	Назва	Позначення	
			Українське	Міжнародне
Час	$t$	секунда	с	s
Сила струму	$I$	ампер	А	A
Температура	$T, t$	кельвін, градус Цельсія	К, °С	К, °С
Сила світла	$J$	кандела	кд	kd
Кількість речовини	$\nu$	моль	моль	mol

Крім основних одиниць, у фізиці використовують також кратні й частинні одиниці (табл. 2).

Таблиця 2

Одиниця	Префікс	Позначення	Множник
Трильйон	тера	Т	$10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$
Мільярд	гіга	Г	$10^9 = 1\,000\,000\,000$
Мільйон	мега	М	$10^6 = 1\,000\,000$
Тисяча	кіло	к	$10^3 = 1\,000$
Сто	гекто	г	$10^2 = 100$
Десять	дека	да	$10^1 = 10$
			$10^0 = 1$
Одна десята	деци	д	$10^{-1} = 0,1$
Одна сота	санти	с	$10^{-2} = 0,01$
Одна тисячна	мілі	м	$10^{-3} = 0,001$
Одна мільйонна	мікро	мк	$10^{-6} = 0,000001$
Одна мільярдна	нано	н	$10^{-9} = 0,000000001$
Одна трильйонна	піко	п	$10^{-12} = 0,000000000001$



**ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО**

1. Які умови методу підрахунку ви знаєте?
2. У чому полягають правила наближених обчислень?
3. Коли було прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин (SI)?
4. Які одиниці фізичних величин прийнято за основні?
5. Які ви знаєте кратні і частинні одиниці?



**Лабораторна робота № 2**

**Вимірювання об'єму твердих тіл,  
рідин і сипких матеріалів**

**Мета роботи:** навчитися вимірювати об'єм твердих тіл, рідин і сипких матеріалів.

**Прилади і матеріали:** тіло правильної форми, тіло неправильної форми, посудини різного об'єму, сипкі матеріали (пісок, горох, гречка тощо), лінійка з міліметровими поділками, мензурка, вимірювальний циліндр, мірна склянка (побутова).

## Хід роботи

1. Визначте ціну поділки шкали лінійки  $C_{л}$ , мензурки  $C_{м}$ , вимірювального циліндра  $C_{вц}$ .

2. Виміряйте лінійкою довжину, ширину і висоту тіла правильної форми. За формулою  $V = abc$  визначте його об'єм.

3. У мензурку або вимірювальний циліндр налейте води. Зафіксуйте її об'єм  $V_1$ . Візьміть тіло неправильної форми і занурте його повністю у воду. Зафіксуйте об'єм води з тілом неправильної форми  $V_2$ . Визначте об'єм зануреного тіла  $V = V_2 - V_1$ .

4. Налийте по черзі воду в кожен з посудин, а потім за допомогою мензурки (вимірювального циліндра) виміряйте їх об'єми:  $V_1, V_2, V_3$  і т. д.

5. У мензурку насипте піску (гречки, гороху). Налийте в мензурку з піском (гречкою, горохом) воду так, щоб вона повністю його покрила. Зафіксуйте об'єм води з піском (гречкою, горохом)  $V_2$ . Обережно злийте воду у вимірювальний циліндр, виміряйте її об'єм  $V_1$ . Визначте об'єм піску (гречки, гороху)  $V = V_2 - V_1$ .

6. Усі результати вимірювання запишіть у вигляді  $V = (V_0 \pm \Delta V)$ .

7. Розгляньте мірну склянку (побутову). З'ясуйте, які шкали на ній нанесено. Об'єм яких речовин можна виміряти за її допомогою?



### Для допитливих

1. За допомогою виготовленої вами мензурки виміряйте об'єм невеликої картоплини.
2. Визначте за допомогою виготовленої вами мензурки, скільки води вміщує чайна ложка, невеличка каструля.



### Це цікаво знати

У різних літературних творах нам трапляються ті чи інші одиниці об'єму. Пінта, кварта, галон, бушель, чверть, штоф, шкалик, пляшка... Що вони означають? Перші чотири міри використовуються в англійських країнах, останні існували в Росії до введення метричної системи мір. 1 бочка (491,96 л) дорівнювала 40 відром (12,299 л – 1 відро). 1 відро ділилось на 4 чверті (3,0748 л), або на 10 штофів (1,2299 л), або на 100 чарок (0,12299 л), або на 200 шкаликів (0,0615 л).

Між англійськими мірами також існують відповідні співвідношення. Наприклад, 1 кварта = 1/4 галона = 2 пінти. Але в Англії і США однакові за назвою одиниці об'єму мають різні значення: англійський галон дорівнює 4,54609 л, американський галон для рідин – 3,78543 л, а для сипких речовин – 4,405 л, британський бушель дорівнює 36,3687 л, а американський – 35,2393 л.



## Лабораторна робота № 3

### Вимірювання розмірів малих тіл різними способами

**Мета роботи:** навчитися за допомогою лінійки вимірювати розміри малих тіл.

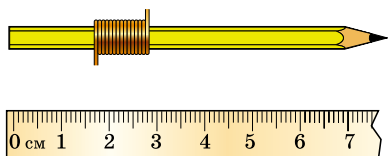
**Прилади і матеріали:** лінійка з міліметровими поділками, мідний дріт, 10–20 горошин (для кожного учня), набір сердечників для трансформатора.

#### Хід роботи

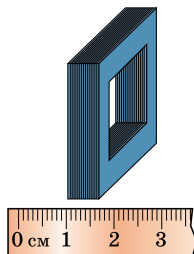
1. Визначте ціну поділки шкали лінійки  $C_{л}$ .

2. Намотайте на олівець  $n$  (10–20) витків мідного дроту (мал. 15). Виміряйте лінійкою ширину намотаних витків  $l$ . Визначте діаметр дротини

$d = \frac{l}{n}$ . Результати вимірювання запишіть у вигляді  $d = (d_0 \pm \Delta d)$ .



Мал. 15



Мал. 16

3. Покладіть до лінійки щільно в ряд  $n$  (15–20) горошин і виміряйте його довжину  $l$ . Визначте діаметр однієї горошини  $d = \frac{l}{n}$ . Результати вимірювання запишіть у вигляді  $d = (d_0 \pm \Delta d)$ .

4. Виміряйте товщину пластини сердечника трансформатора  $b$  (мал. 16). Результати вимірювання запишіть у вигляді  $b = (b_0 \pm \Delta b)$ .

5. Як можна підвищити точність вимірювання лінійкою діаметра тонкої дротини? Товщини тонких пластин?



#### Для допитливих

1. Виміряйте за допомогою лінійки товщину нитки.

2. Виміряйте діаметр швацької голки, скориставшись ниткою та лінійкою.

3. Визначте, скільки кристаликів цукру вміщується в чайній ложці (вважати, що кристалик цукру має форму куба).

## § 6. РОЗВИТОК ВЧЕННЯ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

**Д**авні греки активно цікавилися будовою навколишнього світу. У вченнях старогрецьких філософів **Левкіпа** (бл. 500–440 рр. до н. е.) та **Демокріта** (460–370 рр. до н. е.) і грецьких філософів **Епікура** (341–270 рр.



Левкіп



Демокріт і Геракліт



Епікур



Лукрецій Кар

до н. е.), **Тита Лукреція Кара** (96–55 рр. до н. е.) було висловлено перші здогадки про внутрішню будову тіл. Вони дійшли висновку про неможливість безмежного поділу речовини, оскільки в кінцевому результаті отримуємо неподільні частинки.

Найповніше це вчення опрацював Демокріт. Спостерігаючи різні явища навколишнього світу, учений намагався дати їм пояснення. Вода перетворюється на невидиму пару і ніби зникає. *Як це можна пояснити?* Або чому, наприклад, ми сприймаємо аромати різних квітів на значних відстанях? Розмірковуючи над подібними запитаннями, філософ дійшов висновку, що тіла лише здаються нам суцільними, насправді ж вони складаються з найдрібніших частинок, таких малих, що побачити їх неможливо. Аналогічно до того, як з великої відстані суцільною здається нам купа піску і, лише підійшовши ближче, ми переконуємося, що вона складається з великої кількості дрібних піщинок.

Одного разу Демокріт замислився про внутрішню будову тіл, тримаючи в руках яблуко. Учений міркував так. Яблуко можна розрізати навпіл, потім ще раз навпіл і т. д. Нарешті настане момент, коли, на думку філософа, подальший поділ виявиться неможливим: утворюються вже неподільні частинки.

Цікаво, скільки разів Демокрітові довелося б різати навпіл яблуко, діаметр якого 10 см, щоб перед філософом лежали вже неподільні частинки? На сьогодні ми можемо підрахувати, що коли Демокріт ділив би яблуко не подумки, а насправді, то довелося б різати його навпіл дев'яносто разів. Звичайно, що ніяке лезо не допомогло б Демокрітові та й не побачив би він цієї неподільної частинки. Мабуть, звідси походить термін «**атом**» (у перекладі із грец. *atomos* – неподільний).

Про атомну будову тіл Демокріт писав, що «все складається з атомів, а речі відрізняються атомами, з яких вони складаються, їх порядком і положенням».

У той самий час в античній Греції вчення Демокріта про атомну будову речовини не було панівним. Сучасник Демокріта Анаксагор, який жив у V ст. до н. е., вважав, що межі подільності тіл не існує. Подібних поглядів дотримувався і видатний натураліст та філософ Арістотель. Згідно з ученням Арістотеля, усе в природі є поєднанням чотирьох основних якостей – начал: тепла, холоду, сухості й вологості. Поєднанням різної кількості цих чотирьох елементів пояснювалися властивості всіх тіл природи. Властивості живих тіл Арістотель пояснював їх прагненням до виконання певної мети.



Джордано  
Бруно



П'єр  
Гассенді



Роберт Бойль



Михайло  
Ломоносов

В епоху Середньовіччя вчення про атоми забули надовго. Одним з перших за відродження ідей античних атомістів виступив італійський учений **Джордано Бруно** (1548–1600), котрого за передові наукові дослідження було спалено на вогнищі в 1600 р. як еретика. Однак усі нищівні переслідування і страти не змогли зупинити поступального розвитку науки.

Інший італієць – **Галілео Галілей** – відроджує філософію Демокріта, а в 1647 р. виходить у світ книжка філософа **П'єра Гассенді** (1592–1655). Автор писав, що «всі речовини у світі складаються з неподільних частинок – **атомів**. Атоми відрізняються один від одного формою, величиною і вагою. Вони можуть бути кутасті, кулеподібні, є атоми із загостреннями, є й гладенькі...».

У тілах різні атоми об'єднуються у групи, які Гассенді назвав **молекулами** (дослівно перекладається з латинської мови як «маленька маса»). Молекули відрізняються одна від одної кількістю атомів, з яких вони складаються, і «сортом» цих атомів.

Палким прихильником атомістичного вчення був англійський фізик **Роберт Бойль** (1627–1691). Його співвітчизник **Ісаак Ньютон** вважав, що всі тіла складаються з «міцних, непроникних, рухомих частинок, які мають масу». Російський учений **Михайло Ломоносов** (1711–1765) не лише визнавав справедливості атомної будови оточуючих тіл, але й використовував вчення про атоми для пояснення різних властивостей і перетворень речовини.

У 1803 р. англійський фізик і хімік **Джон Дальтон** (1766–1844) дійшов висновку, що факти, які відкривалися новою на той час наукою хімією (наприклад, чим пояснити здатність елементів вступати у сполуки один з одним у певних пропорціях), найлегше пояснити, припустивши, що всі хімічні елементи побудовані з найменших неподільних частинок – **атомів**.

Подальшим кроком уперед атомістична теорія зобов'язана італійському фізику **Амадео Авогадро** (1776–1856), який у 1811 р. ввів у науку **поняття про молекулу як найменшу частинку речовини**, що здатна до самостійного існування і яку не можна поділити за допомогою хімічних засобів. А в 1860 р. у німецькому

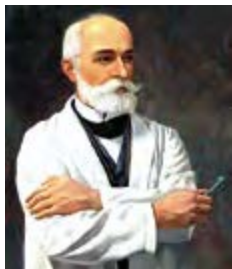


Джон Дальтон



Амадео Авогадро





Анрі Беккерель

місті Карлсруе на Першому міжнародному з'їзді хіміків було прийнято визначення **атома як найменшої частинки хімічного елемента**.

Досі ми говорили про атом як найменшу неподільну частинку хімічного елемента. Однак у 1896 р. було встановлено, що атоми... не такі вже й неподільні. Французький фізик **Анрі Беккерель (1852–1908)** відкрив явище, у процесі якого з'ясувалося, що атоми можуть самовільно розпадатися на частинки, що мають значно менші розміри. Але про це ви дізнаєтеся пізніше.



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Яке походження слова «атом»?
2. Хто з учених стояв біля витоків учення про будову речовини?
3. Хто вперше ввів поняття «молекула»?

## § 7. БУДОВА РЕЧОВИНИ

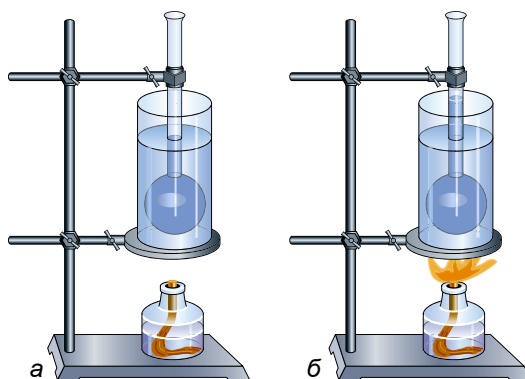
**Л**юдину здавна цікавило: чому, наприклад, вода, нагріваючись, може перетворюватися в пару, а охолоджуючись, – у лід; чому дим зникає в повітрі; чому вода розтікається, коли її розливають на підлогу, а на гарячій сковорідці вона збирається в краплі; чому фарба розчиняється у воді, а олія – ні; чому повітря легко стиснути, у той час як вода стискується досить важко; чому змінюються фізичні властивості тіл під час їх нагрівання тощо?

На всі ці та інші запитання можна відповісти, вивчивши внутрішню будову речовини. Знання про будову речовини дають змогу не тільки пояснювати багато фізичних явищ, вони допомагають передбачати, як відбуватиметься явище, що потрібно зробити, щоб його прискорити або вповільнити, тобто допомагають керувати явищами.

Вивчивши будову тіл, можна пояснити їх властивості, а також створити нові речовини з потрібними властивостями – тверді та міцні сплави, жаротривкі матеріали, пластмаси, штучний каучук, капрон, лавсан тощо. Усі ці матеріали знайшли широке використання в техніці, медицині, побуті.



Мал. 17



Мал. 18

Про будову речовини можна дізнатися з деяких явищ й дослідів.

Якщо стиснути руками м'яч, то об'єм повітря, що заповнює м'яч, зменшиться. Приклавши зусилля, можна зменшити і об'єм шматка гуми, воску. Але зміна об'єму відбувається не тільки через механічну дію на тіло.

**Дослід 1.** Сталеву кульку пропустимо через кільце. У холодному стані вона вільно проходить через кільце (мал. 17, а). Нагріємо кульку в полум'ї газового пальника або спиртівки (мал. 17, б). Після нагрівання кулька розширюється і застряє в кільці (мал. 17, в). Охолонувши, кулька стискається і знову проходить крізь кільце.

**Дослід 2.** Візьмемо колбу, наповнимо її водою і помістимо в посудину з водою (мал. 18, а). Будемо за допомогою спиртівки нагрівати посудину з водою (мал. 18, б). Рівень води в колбі при нагріванні буде підвищуватися. Припинимо нагрівати воду, рівень води в колбі через певний час займе попереднє положення. Отже, досліді показують, що об'єм тіла може змінюватися: зменшуватися або збільшуватися.

При нагріванні розширюються не тільки тверді тіла, але й рідини.

Чим можна пояснити здатність тіл змінювати свій об'єм?

Пояснюється це тим, що **речовини складаються з окремих частинок, між якими є проміжки**. Коли ці частинки віддаляються одна від одної, то об'єм тіла збільшується. При наближенні частинок об'єм тіла зменшується.

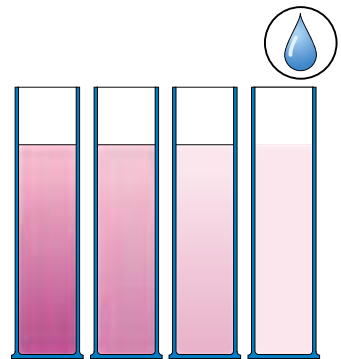
Як уже зазначалося, гіпотеза про те, що всі речовини складаються з найдрібніших частинок, була висловлена давньогрецькими вченими. Вони обґрунтовували її тим, що поширення аромату, випаровування рідин, поступове зменшення об'єму каменя під дією хвиль пояснюються відокремленням від тіл найдрібніших частинок.

*Чому ж тоді всі речовини – вода, сталь, дерево – здаються нам суцільними?* Річ у тім, що частинки, з яких складаються речовини, надзвичайно малі й розташовані на дуже малих відстанях одна від одної. Уявлення про розміри цих частинок дає такий дослід.

**Дослід 3.** Кристалики марганцевокислого калію (марганцівки) розчинимо у воді, налитій у вимірювальний циліндр (мал. 19). Потім трохи забарвленої води помістимо в інший вимірювальний циліндр і додамо в нього чистої води. У другому циліндрі розчин забарвлений слабкіше, ніж у першому. З другого віділлємо трохи розчину в третій циліндр і знову доллемо в нього чистої води. Так будемо продовжувати доти, доки розчин стане зовсім світлим.

Розглянувши цей розчин, побачимо, що він хоч і ледь-ледь, але рівномірно забарвлений. Отже, у кожній його краплині містяться частинки марганцевокислого калію. Адже у воді розчинили його дуже маленькі кристалики, і лише частина їх потрапила в останній розчин. Отже, кристалик складався з дуже великої кількості частинок, розміри яких надзвичайно малі.

Ці й багато інших явищ і дослідів підтверджують гіпотезу про те, що всі тіла складаються з дуже маленьких частинок. Що ж це за частинки? Про це дізнається в наступному параграфі.



Мал. 19



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Для чого потрібно знати будову речовини?
2. Які ви знаєте матеріали, створені людиною?
3. Чим пояснюється здатність тіл змінювати свій об'єм?
4. Які явища показують, що тіла складаються з найдрібніших частинок, між якими є проміжки?
5. Чому, незважаючи на складну будову, усі речовини нам здаються суцільними?

## § 8. МОЛЕКУЛИ

**Г**іпотеза про те, що всі речовини складаються з окремих найдрібніших частинок, з'явилася дуже давно, більше двох тисяч років тому. Але лише на межі ХІХ–ХХ ст. було встановлено, які це частинки і які властивості вони мають.

**Частинки, з яких складаються речовини, називають молекулами.**

Наприклад, найменша частинка води – це молекула води, найменша частинка цукру – це молекула цукру тощо.

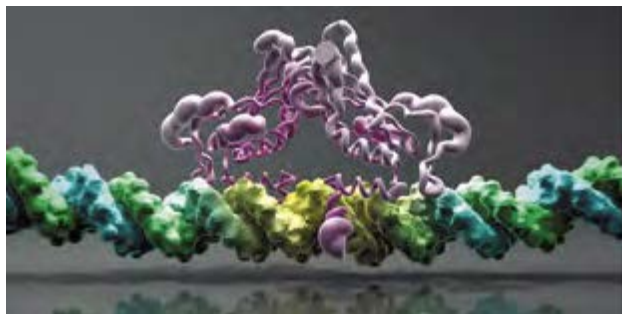
*Які розміри молекул?*

Відомо, що шматок цукру можна розтовкти на дуже маленькі кристалики, зерно пшениці можна розмолоти на борошно. Крапля олії, розтікаючись по поверхні води, може утворити плівку, товщина якої в десятки тисяч разів менша від діаметра волосини людини. Але в крупинці борошна і в товщі олійної плівки міститься не одна, а багато молекул. Отже, розміри молекул цих речовин ще менші, ніж розміри крупинки борошна і товщина плівки.

Можна зробити таке порівняння: молекула в стільки разів менша від яблука середнього розміру, у скільки разів яблуко менше від земної кулі. Якби розміри всіх тіл збільшити в мільйон разів (при цьому товщина пальця людини дорівнювала б 10 км), то молекула мала б розміри, що становлять половину крапки друкарського шрифту цього підручника.

Молекули не можна побачити неозброєним оком. Вони настільки малі, що їх неможливо розгледіти навіть у мікроскоп, що дає 1000-кратне збільшення.

Біологи знають мікроорганізми (наприклад, бактерії), що мають розміри до 0,001 мм. Молекули ж у сотні й тисячі разів менші. На малюнку 20 зображено молекулу РНК, а на малюнку 21 – молекулу вірусу.



Мал. 20



Мал. 21

Для визначення розмірів молекул було проведено різні досліди.

**Дослід.** У чисту велику посудину наллємо воду і на її поверхню за допомогою піпетки капнемо краплину стеаринової олії. Олія починає розтікатися по поверхні води, утворюючи плівку. У міру розтікання олії товщина плівки стає дедалі меншою. Через деякий час розтікання припиняється.

Якщо припустити, що це відбувається через те, що всі молекули олії опинилися на поверхні води (утворюючи плівку завтовшки в одну молекулу), то, щоб знайти діаметр молекули, досить визначити товщину утвореної плівки.

Товщину плівки  $d$  визначимо із співвідношення:  $d = \frac{V}{S}$ .

Об'єм плівки – це об'єм поміщеної на поверхню води краплини. Його виміряли за допомогою піпетки  $V = 0,0009 \text{ см}^3$ , а площа плівки, що утворилася з краплини, –  $S = 5500 \text{ см}^2$ . Підставивши ці значення у формулу, ми отримали  $d = 0,00000016 \text{ см} = 0,00000000016 \text{ м}$ .

Цим числом і визначається приблизний розмір молекули стеаринової олії.

Оскільки молекули дуже малі, то в кожному тілі їх міститься величезна кількість. Щоб створити уявлення про їх число, наведемо приклад: якщо дитячу гумову кульку, наповнену воднем, проколоти так, щоб з неї щосекунди виходило мільйон молекул, то для вильоту всіх молекул з кульки знадобиться 30 мільярдів років! І це при тому, що маса водню, який наповнював кульку, становила б усього 3 г.



### Це цікаво знати

Англійський фізик **Майкл Фарадей** (1791–1864) для визначення розмірів молекул розплющував шматочки золота на такі тоненькі пластинки, що їх товщину було неможливо виміряти безпосередньо. Можна було лише обчислити її, знаючи об'єм шматочка золота і площу пластинки. Приймавши наближено товщину шматочка за діаметр молекули, Фарадей встановив, що цей діаметр повинен становити не більше ніж кілька мільйонних часток міліметра. Набагато точніший метод визначення розмірів молекул запропонували одночасно й незалежно один від одного два відомих фізики-експериментатори – німецький учений **Вільгельм Рентген** (1845–1923) і англійський учений **Джон Релей** (1842–1919). Учені дослідно встановили, що олія розпливається по поверхні



Майкл  
Фарадей



Вільгельм  
Рентген



Джон Релей

чистої води дуже тонкою невидимою плівкою. Тільки-но вся вільна поверхня води вкриється такою плівкою, надлишок олії утворює на воді олійні крапельки (їх завжди можна побачити на поверхні бульйону). Рентген і Релей товщину цих тоненьких плівок брали за діаметр молекули.

Проведені Рентгеном і Релеєм досліді показали, що олія може утворювати плівку товщиною  $10^{-8}$  см.



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Як називають частинки, з яких складаються речовини?
2. Опишіть дослід, за допомогою якого можна визначити розмір молекули.

## § 9. АТОМИ. ЯДЕРНА МОДЕЛЬ АТОМА. ЙОНИ

**Х**оча молекули й дуже маленькі частинки, але й вони діляться. Частинки, з яких складаються молекули, називають **атомами**.

**Атом – це найдрібніша частинка речовини.**

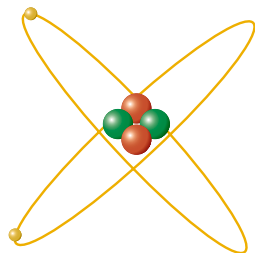
Вирішальну роль у розкритті будови атома відіграли досліді, які провів у 1911 р. основоположник ядерної фізики **Ернест Резерфорд** (1871–1937). Він пропускав випромінювання радіоактивних елементів через золоту фольгу. За характером розсіювання альфа-частинок Резерфорд установив, що атом в основному порожній: у центрі його знаходиться дуже маленьке і дуже густе позитивно заряджене **ядро**, а ззовні – **електрони**. На малюнках 22 і 23 зображено моделі атомів Гелію і Карбону.

У центрі атома знаходиться ядро, а навколо ядра рухаються електрони.

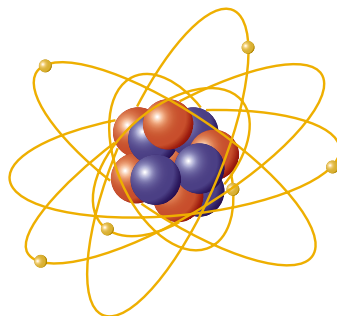
Якщо атом втрачає електрон або кілька електронів, то такий атом називають **позитивним йоном**. Відповідно атом, який приєднав до себе один або кілька електронів, називають **негативним йоном**.



Ернест Резерфорд



Мал. 22

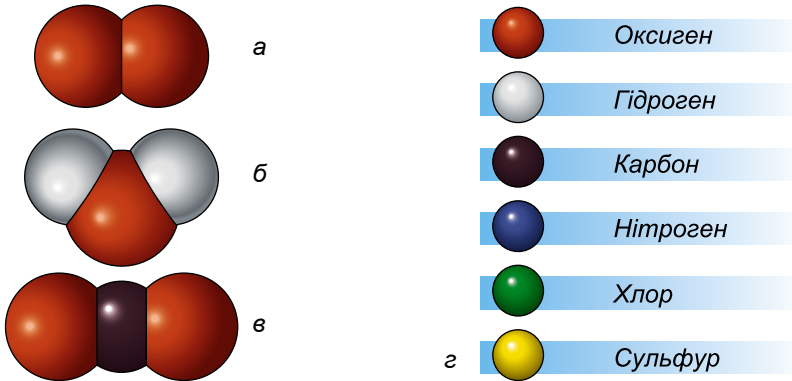


Мал. 23

Виявилось, що, порівняно з розмірами самого атома ( $\sim 10^{-10}$  м), ядро дуже мале ( $\sim 10^{-14}$  м). Щоб уявити це, варто розглянути таку модель: ядро атома – це кулька, діаметр якої 1 мм (діаметр головки шпильки), тоді атом – це куля, діаметр якої 10 м (висота триповерхового будинку).

Фізики й хіміки зображають атоми речовини у вигляді кольорових кульок (мал. 24, *г*). Якщо кілька атомів об'єднуються в одне ціле, вони утворюють найдрібнішу частинку нової, уже складної речовини – молекулу.

Усі атоми однієї і тієї самої речовини однакові. Залізо, мідь, золото – прості речовини. Отже, метали складаються з атомів, тобто вони мають атомну будову.



Мал. 24

**Чисті речовини складаються з однакових атомів. Атоми однієї речовини однакові, а різних речовин – різні.**

Більшість рідин і газів складається з молекул, тому кажуть, що вони мають молекулярну будову. Наприклад, молекула Оксигену складається з двох атомів Оксигену (мал. 24, *а*), молекула води – з двох атомів Гідрогену і одного атома Оксигену (мал. 24, *б*), молекула вуглекислого газу – з атома Карбону і двох атомів Оксигену (мал. 24, *в*).

Дослідами встановлено, що лінійні розміри всіх атомів приблизно однакові. Атом Гідрогену має діаметр  $10^{-10}$  м, і він є найменшим з атомів. Розміри атома Ауруму становлять  $2,7 \cdot 10^{-10}$  м. Потрібно покласти в ряд 50 000 атомів Ауруму, щоб отримати розміри волосини. Розміри молекул залежать від того, з яких атомів вони складаються.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Як називають частинки, з яких складаються молекули?
2. Яка будова атома?
3. Що таке йон?
4. З яких атомів складається молекула води?



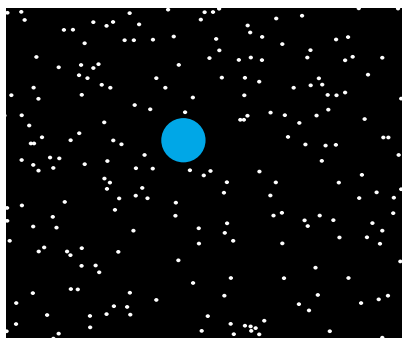
## § 10. РУХ І ВЗАЄМОДІЯ МОЛЕКУЛ

**Д**о основних дослідних доказів того, що молекули рухаються, належить явище, яке першим спостерігав у 1827 р. англійський ботанік **Роберт Броун** (1773–1858), розглядаючи в мікроскоп спори рослин, що перебувають у рідині. Тому **рух дуже дрібних твердих частинок у рідині** (мал. 25) і називають **броунівським рухом**.

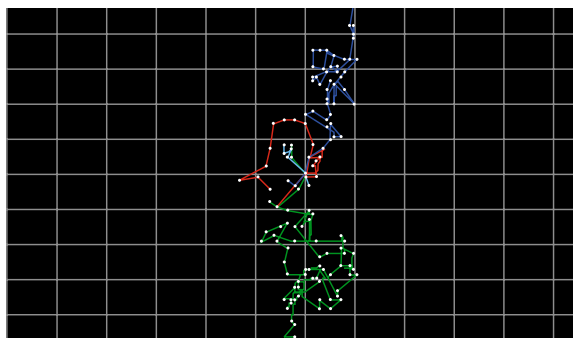


Роберт Броун

**Спостереження 1.** Броунівський рух ніколи не припиняється. У краплі води (якщо не дати їй висохнути) рух частинок можна спостерігати протягом багатьох днів, місяців, років. Він не припиняється ані влітку, ані взимку, ані вдень, ані вночі. На малюнку 26 зображено траєкторію рух трьох частинок, завислих у рідині.



Мал. 25



Мал. 26

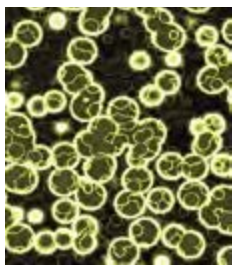


Жан Перрен

Причиною броунівського руху є безперервний рух молекул тієї рідини, у якій знаходяться частинки тіла. **Жану Перрену** (1870–1942) вдалося за допомогою центрифуги виділити з молочного соку рослин достатню для експериментів кількість однорідних частинок жовтуватої речовини гумігуту і спостерігати броунівський рух (мал. 27).

Звичайно, ці частинки в багато разів більші за самі молекули, і коли ми бачимо під мікроскопом їх рух, не слід думати, що ми бачимо рух самих молекул. Молекули не можна побачити у звичайний мікроскоп, але можна робити висновки про їх існування і рух за тими поштовхами, яких вони завдають крупинкам фарби, примушуючи їх рухатися.

Відкриття броунівського руху мало велике значення для вивчення будови речовини. Воно показало, що **тіла справді складаються з окремих частинок – молекул і що молекули перебувають у безперервному безладному русі**.



Мал. 27

**Спостереження 2.** Якщо ви зайдете у ванну кімнату, одразу відчуєте аромати різних парфумів, кремів, мила тощо (мал. 28).



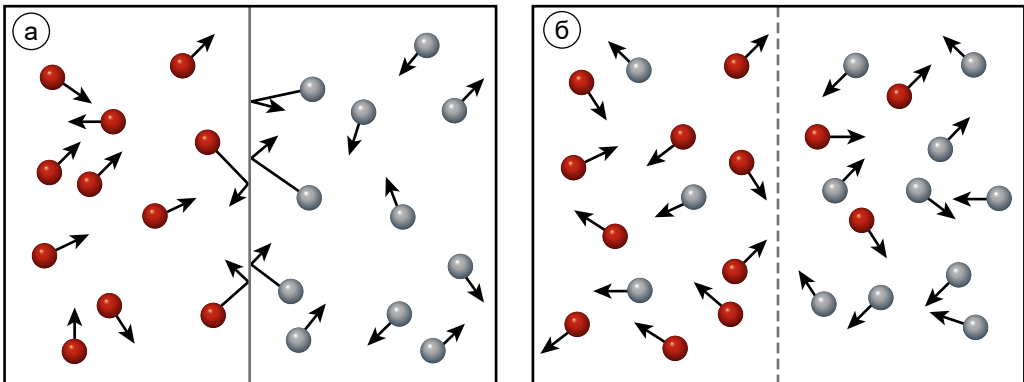
Мал. 28

Якщо розлити який-небудь парфум, то його аромат через деякий час пошириться по всій квартирі. Це означає, що молекули парфумів проникли скрізь. Отже, вони рухаються, стикаючись з молекулами газів, що входять до складу повітря, багато разів змінюють напрям свого руху і, безладно переміщуючись, розлітаються по кімнаті. Поширення аромату – свідчення цього.

Те, що молекули всіх тіл безперервно і безладно рухаються, підтверджується й дослідами.

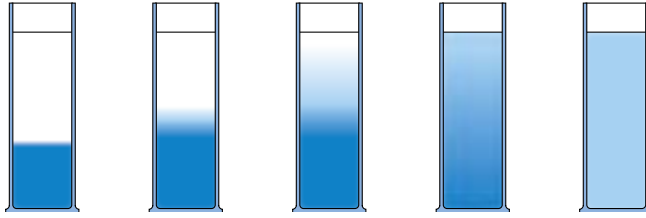
**Дослід 1.** У посудині містяться два гази, розділені непроникною перегородкою (мал. 29). Молекули газів безладно і хаотично рухаються, стикаючись одна з одною (мал. 29, а). Якщо перегородку забрати, то молекули газів змішаються, тобто гази проникнуть один в одного (мал. 29, б).

**Дослід 2.** У скляну посудину наллємо водного розчину мідного купоросу (сульфату міді). Цей розчин має темно-блакитний колір, він важчий за воду. Поверх розчину в посудину дуже обережно, щоб не змішати рідини, наливаемо чистої води. На початку досліду бачимо чітку межу між водою і розчином



Мал. 29

мідного купоросу. Якщо посудину залишити у спокої і спостерігати за межею поділу рідин, то через кілька днів спостерігатимемо, що межа поділу розпливлася. Через кілька тижнів ця межа зникне. У посудині утвориться однорідна рідина блідо-блакитного кольору (мал. 30). Отже, рідини змішалися.



Мал. 30

**Взаємне проникнення речовин одна в одну при безпосередньому стиканні, зумовлене безладним рухом частинок речовини, називають дифузією** (у перекладі з лат. означає *розтікання, поширення*).

Явище дифузії пояснюється так. Спочатку міняються місцями внаслідок свого руху окремі молекули води й мідного купоросу, які містяться біля межі поділу цих рідин. Межа поділу рідин стає розпливчастою, тому що молекули мідного купоросу потрапляють у нижній шар води, і навпаки, молекули води – у верхній шар розчину мідного купоросу. Потім частина цих молекул міняється місцями з молекулами, які є в наступних шарах. Межа поділу рідин стає ще розпливчастішою. Оскільки **молекули рухаються безперервно і безладно**, то цей процес приводить до того, що вся рідина в посудині стає однорідною.

Дослід показав, що в рідинах дифузія відбувається повільніше, ніж у газах. Пояснюється це тим, що відстані між молекулами в рідинах значно менші, ніж у газах.

Дифузія відбувається і у твердих тілах, але дуже повільно.

**Історичний дослід.** Гладенько відшліфовані свинцеву й золоту пластинки поклали одна на одну і стиснули тягарем. Ці пластинки зберігалися за температури близько 20 °С 5 років. За цей час золото і свинець проникли одне в одне на відстань близько 1 мм.



Мал. 31

Дифузія має велике значення в житті людини і тварин. Так, наприклад, кисень з навколишнього середовища внаслідок дифузії проникає всередину організму через шкіру та легені людини (мал. 31).

Поживні речовини завдяки дифузії проникають з кишечника у кров.

Дифузія відбувається і під час паяння металевих деталей.

**Спостереження 3.** Якщо спостерігати дифузію рідин у двох посудинах, одну з яких на початку досліду поставили в холодне місце, а другу – в тепле, то можна встановити, що **дифузія відбувається**

**швидше за вищої температури.** Це означає, що швидкість руху молекул і температура тіла пов'язані між собою. Наприклад, цукор і сіль швидше розчиняються в гарячій воді, ніж у холодній.

Тепла вода складається з таких самих молекул, що й холодна. Відмінність між ними полягає в тому, що молекули теплої води рухаються швидше від молекул холодної.

Як бачимо, тверді тіла й рідини не розпадаються на окремі молекули, незважаючи на те, що молекули відокремлені проміжками й перебувають у безперервному безладному русі.

Тіла не тільки не розпадаються на окремі молекули, але, наприклад, тверде тіло навіть важко розтягти або розламати. Чим же пояснити, що молекули в тілах не тільки втримуються одна біля одної, а й у деяких випадках проміжки між ними важко збільшити? Річ у тому, що між молекулами існує взаємне притягання. Кожна молекула притягає до себе сусідні молекули й сама притягається до них.

Однак якщо ми розламаємо грудочку крейди на дві частини і знову складемо їх, то вони не втримуватимуться одна біля одної. Чому?

Притягання між молекулами стає помітним лише на відстанях, що трохи більші за розміри самих молекул. На відстанях, що набагато більші за розміри молекул, притягання між молекулами значно слабшає. Дуже малої щільності між частинками крейди (менше від 0,000 001 см) уже досить, щоб притягання між молекулами значно зменшилося.

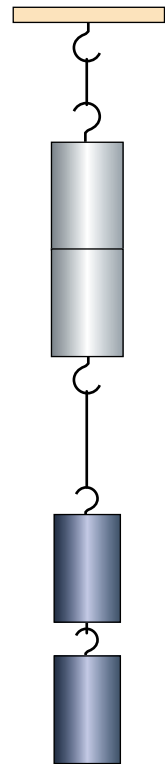
**Дослід 3.** Візьмемо два свинцевих циліндри, добре відполіруємо їхні торці і з'єднаємо їх між собою так, як показано на малюнку 32. Циліндри злипаються так, що не розриваються навіть при порівняно великому навантаженні.

Шматочки розбитого скла не злипаються один з одним тому, що вони дотикаються лише в деяких точках і молекули не зближуються на відстань, достатню для їх притягання. Та коли краї їх нагріті так, що вони почнуть плавитися, то їх можна міцно з'єднати.

На цьому ґрунтується зварювання металів, а також паяння і склеювання.

**Отже, між молекулами існує взаємне притягання. Це притягання помітно проявляється лише на відстанях, які порівнянні з розмірами самих молекул.**

Але тоді виникає запитання: чому існують проміжки між молекулами? Здавалося б, молекули повинні притягнутися одна до одної і «злипнутися». Цього не буває тому, що між молекулами одночасно з притяганням існує й відштовхування. При зближенні молекул до відстаней, порівнянних з розміром самих молекул, помітніше проявляється притягання, а при дальшому зближенні починає більше проявлятися відштовхування. Що відштовхування існує, видно з багатьох явищ, наприклад стиснуті тіла випрямляються тому, що при стисканні ми так зближуємо молекули, що вони відштовхуються одна від одної.



Мал. 32



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Який рух називають броунівським? Що він доводить?
2. Що таке дифузія? Де вона відбувається?
3. Як відбувається дифузія при вищій і нижчій температурах?
4. За яких умов притягання між молекулами помітне?
5. Які явища свідчать про те, що молекули не тільки притягуються одна до одної, а й відштовхуються?

## § 11. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЧЕННЯ ПРО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

**У**раховуючи розглянуте в § 10, можна сформулювати такі основні положення атомно-молекулярного вчення про будову речовини:

1. Усі тіла складаються із частинок (молекул, атомів).
2. Частинки всіх тіл безперервно і хаотично (безладно) рухаються.
3. Між частинками тіл існує взаємне притягання і відштовхування.

Спостереження і досліди показують, які властивості мають тверді тіла, рідини й гази. Знання про будову речовини допоможуть пояснити ці властивості.

Наприклад, лід, вода і водяна пара – три стани тієї самої речовини – води. Отже, молекули льоду, води й водяної пари не відрізняються одна від одної. Таким чином, ці три стани відрізняються не молекулами, а тим, як молекули розміщені і як рухаються. Як саме розміщені і як рухаються молекули газу, рідини і твердого тіла?

Газ можна стиснути так, що його об'єм зменшиться в кілька разів. Отже, у газах відстані між молекулами значно більші за розміри самих молекул. У середньому відстані між молекулами газів у десятки разів більші за розміри молекул. На таких відстанях молекули надто слабо притягуються одна до одної. Саме тому гази не мають власної форми й сталого об'єму. Не можна наповнити газом, наприклад, половину пляшки або склянки, тому що, рухаючися в усіх напрямках і майже не притягуючись одна до одної, молекули газу швидко заповнюють усю посудину.

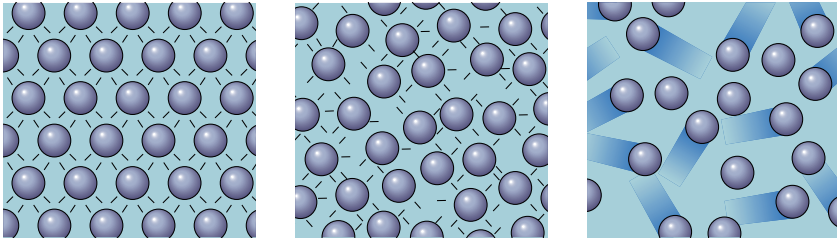
Властивості рідин пояснюються тим, що проміжки між їхніми молекулами малі: молекули в рідинах розташовані так щільно, що відстань між кожними двома молекулами менша від розмірів самої молекули. На таких відстанях взаємне притягання молекул уже значне. Тому молекули рідини не розходяться на великі відстані й рідина за звичайних умов зберігає свій об'єм. Проте притягання молекул рідин ще не таке велике, щоб рідина зберігала свою форму. Цим пояснюється, що рідини набирають форми посудини і їх легко розбризкати та перелити в іншу посудину.

Стискаючи рідину, ми так зближуємо її молекули, що вони починають відштовхуватись. Ось чому рідину важко стиснути.

Тверді тіла за звичайних умов зберігають і об'єм, і форму. Це пояснюється тим, що притягання між їх частинками ще більше, ніж у рідин.

Деякі з твердих тіл, наприклад сніжинки, мають природну правильну і красиву форму. Частинки (молекули або атоми) більшості твердих тіл, таких





Мал. 33

як лід, сіль, нафталін, метали, розміщені в певному порядку. Хоч частинки цих тіл і перебувають у русі, але **кожна з них рухається навколо певної точки подібно до маятників годинників**. Частинка не може переміститися далеко від цієї точки, тому тверде тіло зберігає свою форму.

На малюнку 33 показано розміщення молекул однієї і тієї самої речовини у твердому, рідкому і газуватому станах. Одним з основоположників учення про атомно-молекулярну будову речовини був видатний учений **Михайло Ломоносов**. Ось як уявляв він будову газів: «Частинки газу стикаються з іншими, сусідніми, відскакують одна від одної і знову стикаються з іншими, ближчими, знову відскакують так, що намагаються розсіпатися на всі боки, постійно відштовхуються одна від одної такими дуже частими взаємними ударами».



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Сформулюйте основні положення атомно-молекулярного вчення про будову речовини.
2. Чи є відмінність між молекулами льоду, води й водяної пари?
3. Як розміщені молекули газів?
4. Чому гази заповнюють усю посудину, у якій знаходяться?
5. Чим пояснюється дуже мала стисливість рідин? Чому вони не зберігають своєї форми?
6. Чому тверді тіла зберігають свої форму й об'єм?

## § 12. ВИДАТНІ ВЧЕНІ-ФІЗИКИ. ВНЕСОК УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ У РОЗВИТОК І СТАНОВЛЕННЯ ФІЗИКИ

**О**сновоположні фізичні теорії завжди були в центрі уваги видатних учених різних епох. Грецький філософ Демокріт ще в V ст. до н. е. висунув ідею про те, що всі тіла складаються з найдрібніших частинок.

Будову речовини вивчали російський учений **Михайло Ломоносов**, англійський фізик **Джеймс Максвелл** (1831–1879), австрійський фізик **Людвіг Больцман** (1844–1906) та ін.

Творцем механіки став видатний англійський учений **Ісаак Ньютон**.

У 30-ті роки XX ст. в Україні активізувалися дослідження в багатьох галузях фізики, зокрема



Джеймс Максвелл





Людвіг  
Больцман



Антон  
Вальтер



Георгій  
Латишев



Олександр  
Лейпунський

в Харківському фізико-технічному інституті (лідер ядерних досліджень в Україні). **Антон Вальтер** (1905–1965) вивчав питання з фізики діелектриків і напівпровідників, фізики атомного ядра, техніки високих напруг і техніки вакууму, прискорювальної техніки. **Георгій Латишев** (1907–1973) проводив дослідження в галузі ядерної фізики. **Олександр Лейпунський** (1903–1972) досліджував проблеми атомної та ядерної фізики, ядерної техніки. Академік НАН України **Кирило Синельников** (1901–1966) очолював дослідні роботи з керованих термоядерних реакцій. Створив наукову школу фізиків-ядерників. Ці четверо вчених здійснили першу в нашій країні штучну ядерну реакцію (1932 р.).

Винахідник, творець дугового електрозварювання **Микола Бенардос** (1842–1905) сконструював автомати для зварювання вугільними і металевими електродами, автомати для електричного різання металів, винайшов спосіб електричного паяння розжаренням. Академік, президент НАН України, директор Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України **Борис Патон** (1918) разом зі співробітниками розробив теорію дугових автоматів і напівавтоматів, нових способів електрозварювання, заснував наукову школу в галузі електрозварювання.

Академік, перший президент АН УРСР, природодослідник **Володимир Вернадський** (1863–1945) висунув ряд теоретичних положень з геохімії рідкісних і розсіяних елементів, пошуків радіоактивних мінералів.

Український фізик **Лев Шубников** (1901–1945) є одним з основоположників фізики низьких температур, відкрив антиферромагнетизм (1935 р.). **Лев Ландау** (1908–1968) створив теорію діа- і ферромагнетизму. **Абрам Йоффе** (1880–1960) займався проблемами міцності, пластичності,



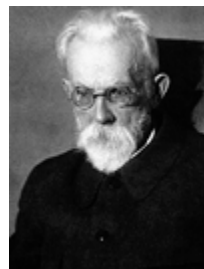
Кирило  
Синельников



Микола  
Бенардос



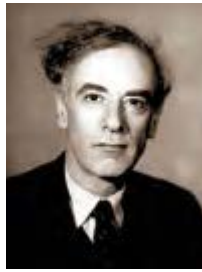
Борис  
Патон



Володимир  
Вернадський



Лев  
Шубников



Лев  
Ландау



Абрам  
Йоффе



Олександр  
Ахієзер

електропровідності твердого тіла. Фізик-теоретик, академік НАН України **Олександр Ахієзер** (1911–2000) створив школу фізиків-теоретиків, вивчав проблеми теорії твердого тіла, ядерної фізики, дослідив поглинання звуку в твердих тілах та інші явища й процеси. **Іван Обреїмов** (1894–1981) працював у галузі фізики кристалів.

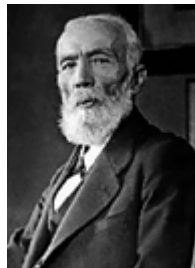
Багато українських учених були змушені працювати за межами України. Видатний учений епохи класичної фізики, фізик і електротехнік **Іван Пулюй** (1845–1918), уродженець м. Гримайлів Тернопільської області, працював у Німеччині, Югославії, Чехії, проводив дослідження в галузі молекулярної фізики, Х-променів. «Лампа Пулюя» (1881 р.) була прототипом рентгенівської трубки. Фізик-ядерник українського походження **Григорій Шарпак** (1924–2010) став першим лауреатом Нобелівської премії у галузі фізики.

Професор **Олександр Смакула** (1900–1983) відкрив спосіб просвітлення оптики (1937 р.), що спричинило революцію в оптичній, фотографічній та кінематографічній технологіях. **Леонід Мандельштам** (1879–1944) займався питаннями оптики, радіофізики.

Українські учені зробили значний внесок у розвиток авіації і літакобудування, зокрема **Іван Сікорський** (1889–1972) спроектував і побудував кілька вертольотів, літаків-біпланів. 29 грудня 1911 р. на літаку власної конструкції С-6 він установив світовий рекорд швидкості – 111 км/год (з екіпажем). Під його керівництвом побудовано перші у світі багатомоторні літаки «Руський витязь», «Ілля Муромець» та ін. У 1911 р. інженер-конструктор **Федір Андерс** (1868–1926) створив перший дирижабль цивільного призначення «Київ» (м'якої конструкції). Розробив (1924 р.) оригінальний проект дирижабля жорсткої конструкції зі змінюваним у



Іван  
Обреїмов



Іван  
Пулюй



Григорій  
Шарпак



Олександр  
Смакула



Леонід  
Мандельштам



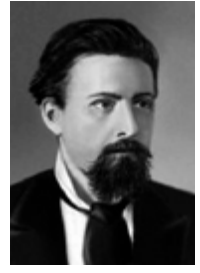
Іван  
Сікорський



Федір  
Андерс



Олег  
Антонов



Микола  
Кибальчич



Юрій  
Кондратюк



Сергій  
Корольов



Валентин  
Глушко



Володимир  
Челомей



Михайло  
Янгель

польоті об'ємом. Авіаконструктор **Олег Антонов** (1906–1984) створив понад 60 типів транспортних літаків і планерів.



Мал. 34

Револьюційним внеском у розвиток космонавтики було створення потужних ракетноносіїв, здатних виводити в космос супутники й кораблі зі складною апаратурою та людьми на борту. Талановитий винахідник **Микола Кибальчич** (1853–1881) розробив проект літального апарата з ракетним двигуном для космічних польотів. Конструктор, учений-теоретик **Юрій Кондратюк** (Олександр Гнатович Шаргей) (1897–1942) у своїй книжці «Завоювання міжпланетних просторів» (1929 р.) розробив основи міжпланетних космічних польотів. Він є автором теорії багатоступінчастих ракет, рецептів ракетного палива. Політ «Аполлона-9» з астронавтами до Місяця і висадку на нього здійснено за «трасою Кондратюка». Академік, геніальний конструктор **Сергій Корольов** (1907–1966) розробив проекти керованих ракет, ракет-носіїв, під його керівництвом запуснено перший штучний супутник Землі (4 жовтня 1957 р.), здійснено перший політ людини в космос (Юрій Гагарін, 12 квітня 1961 р.), перший вихід людини у відкритий космічний простір (Олексій Леонов, 18 березня 1965 р.), перший політ супутника до Місяця і фотографування його зворотного боку. Він створив наукову школу космічних досліджень. Під керівництвом академіка, видатного винахідника ракетно-космічної техніки

Валентина Глушка (1908–1989) створено двигуни, які було встановлено на ракетах-носіях «Восток», «Космос», «Протон».

Винахідник, видатний конструктор у галузі ракетної техніки **Володимир Челомей** (1914–1984) створив новий тип реактивного двигуна; він є автором ідеї розкриття крила ракети в повітрі. Під його керівництвом було створено ракету-носіє «Протон» (мал. 34), за допомогою якої було виведено в космос космічні кораблі «Союз», «Мир», «Прогрес», автоматичні станції «Вега» для вивчення планети Венера, комети Галлея. Учений-механік, конструктор **Михайло Янгель** (1911–1971) працював у галузі створення ракетно-космічної техніки.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Назвіть імена видатних українських учених. Укажіть їх основні досягнення в науці.
2. Підготуйте короткі реферати про одне з визначних відкриттів у фізиці.

## § 13. ФІЗИКА В ПОБУТІ, ТЕХНІЦІ, ВИРОБНИЦТВІ

**Ф**ізика є основою техніки. Це свідчить про те, що різні технічні пристрої ґрунтуються на використанні явищ і законів природи, відкритих і вивчених у фізиці. Усі побутові прилади (мал. 35), без яких не може обійтися сучасна людина, створено завдяки вивченню багатьох фізичних явищ.

Усім відомо, що сонячне світло є природним біологічно найціннішим видом освітлення, до якого максимально пристосоване око людини. В умовах зростання цін на енергоресурси, а також підвищення вимог до якості освітлення дедалі актуальнішим стає питання зниження витрат на електроенергію і підвищення ефективності освітлювальних установок. Сьогодні створено компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ – енергозберігаючі лампи, мал. 36), які споживають електроенергії приблизно в 6–8 разів менше



Мал. 35



Мал. 36



від ламп розжарювання при тій самій світловій віддачі. Вони мають більший термін використання (у 10 разів більший від терміну використання лампи розжарювання з вольфрамовою ниткою), менші затрати на обслуговування порівняно з лампами розжарювання.

Ускладнення сучасного промислового виробництва, зростання взаємозв'язків між окремими підприємствами вимагають автоматизації багатьох керуючих функцій. Це можна здійснити лише за допомогою електронних автоматизованих систем управління, матеріальною основою яких є комп'ютерні технології.

Нині комп'ютери широко застосовуються в усіх сферах науки, техніки й виробництва. Вони відкрили великі можливості не тільки в царині управління виробничими процесами для побудови автоматизованих систем технологічної сфери, а й у адміністративній галузі. Комп'ютери застосовують у верстатах з програмним управлінням, за їх допомогою керують транспортними засобами, наприклад електропоїздами, літаками, кораблями, здійснюють контроль за рухом в аеропортах та на аеродромах.

Сучасні технології дають змогу створювати як мініатюрні вироби, так і величезні конструкції. Наприклад, деталь, яка легко помістилася на кульбабі (мал. 37), Південний міст через Дніпро, побудований у Києві (мал. 38).



Мал. 37



Мал. 38



Мал. 39

Майже в усіх галузях машинобудування застосовуються автоматизовані технологічні процеси. На транспорті звичним явищем є автоматичні залізничні сортувальні станції. Поїзди без машиніста сьогодні вже реальність. В авіації багато років використовуються автопілоти. Широко використовуються автоматизовані радіолокаційні й авіанавігаційні пристрої.

Учені-астрономи використовують могутні радіотелескопи. Найцікавішими з них є РТ-70 у центрі космічної телекомунікації (м. Євпаторія, мал. 39) і РТ-22 в Криму. Радіотелескоп РТ-70 – унікальний радіо-



Мал. 40

телескоп, один з найбільших у світі. Діаметр параболічного дзеркала дорівнює 70 м. РТ-22 розташований у селищі Кацивелі, на березі Чорного моря (мал. 40). Телескоп дає змогу спостерігати Сонце, зорі, галактики в сантиметровому і міліметровому діапазонах довжин хвиль.

Сучасний прогрес космонавтики, радіоелектроніки, атомної енергетики, авіації, машинобудування тощо – результат досягнень у галузі виробництва штучних матеріалів: надтвердих, жароміцних, антикорозійних тощо; використання рідкісних металів та їх сплавів. Знання залежності хімічних і фізичних властивостей речовини від її фізичної структури дає можливість ученим передбачати майбутні властивості того чи іншого матеріалу і цілеспрямовано синтезувати матеріали із заздалегідь заданими механічними, магнітними, оптичними та іншими властивостями.

Важко переоцінити значення досягнень у виробництві напівпровідникових та інших матеріалів для сучасної радіоелектроніки.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Назвіть фізичні явища, на основі яких ґрунтується дія побутових приладів.
2. Як пов'язані між собою фізика і техніка?
3. Що дає фізика для розвитку інших наук?



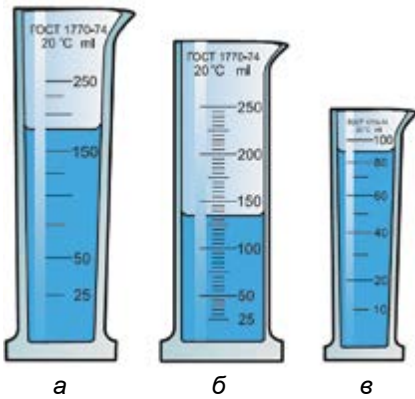
#### ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

#### Розв'язуємо разом

1. Виміряйте товщину аркуша книжки, на якому надруковано цю задачу.

**Розв'язання.** Виміряти товщину одного окремо взятого аркуша не вдасться – ця товщина надто мала. Можна, наприклад, виміряти загальну товщину аркушів з 1-ї по 100-ту сторінки включно, а потім отримане значення поділити на 50 (адже на кожному аркуші дві сторінки).





Мал. 41

2. Які прилади зображено на малюнку 41? Яка ціна поділки шкали кожного приладу? Що показують прилади?

**Розв'язання.** На малюнку 41, а зображено мензурку. Ціна поділки шкали мензурки – 25 мл. У мензурку налито 175 мл рідини. На малюнку 41, б зображено вимірювальний циліндр. Ціна поділки шкали циліндра – 5 мл. У вимірювальний циліндр налито 135 мл рідини. На малюнку 41, в зображено мензурку. Ціна поділки шкали мензурки – 10 мл. У мензурку налито 90 мл рідини.

3. Крапля олії об'ємом  $0,002 \text{ мм}^3$  розлилася по поверхні води тонким шаром, площа якого  $100 \text{ см}^2$ . Вважаючи, що товщина шару дорівнює діаметру молекули олії, визначте цей діаметр.

Дано:

$$V = 0,002 \text{ мм}^3$$

$$S = 100 \text{ см}^2 =$$

$$= 10\,000 \text{ мм}^2$$

$d = ?$

Розв'язання

З формули  $V = Sh = Sd$ ,  $h = d$  визначимо:

$$d = \frac{V}{S}$$

Підставивши значення величин, отримаємо:

$$d = 0,002 \text{ мм}^3 : 10\,000 \text{ мм}^2 = 0,0000002 \text{ мм}.$$

**Відповідь:**  $d = 0,0000002 \text{ мм}$ .

## Рівень А

1. Виберіть з наведених прикладів окремо тіла, а окремо речовини: вода, граніт, крапля води, повітря в камері футбольного м'яча, молоко, молоко у пляшці, гранітна плита.

2. Балон для газової плити наповнений пропан-бутановою сумішшю. Тілом чи речовиною є ця суміш?

3. З наведених прикладів виберіть фізичні явища: кисень, грім, годинник, бетон, веселка, кипіння води, електрична лампочка.

4. Які з наведених явищ є фізичними явищами: скисло молоко, розбилася скляна пляшка, у печі згоріли дрова, задзвенів дзвоник, засвітилися на вулиці електричні ліхтарі, згнила цибулина, нагрілася каструля?

5. Скільки см має 1 м? Скільки  $\text{см}^2$  має 1  $\text{м}^2$ ? Скільки  $\text{см}^3$  має 1  $\text{м}^3$ ?

6. Установіть ціну поділки шкали лінійки, якщо між рисками, що відповідають значенню 10 см і 11 см, є ще чотири риси.

7. Накресліть шкалу термометра із ціною поділки  $0,25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

8. Об'єм кухля  $0,5 \text{ дм}^3$ . Виразіть цей об'єм у кубічних сантиметрах і кубічних міліметрах.

9. Які прилади зображено на малюнку 42? Яка ціна поділки шкали кожного приладу? Що показують прилади?



Мал. 42

10. Визначте об'єм тіла (мал. 43).

11. Як виміряти (наближено), скільки зернин рису вміщується у пляшці? Що вам для цього знадобиться?

12. Що зумовлює неминучі неточності при вимірюванні розмірів тіл?

13. Які величини можна виміряти абсолютно точно?

14. У маленьку пробірку налийте трохи води, а потім обережно налийте стільки само спирту-денатурату. Відмітьте ниткою рівень спирту. Закрийте пробірку пальцем і протягом однієї-двох хвилин збовтуйте пробірку так, щоб рідини змішались. Як змінився рівень суміші порівняно з початковим рівнем? Чим пояснити зменшення об'єму?

15. Чому аромат розлитої в кімнати пахучої речовини із часом відчувається в будь-якому місці кімнати?

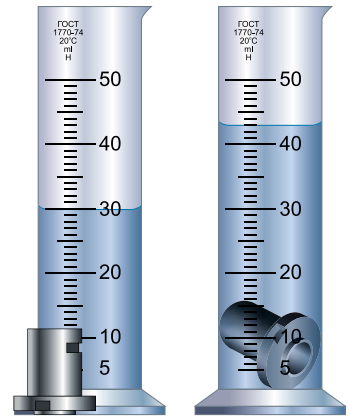
16. Як змінюється положення молекул при розтягуванні гумової трубки?

17. У склянку з водою капніть краплю молока. Простежте, що з нею станеться. Поясніть спостережуване явище.

18. Чому сіль розчиняється у воді швидше за вищої температури?

19. Візьміть шматочок свинцю, розріжте його гострим ножем на дві частини і в місці розрізу стуліть. Чому вони не відпадають одна від одної?

20. Візьміть два шматочки скла, добре обмийте їх і висушіть. Притулійте щільно один до одного. Легко чи важко їх роз'єднати? Те саме пробіть з мокрим склом. Поясніть наслідки досліду.



Мал. 43

### Рівень Б

21. Про які фізичні величини йдеться в таких прикладах: пляшка місткістю 0,5 л; спідометр показує 80 км/год; хворому шприцом ввели 1 см<sup>3</sup> ліків; спортсмен пробіг 100 м за 10 с; щоб овочі не втратили вітамінів, їх стерилізують при 90 °С?

**22.** Якими одиницями довжини найзручніше визначати такі розміри: довжину аркуша книжки, висоту дверей, товщину дроту, діаметр труби, довжину телеграфного дроту між двома населеними пунктами, товщину волосини? Чому?

**23.** Зробіть схематичний малюнок частини циферблата, ціна поділки якого – 5 с.

**24.** На палубі судна є прямокутний майданчик розмірами  $10 \times 15$  м. Скільки контейнерів може вміститися на майданчику, якщо контейнер – це «кубик», довжина ребра якого 2 м?

**25.** У вас є коробка канцелярських скріпок. Як за допомогою мензурки виміряти об'єм однієї скріпки?

**26.** На дорозі позначено дистанцію 100 м. Як найпростіше відміряти дистанцію 500 м, ведучи дорогою велосипед?

**27.** Англійська міра довжини фут у давнину визначалася так: 12 джентльменів селища ставили ступні впритул одну до одної, вимірювали відстань від «першого носка» до «останньої п'ятки» і цю відстань ділили на 12. Виходило близько 30 см. Навіщо було залучати для визначення одиниці довжини стількох людей? Чи доцільно було здійснювати вимірювання з точністю до 0,001 фута?

**28.** З наведених прикладів виберіть ті, у яких описано спільні властивості: гума поганий провідник струму; висота стовпа 10 м; висота вікна 160 см; дроти для електричної мережі виготовляють з міді; стіл вищий за стілець; електричні дроти ізольовані гумою. Назвіть ці властивості.

**29.** Поясніть результати досліду за малюнком 44.

**30.** Коли різко плазом долонею зробити рух зверху вниз, то ми майже не відчуваємо опору повітря. Якщо при такому русі ми торкнемося поверхні води, то відчуємо біль, як від удару по поверхні твердого тіла. Як пояснити це явище?

**31.** У місцях, де немає природного газу, для газових плит застосовують балони, наповнені пропан-бутановою сумішшю. До цієї суміші додають незначну кількість дуже ароматної речовини (одоранта). Поясніть, чому ця речовина сигналізує про витікання газу внаслідок несправності газової установки.

**32.** У прозору посудину з водою вилили непрозору рідку фарбу. Чому через деякий час вода стає забарвленою, але прозорою?

**33.** Чи збільшується об'єм кожної молекули твердого тіла при його нагріванні? Як змінюється при цьому відстань між частинками, з яких складається це тіло?



Мал. 44

**34.** Чому деякі тканини линяють, якщо покласти їх у воду?

**35.** Чи можна сказати, що об'єм, який займає певний газ, дорівнює сумі об'ємів його окремих молекул?

**36.** На дно кожної з двох склянок покладіть по кристалику марганцево-кислого калію (можна шматочок хімічного олівця), в одну склянку налейте холодної води, а в другу – гарячої. Накрийте склянки тканиною. Через кожні півгодини позначайте рівень забарвленої води. Поясніть явище.



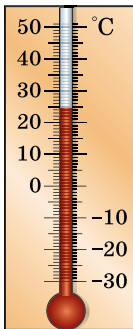
## ПЕРЕВІРТЕ СВОЇ ЗНАННЯ

### Контрольні запитання

1. Чим відрізняються дослід і науковий експеримент від спостереження?
2. Назвіть, які фізичні процеси можна спостерігати в побуті. Наведіть приклади фізичних явищ у природі.
3. Яке значення в життєдіяльності людини мають вимірювання?
4. З якою метою було прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин?
5. Назвіть основні етапи розвитку вчення про будову речовини.
6. Які методи вимірювання розмірів молекул ви знаєте?
7. Які основні положення атомно-молекулярної будови речовини? Які досліди їх підтверджують?
8. У воді річок, озер та інших водойм завжди є молекули газів зі складу повітря. Унаслідок якого явища ці молекули потрапляють у воду? Чому вони проникають до дна водойм? Опишіть, як змішується при цьому повітря з водою.
9. Чому два сухі аркуші паперу не злипаються, якщо їх прикласти один до одного, а змочені водою – злипаються? Чи злипнуться два аркуші паперу, якщо один з них змочити водою, а другий – олією?

### Що я знаю і вмію робити

**Я вмію визначати ціну поділки шкали приладу і знімати покази з нього.**



Мал. 45



Мал. 46

1. Які прилади зображено на малюнках 45, 46? Яка ціна поділки шкали приладів? Що показують прилади?

**Я вмію вимірювати лінійні розміри і об'єми тіл.**

2. За допомогою міліметрової лінійки визначте товщину аркуша підручника з фізики.
3. За допомогою столової (15 мл), десертної (12,5 мл), чайної (6 мл) ложок і води проградуйте маркером склянку, щоб мати домашню мензурку.

4. Відкрийте кран так, щоб з нього ледве капала вода. Підрахуйте, скільки крапель води містить чайна ложка. Визначте таким способом об'єм однієї краплини та втрату води за добу, коли так відкрито кран.

**Я знаю, як відбуваються фізичні явища.**

5. Поясніть результати досліду, зображеного на малюнку 47.

**Я знаю фізичні закони, якими пояснюються дивовижні здібності представників тваринного світу.**

6. Чому геко́н легко тримається на вертикальному склі (мал. 48)?

**Я вмію виконувати досліди.**

7. Проведіть один з дослідів. Поставте кілька запитань до цього досліду і запропонуйте своїм товаришам дати на них відповіді під час демонстрування досліду.

8. Змініть форму гумки так, щоб відстань між її молекулами в одному місці збільшилася, а в іншому зменшилася.

9. Маючи парфуми, годинник із секундною стрілкою, лінійку, визначте, на яку відстань пошириться аромат парфумів у вашій кімнаті за одну секунду.

10. Налийте в склянку гарячої води, додайте солі та розмішайте. Накрийте її блюдцем. Через 1–2 хв на блюдці з'являться краплини води. Чому на блюдці немає кристаликів солі?

**Я знаю, як визначати розміри атомів і молекул.**

11. Крапля стеаринової кислоти розтікається по поверхні води, утворюючи дуже тонку плівку товщиною близько 0,000002 мм. Тонкіших плівок стеаринової кислоти одержати не вдається. Як можна пояснити цей факт? Який, на вашу думку, розмір молекули стеаринової кислоти?

12. Шматочок парафіну об'ємом 1 мм<sup>3</sup> кинули в гарячу воду. Парафін розплавився і розтікся по поверхні води, утворивши тонку плівку площею 1 м<sup>2</sup>. Визначте діаметр молекули парафіну, припускаючи, що товщина плівки дорівнює діаметру молекули парафіну.



Мал. 47



Мал. 48

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ



### Варіант 1

1. Що належить до поняття «фізичне тіло»?

**А** гума, олія, автомобіль, стіл, ручка

**Б** гума, автомобіль, стіл, ручка

**В** автомобіль, стіл, ручка, цвях

2. Які з наведених слів означають фізичне явище?  
**A** сяйво блискавки, хуртовина, повінь, гуркіт грому  
**B** хуртовина, шелест листя, світіння електричної лампочки, гелікоптер  
**B** світанок, похолодання, листопад, листок берези, політ гусей
3. Які одиниці довжини, маси, площі, об'єму в СІ?  
**A** м, кг, с,  $\text{дм}^3$ ,  $\text{м}^3$   
**B** м, кг, год,  $\text{м}^2$ ,  $\text{м}^3$   
**B** м, кг,  $\text{м}^2$ ,  $\text{м}^3$
4. Щоб визначити об'єм тіла малої маси (кнопки, цвяха), потрібно...  
**A** занурити їх по одному в мензурку; визначити об'єм  
**B** занурити їх якнайбільше в мензурку; визначити їх об'єм і поділити на їхню кількість  
**B** визначити об'єм одного предмета і помножити на їх кількість
5. Ви знаєте, що всі речовини складаються з найдрібніших частинок – атомів. Ґрунтуючись на цьому, поясніть, чому маленька крапля фарби може змінити колір великої кількості води.  
**A** розміри атомів фарби надто малі, їх дуже багато в малому об'ємі, і вони, поширюючись у воді, зафарбовують її  
**B** при збільшенні об'єму тіла атоми розходяться по рідині  
**B** відстані між частинками збільшуються з підвищенням температури
6. У пробірку спочатку налили води, а потім додали парфумів. Коли перемішали воду з парфумами, об'єм суміші зменшився. Чому?  
**A** молекули парфумів стиснули молекули води  
**B** молекули парфумів проникли між молекули води  
**B** це неможливо
7. При нагріванні чи охолодженні тіла змінюють свій об'єм (дослід з кулькою і кільцем, термометр). Із цього можна зробити такі висновки:  
**A** при нагріванні тіла його частинки відходять одна від одної, через це збільшується об'єм тіла  
**B** при охолодженні тіла частинки наближаються одна до одної, через це зменшується об'єм тіла  
**B** проміжки між частинками, з яких складається тіло, змінюються зі зміною температури даного тіла
8. Розташуйте речовини (мідь, вуглекислий газ, вода) в порядку наростання в них дифузії, якщо умови досліду однакові.  
**A** вуглекислий газ, вода, мідь  
**B** вода, вуглекислий газ, мідь  
**B** мідь, вода, вуглекислий газ
9. Чому тільки про рідину можна сказати «плеться»?  
**A** між молекулами відсутні зв'язки  
**B** молекули розташовані поверхнево одна над одною  
**B** взаємодія між молекулами стійка, перебувають одна біля одної, притягання між молекулами здійснюють тільки найближчі сусіди



10. У якій з речовин сила взаємодії між молекулами більша?

- А** Оксиген                      **Б** мідь                      **В** вода

11. Чому неможливо зробити об'єм речовини як завгодно малим навіть при великому стискуванні її?

- А** малі проміжки між молекулами  
**Б** молекули мало стискаються  
**В** на близьких відстанях молекули відштовхуються

12. Газ міститься в закритій посудині об'ємом 2 л. До цієї посудини приєднали другу посудину об'ємом 4 л. Який об'єм займе газ?

- А** 2 л                      **Б** 4 л                      **В** 6 л

## Варіант 2

1. Що належить до поняття «речовина»?

- А** кульки, мідь, залізо, дерево, мензурки  
**Б** земля, рослина, тварина, завод, вітер  
**В** глина, вода, мідь, кисень, крейда

2. Виберіть з поданого переліку фізичні явища, речовини, фізичні тіла.

- А** нагрівається вода, іде дощ, машина, світить Сонце  
**Б** бензин, лід, вода, свинець, гас, олія  
**В** книжка, вікно, літак, тепловоз, кулька, мензурка

3. Які основні одиниці фізичних величин у СІ?

- А** метр, секунда, кілограм, моль, ампер, кандела  
**Б** метр, секунда, міліграм, моль, ампер, кандела  
**В** моль, ампер, кандела, година, метр, кілограм

4. Об'єм кухля 0,5 л. Виразіть цей об'єм у кубічних дециметрах, кубічних сантиметрах, кубічних міліметрах.

- А** 0,5; 50; 500 000                      **Б** 0,5; 500; 500 000                      **В** 0,5; 500; 50 000

5. Надутий м'яч або дитячу кульку можна стиснути. Про що це свідчить?

- А** атоми і молекули можна стиснути, вони стають меншими  
**Б** зменшується об'єм газу за рахунок злиття атомів  
**В** між атомами і молекулами є проміжки, у результаті стискання вони зменшуються

6. У якої з речовин – води чи пари – однакового об'єму відношення об'єму речовини до суми об'ємів окремих молекул більше?

- А** однакове в обох  
**Б** у води  
**В** у пари води

7. Усі речовини складаються з атомів і молекул, які...

- А** безпосередньо перебувають у безладному, хаотичному русі, що підтверджує одне з фізичних явищ – дифузію  
**Б** мають між собою проміжки  
**В** притягуються або відштовхуються

8. Середня швидкість молекул газу за кімнатної температури дорівнює сотні метрів за секунду. Чому ж тоді аромат парфумів поширюється значно повільніше?
- A** між молекулами газу малі проміжки
  - B** розміри молекул парфумів більші за розміри молекул газу
  - B** молекули парфумів весь час стикаються з молекулами газу
9. Як змінюються розміри молекул при переході речовини з твердого стану в газуватий?
- A** збільшуються
  - B** залишаються сталими
  - B** зменшуються
10. Чому розбите скло не злипається при стисканні, а волога глина злипається?
- A** скло твердіше, ніж глина
  - B** скло менше стискається, ніж глина
  - B** молекули скла не наближаються до відстані, на якій проявляється притягання молекул
11. При збільшенні відстані між молекулами вони...
- A** не впливають на процес розташування
  - B** чинять опір розтягуванню
  - B** сприяють розтягуванню (відштовхуються)
12. Щоб збільшити міцність сталевих деталей, їх поверхню збагачують хромом. Цей процес називають хромуванням. При хромуванні деталі вміщують на 10–15 год у порошок хрому і нагрівають у спеціальних печах до 1000 °С. Яке основне фізичне явище при цьому відбувається?
- A** нагрівання
  - B** дифузія
  - B** хромування

# Розділ 2

## МЕХАНІЧНИЙ РУХ



- Тіло відліку • Система відліку • Матеріальна точка • Траєкторія • Шлях
- Переміщення • Рівномірний прямолінійний рух • Швидкість рівномірного прямолінійного руху • Нерівномірний прямолінійний рух • Середня швидкість нерівномірного руху • Рівномірний рух матеріальної точки по колу
- Період обертання • Швидкість матеріальної точки під час руху по колу
- Коливальний рух • Амплітуда коливань • Період коливань • Маятники

### § 14. МЕХАНІЧНИЙ РУХ. ВІДНОСНІСТЬ РУХУ

**О**дним з найпростіших фізичних явищ є механічний рух тіл. Ми бачимо, що тіла, які нас оточують, рухаються або перебувають у спокої. Рухаються люди, літають птахи й літаки, плавають риби тощо. Нерухомими є дерева, будинки, стовпи ліній електропередач. Як ми визначаємо, рухається тіло чи ні, особливо коли воно знаходиться далеко від нас і ми, наприклад, не чуємо робочого шуму двигуна автомобіля та не бачимо, чи обертаються його колеса?

**Спостереження 1.** Простежимо за положенням автомобіля на дорозі відносно якогось нерухомого предмета, наприклад дерева на узбіччі. Якщо відстань від автомобіля до предмета із часом змінюється, то робимо висновок, що автомобіль рухається. Якщо змін у положенні автомобіля відносно дерева немає, то кажемо, що автомобіль не рухається, тобто перебуває у спокої.

Так само визначаємо, рухається чи перебуває у спокої поїзд, пароплав або будь-яке тіло.

**Зміну положення тіла із часом відносно інших тіл називають *механічним рухом*.**

Прикладами механічного руху є рух планет навколо Сонця, хмар у небі, води в річках та океанах, різних частин машин і верстатів, людей, тварин, політ птахів.

Ураховуючи те, що механічний рух є зміною положення тіла із часом відносно інших тіл, можемо сказати, що човен, наприклад, рухається відносно берега річки або озера, автомобіль – відносно дороги, людина – відносно дерев або будинків, різець токарного верстата – відносно основи верстата, поїзд метро – відносно платформи, космічний корабель – відносно Землі або інших планет.

**Спостереження 2.** Уявімо пасажира, який їде у вагоні поїзда. Що можна сказати про механічний стан пасажира? Його сусід по вагону скаже, що той нерухомий, тому що сидить на місці, а подорожній, повз якого рухається поїзд, запевнить, що пасажир рухається повз нього. І справді, кожен з них має рацію: сусід по вагону розглядає положення пасажира відносно предметів у вагоні, а подорожній – відносно залізничного полотна, відносно поверхні землі або відносно себе.

У зв'язку з тим, що обидва спостерігачі розглядали положення пасажира відносно різних предметів, то вони й дійшли різних висновків.

**Спостереження 3.** Пасажир сидить у вагоні, двері якого зачинені, а скло у вікні непрозоре. Чи зможе він сказати, у якому стані перебуває вагон? Якщо вагон буде повільно рухатися без поштовхів, поворотів і гуркоту, то неможливо визначити, рухається вагон чи ні. Треба підійти до вікна і подивитися, чи змінюється із часом положення вагона відносно будівель або інших нерухомих предметів уздовж залізничного полотна. Тільки після цього можна сказати, рухається вагон чи стоїть на місці. Важко з'ясувати, чи рухається пароплав, якщо він рухається у спокійній воді і перебуває в тумані.

**Спостереження 4.** Ви сидите в пасажирському вагоні під час зупинки. Поряд стоїть сусідній поїзд, який закриває від вас станційні споруди. Коли раптом вікна сусіднього поїзда почнуть «пропливати» повз вас, у першу мить здається, що це рушив ваш вагон. Тільки із часом, коли побачите, що вокзал стоїть на місці, усвідомлюєте свою помилку, робите висновок, що рухається сусідній поїзд.

Ця помилка природна, причина її полягає у відносності руху і спокою: відносно Землі ваш вагон перебуває у спокої, сусідній поїзд – рухається, якщо вважати, що він перебуває у спокої, то через зміну відносного положення здається, що рушив ваш вагон.

**Рух тіл завжди відносний. Усі тіла природи перебувають у русі, тому будь-який рух або спокій є відносними, тобто стан тіла залежить від того, відносно якого тіла цей стан розглядають.**



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що називають механічним рухом?
2. Наведіть приклади механічних рухів.
3. Який рух називають відносним?

## § 15. ТІЛО ВІДЛІКУ. СИСТЕМА ВІДЛІКУ. МАТЕРІАЛЬНА ТОЧКА

**Щ**об визначити, рухається тіло чи ні, ми повинні вказати, відносно якого тіла розглядаємо рух.

**Тіло, відносно якого розглядають рух, називають *тілом відліку*.**

Тіла відліку обирають довільно. Під час вивчення різних рухів за тіло відліку прийматимемо Землю, пароплав, будинок, поїзд або будь-яке інше тіло, нерухоме відносно Землі, наприклад стіл фізичного кабінету, на якому виконуватимемо досліди.

Отже, щоб говорити про те, рухається тіло чи перебуває у стані спокою, потрібно спочатку вибрати тіло відліку, а потім пересвідчитися, чи змінюється відносно нього положення досліджуваного тіла.

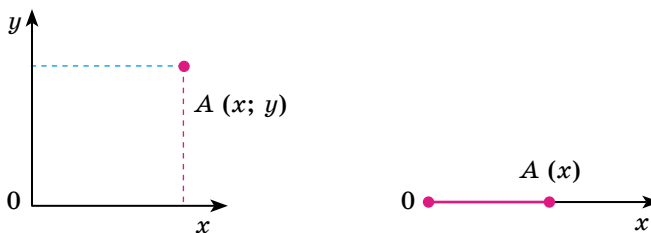
Властивості механічного руху, зокрема відносність руху і спокою, вивчав знаменитий італійський учений Галілео Галілей.

Щоб визначити положення тіла відносно тіла відліку, користуються **системою координат**. За початок системи координат беруть довільну точку тіла відліку, а осі системи вважають нерухомими відносно нього. Положення кожної точки, наприклад, на площині можна задати двома координатами, а на прямій – однією (мал. 49).

Якщо точка рухається відносно тіла відліку, то потрібно знати, де вона перебуває і коли вона там перебуває. Отже, для повної інформації про рух тіла треба вміти вимірювати час. Час вимірюють, наприклад, годинником, секундоміром.

**Тіло відліку, з яким пов'язана система координат, і годинник для вимірювання часу утворюють систему відліку.**

А яку роль відіграють розміри тіла під час опису його руху? У деяких випадках без уточнення розмірів тіла та його частин обійтися неможливо. Наприклад, коли автомобіль заїжджає в гараж, то розміри гаража й автомобіля для водія матимуть найбільше значення. Але є багато таких ситуацій, коли розмірами тіла нехтують. Якщо, наприклад, згаданий автомобіль рухається з Києва до Полтави і потрібно розрахувати час його руху, то не має значення, які його розміри.



Мал. 49

Якщо розміри тіла набагато менші від відстані, яку воно проходить під час руху, то для спрощення дослідження цього руху розмірами тіла можна знехтувати, тобто замінити реальне протяжне тіло на його фізичну модель – матеріальну точку.

**Матеріальна точка – це об’єкт без розмірів подібно до геометричної точки, який має масу досліджуваного тіла.**

Надалі залежно від умов руху досліджуваного тіла вважатимемо його або матеріальною точкою, або таким, що складається із сукупності матеріальних точок.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Яке тіло називають тілом відліку?
2. Як визначити, рухається тіло чи перебуває у стані спокою?
3. Хто перебуває в русі: пасажир, який їде в автобусі, чи людина, яка стоїть на автобусній зупинці?
4. Що насправді рухається: Земля навколо Сонця чи Сонце – навколо Землі?
5. Що таке система відліку?
6. Чим різняться тіло відліку і система відліку?
7. У яких випадках тіло можна розглядати як матеріальну точку?
8. Як по-іншому називають матеріальну точку?
9. Чи можна вважати матеріальною точкою земну кулю?

## § 16. ТРАЕКТОРІЯ. ШЛЯХ. ПЕРЕМІЩЕННЯ

**У** природі, техніці, побуті існує багато видів механічного руху тіл. Найпростішим з них є поступальний.

Рух автомобіля на прямолінійній ділянці дороги, рух поршня в циліндрі двигуна автомобіля, рух шухляди, яку ми витягуємо зі стола, є прикладами поступального руху. Під час поступального руху будь-який виділений напрям у тілі, що рухається, наприклад планка у висувній шухляді, залишається паралельним своєму початковому положенню. На малюнку 50 показано поступальний рух олівця: у різні моменти руху зображення олівця паралельні.

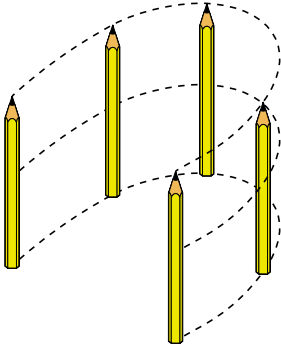
Якщо безперервно фіксувати в просторі положення певної матеріальної точки рухомого тіла, то отримуємо лінію, яку називають **траєкторією** руху.

**Траєкторія – це уявна лінія, яку описує матеріальна точка під час руху.**

Траєкторії трьох точок олівця під час поступального руху мають однакову форму і довжину. Тому, щоб вивчити поступальний рух тіла, достатньо вивчити рух однієї з його точок.

Коли матеріальна точка рухається вздовж прямої, то такий рух називають **прямолінійним**, а якщо траєкторією точки є крива лінія, – **криволінійним** (мал. 51).





Мал. 50



Мал. 51

Часто траєкторію тіла можна спостерігати наочно – зірки під час фотографування залишають слід на фотоплівці – траєкторію їх руху (мал. 52). Траєкторію польоту тенісного м'яча ми визначаємо за допомогою спеціальної зйомки (мал. 53).



Мал. 52



Мал. 53

Форма траєкторії залежить від вибору тіла відліку. Наприклад, відносно Землі траєкторія руху Місяця є колом, а відносно Сонця – лінією складнішої форми.

У подальшому, якщо не вказано інші тіла відліку, розглядатимемо рух тіл відносно Землі.

Коли тіло рухається певною траєкторією, довжина пройденої ним ділянки шляху із часом збільшується.

**Довжину траєкторії, яку описує тіло під час руху протягом певного інтервалу часу, називають *шляхом*.**

Шлях позначають малою латинською літерою  $l$ .  
Одиницею шляху в СІ є **один метр (1 м)**.

На практиці користуються також іншими одиницями шляху:

$$1 \text{ м} = 100 \text{ см} = 1000 \text{ мм};$$

$$1 \text{ км} = 1000 \text{ м} = 100\,000 \text{ см} = \\ = 1\,000\,000 \text{ мм};$$

$$1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}; 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}.$$

Коли траєкторія руху невідома, визначити положення тіла (його координати) у кінці руху неможливо, навіть якщо відомі початкове положення тіла і шлях, пройдений тілом.

Наприклад, знаючи початкове положення літака й шлях, пройдений ним, ми не зможемо визначити координати літака в кінці польоту: літак може рухатись у будь-якому напрямі і по будь-якій траєкторії. Щоб у цьому випадку визначити положення тіла, треба знати не шлях, пройдений ним, а зовсім іншу фізичну величину – **переміщення тіла**.

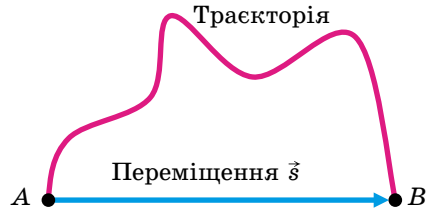
*Що ж таке переміщення тіла?*

Нехай тіло рухалося з точки  $A$  в точку  $B$  (мал. 54). Пройдений ним шлях – це довжина дороги  $l$  уздовж траєкторії. Разом з тим тіло перемістилося з точки  $A$  в точку  $B$ . Цю зміну положення тіла можна оцінити, сполучивши початкове і кінцеве його положення прямою лінією і вказавши напрям руху.

Отже, **переміщення точки – це вектор (напрявлений відрізок прямої), який сполучає початкове положення точки з кінцевим**. Докладніше про вектор ви дізнаєтеся пізніше.

Переміщення позначають літерою  $\vec{s}$ . Модуль (або довжина) переміщення – число, що показує, скільком одиницям довжини дорівнює це переміщення. Модуль переміщення позначаємо так:  $|\vec{s}|$ . Вектор визначають його модулем і напрямом.

Отже, **щоб визначити положення тіла в будь-який момент часу, треба знати його початкове положення і переміщення**, здійснене тілом до цього моменту часу. Під час руху тіла довжина пройденого шляху і здійснене переміщення можуть не збігатися. Вони збігаються лише в тому разі, якщо тіло рухається вздовж прямої і не змінює напрям руху. У випадках, коли тіло, рухаючись, повернулося в точку, з якої починало рух, модуль переміщення дорівнює нулю.



Мал. 54



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що таке траєкторія?
2. Які бувають механічні рухи за формою траєкторії?
3. Який рух називають поступальним? Наведіть приклади поступального руху.
4. Що таке шлях? Які одиниці шляху ви знаєте?
5. Що таке пройдений шлях і переміщення?
6. Чим відрізняється переміщення від пройденого шляху?
7. Визначте переміщення годинникової стрілки за добу; за 2 год.
8. Коли пройдений шлях і переміщення будуть однаковими? Наведіть приклади.

## § 17. РІВНОМІРНИЙ ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ. ШВИДКІСТЬ РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ



Мал. 55

**Я**кщо тіло за першу секунду пройшло шлях 5 м, за другу – знову 5 м, за третю – також 5 м і т. д., тобто за кожну будь-яку секунду тіло проходить однаковий шлях, то такий рух є рівномірним.

**Дослід.** Візьмемо вимірювальний циліндр завдовжки 40 см, діаметр якого 4 см (мал. 55). Закриємо його корком, попередньо наливши в нього води й помістивши кульку. Встановимо циліндр вертикально або з нахилом так, щоб у початковий момент кулька була розташована у верхньому кінці циліндра. Кулька почне повільно тонути, і буде зручно спостерігати за характером її руху. У результаті досліду переконаємося, що кулька проходить однакові відрізки шляху за однакові інтервали часу. Отже, рух кульки є рівномірним.

**Рівномірним рухом** називають такий рух, під час якого тіло за будь-які однакові інтервали часу проходить однаковий шлях.

Прикладом рівномірного руху є рух точки земної поверхні під час обертання Землі навколо своєї осі. За рівномірний рух можна прийняти рух точок годинникових стрілок, рівномірно може рухатися автомобіль по прямій і рівній дорозі.

Отже, усі тіла природи перебувають у механічному русі. Вони можуть рухатися рівномірно або нерівномірно по безлічі різних траєкторій, які можуть бути дуже складними. Надалі ми будемо розглядати найпростіший для дослідження й опису вид механічного руху тіл – **прямолінійний рівномірний рух**.

Прямолінійний рух – це такий рух, під час якого траєкторією тіла є пряма лінія. Прикладом прямолінійного руху може бути рух автомобіля по ділянці шосе, де немає підйомів, спусків і поворотів.

**Прямолінійним рівномірним рухом** називають такий рух, під час якого тіло за будь-які однакові інтервали часу проходить однаковий шлях по прямолінійній траєкторії.

**Спостереження.** Ми знаходимося влітку на відпочинку на березі Чорного моря і бачимо, як катер, що рівномірно рухається по морю, обганяють дельфіни, які також пливають рівномірно.

Чим різняться ці рівномірні рухи: човна і дельфінів? Їх відмінність полягає в тому, що дельфіни рухаються швидше від човна.

Наприклад, літак рухається швидше, ніж поїзд, але повільніше, ніж штучний супутник Землі. А це означає, що протягом того самого інтервалу часу дельфіни пропливають більший шлях, ніж човен, літак пролітає більший шлях, ніж проїжджає поїзд, а супутник – більший шлях, ніж літак.

Рухи човна, дельфінів, поїзда, літака й супутника відрізняються їх швидкістю. Кажуть, що те тіло, яке за одиницю часу проходить більший шлях, рухається з більшою швидкістю.

**Швидкість рівномірного руху тіла – це фізична величина, що показує, який шлях проходить тіло за одиницю часу.**

Наприклад, якщо за кожну годину автомобіль проїжджає 60 км, а літак пролітає 600 км, то кажуть, що швидкість руху автомобіля дорівнює 60 км за годину, а швидкість руху літака – 600 км за годину.

Швидкість руху тіла позначають малою латинською літерою  $v$ . Одиницею швидкості в СІ є один метр за секунду (1 м/с).

**1 м/с – це швидкість руху тіла, під час якого воно за 1 с проходить шлях 1 м.**

Застосовують ще й такі одиниці швидкості руху тіла:

$$\begin{aligned} 1 \text{ м/с} &= 0,001 \text{ км/с}; & 1 \text{ км/с} &= 1000 \text{ м/с}; \\ 1 \text{ км/год} &= 1000 \text{ м/3600 с} = 0,28 \text{ м/с}; & 1 \text{ м/с} &= 3,6 \text{ км/год}. \end{aligned}$$

**Щоб визначити швидкість рівномірного руху тіла, треба шлях, пройдений тілом за певний інтервал часу, поділити на цей інтервал:**

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

де  $v$  – швидкість руху тіла;  $l$  – шлях, пройдений тілом;  $t$  – час руху тіла.

На відміну від інших фізичних величин значення швидкостей лежать у визначених межах: від 0 (коли тіло перебуває у спокої) до швидкості поширення світла в безповітряному просторі, яка дорівнює 300 000 км/с.

Швидкість звичайної ходи людини дорівнює 1 м/с. Під час бігу на довгі дистанції людина розвиває швидкість до 7 м/с, а на короткі – до 10 м/с. Велосипедист може їхати зі швидкістю 14 м/с. У воді плавець рухається зі швидкістю 2 м/с.

Ці значення швидкостей незначні порівняно зі швидкістю представників тваринного світу. Якби ноги спортсмена-бігуна рухалися так само швидко, як ноги мурашки, то він розвинув би швидкість до 1500 км/год. Найбільша швидкість руху людини втричі менша від швидкості руху гепарда. У воді людина плаває у 18 разів повільніше, ніж найшвидший житель океану – риба-меч. Синій кит, маса якого дорівнює 130 т, може розвивати у воді швидкість до 37 км/год. Для порівняння вкажемо, що моторний човен може рухатися зі швидкістю 30 км/год.

Проте людина створила транспортні засоби, які розвивають значні швидкості. Гепард уже не може змагатися з легковим автомобілем, поїздом чи мотоциклом. Спеціальні гоночні автомобілі розвивають швидкість до 284 м/с (1022,4 км/год). Гелікоптери і літаки значно випереджають сапсана – найшвидшого птаха. Космічним ракетам, які летять до інших планет, надають швидкостей від 10 до 17 км/с.

Швидкість руху тіла характеризується не тільки числовим значенням, а й напрямом. Наприклад, щоб дізнатися, де буде через 5 год подорожі

турист, який вийшов з Києва, треба знати не тільки, з якою швидкістю він рухається, а й у якому напрямі (напрямо швидкості).

Величини, які залежать від напрямку в просторі, називають **векторними величинами**, або **векторами**.

**Швидкість руху тіла є векторною величиною.**



Мал. 56

На малюнках вектор швидкості зображують стрілкою, напрям якої збігається з напрямом швидкості, а довжина дорівнює числовому значенню швидкості в певному масштабі (мал. 56).

Знаючи швидкість рівномірного руху тіла, можна визначити шлях, який воно проходить за певний час. Нехай, наприклад, велосипедист рухається зі швидкістю 5 м/с. Це означає, що за кожну секунду він проїжджає 5 м. Оскільки рух велосипедиста рівномірний, то він за 10 с подолає шлях, у 10 разів більший, тобто 5 м/с помножимо на 10 с і отримаємо 50 м.

**Щоб визначити шлях, який проходить тіло під час рівномірного руху, треба швидкість руху тіла помножити на час його руху:**

$$l = vt.$$

Знаючи шлях і швидкість рівномірного руху тіла, можемо визначити час його руху. Наприклад, за який час плавець перепливе озеро завширшки 200 м, якщо він пливе зі швидкістю 2 м/с?

За 1 с спортсмен пропливає 2 м. Щоб визначити, скільки секунд він затратить на те, щоб пропливти 200 м, треба дізнатися, скільки разів у 200 м уміститься 2 м. Для цього 200 поділимо на 2 і отримаємо 100. Час, за який плавець перепливе озеро, дорівнює 100 с, або 1 хв 40 с.

**Щоб визначити час руху тіла, треба пройдений тілом шлях поділити на швидкість руху тіла:**

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



### Це цікаво знати

- Американська ящірка бігає по воді, як по твердій землі, зі швидкістю 11 км/год. Щоб це могла зробити людина, її ступні за розмірами мали б нагадувати розкриті парасольки, а за секунду вона мала б робити 20 кроків.

- В Австралії щороку проводяться змагання, у яких беруть участь незвичайні бігуни – земляні черв'яки – найшвидші безногі бігуни (повзуни), які рухаються зі швидкістю 15 м/год.

- Жук-скакун має гарний зір, але під час бігу зі швидкістю 8 км/год він нічого не бачить. Якби він мав розміри людини, то 100 м пробігав би за 0,5 с.

- Акула плаває в 10 разів швидше, ніж людина-спортсмен, досягаючи швид-

кості 50 км/год. А криветка-богомол наносить удар клешнею зі швидкістю дрібнокаліберної кулі (удар триває 0,005 с).

• У підручниках з біології ви знайдете багато цікавих відомостей. Наприклад, що швидкість руху води у стовбурі хвойних рослин сягає 0,5–1,0 см/год, а в листяних – набагато більше – 40 см/год. Швидкість ця залежить від багатьох зовнішніх чинників, і передусім – від температури навколишнього середовища.



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Який рух називають рівномірним? Наведіть приклади руху, близького до рівномірного.
2. Чим відрізняються один від одного рівномірні рухи плавця, гепарда, орла і літака?
3. Що показує швидкість рівномірного руху тіла?
4. Як визначити швидкість, знаючи пройдений шлях і час руху тіла?
5. Назвіть одиниці швидкості руху тіла.
6. Швидкість руху тіла є векторною величиною. Що це означає?

## § 18. РІВНЯННЯ РУХУ. ГРАФІКИ РІВНОМІРНОГО ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ

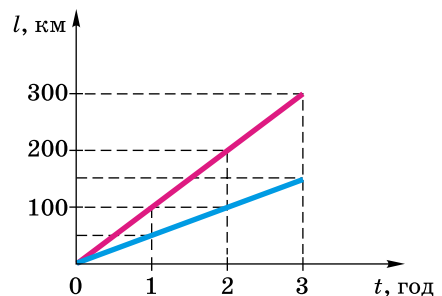
**Р**івномірний прямолінійний рух тіла дуже зручно представляти і вивчати у вигляді графіків залежності шляху, пройденого тілом, від часу його руху (графік руху) і залежності швидкості тіла від часу його руху (графік швидкості).

Розглянемо приклад. Нехай автомобіль рухається з Києва до Одеси зі швидкістю 100 км/год, а мотоцикл – зі швидкістю 50 км/год. Для того щоб побудувати графік залежності пройденого автомобілем шляху від часу руху, потрібно скористатися формулою  $l = vt$  і скласти таку таблицю.

Час $t$ , год	Шлях $l$ , км	
	Автомобіль	Мотоцикл
0	0	0
1	100	50
2	200	100
3	300	150

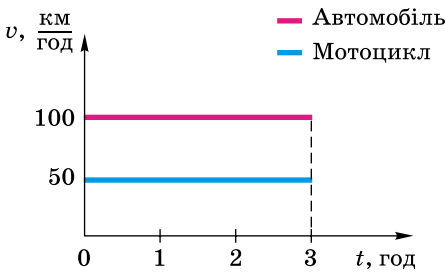
Далі на вертикальній осі відкладаємо в масштабі значення шляху  $l$ , а на горизонтальній – відповідні їм значення часу руху  $t$ , наносимо точки на площину і будуємо графіки руху (мал. 57).

Як видно з малюнка, графік залежності пройденого тілом шляху від часу, або **графік руху**, – це пряма лінія, яка проходить через початок координат і напрямлена під кутом до осі часу, причому кут нахилу до осі часу тим менший, чим



Мал. 57





Мал. 58

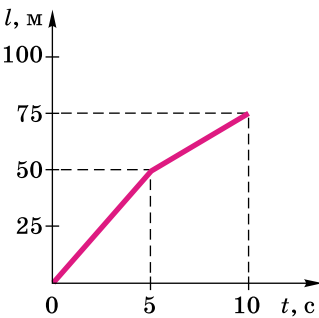
менша швидкість руху тіла. Швидкість руху автомобіля більша за швидкість руху мотоцикла, тому кут нахилу графіка руху автомобіля до осі часу більший.

Щоб побудувати графік залежності швидкості руху тіла від часу руху, або **графік швидкості**, потрібно на вертикальній осі відкласти значення швидкості  $v$ , а на горизонтальній – відповідне значення часу руху  $t$ , нанести точки на площину і провести через них суцільну лінію. Для автомобіля і мотоцикліста отримаємо дві прямі лінії, паралельні осі часу (мал. 58). Це наочно показує, що рівномірний рух є рухом зі сталою (незмінною із часом) швидкістю.

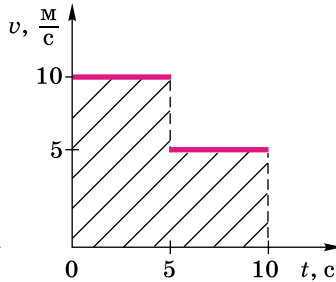
Тепер розглянемо інший випадок. Нехай велосипедист рухався 5 с зі швидкістю 10 м/с, а наступних 5 с – зі швидкістю 5 м/с. Побудуємо графіки залежності пройденого велосипедистом шляху і швидкості його руху від часу руху. Побудову виконаємо, як і в попередньому прикладі, склавши таблицю.

Час $t$ , с	0	5	10
Шлях $l$ , м	0	50	75

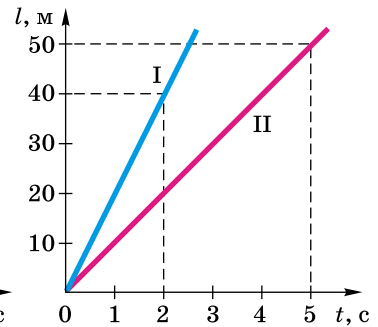
З графіка руху (мал. 59) видно, що на п'ятій секунді велосипедист зменшив швидкість руху, тому і кут нахилу прямої зменшився. Графіком такого руху є ламана.



Мал. 59



Мал. 60



Мал. 61

Графік залежності швидкості руху від часу (мал. 60) має вигляд ступінчастої лінії – «сходинок», яка утвердилася також через зменшення вдвічі швидкості руху велосипедиста на п'ятій секунді.

Розглянемо заштриховану фігуру під графіком швидкості: вона складається з двох прямокутників. Виявляється, що, визначаючи площу цих прямокутників через добуток їх висоти і довжини, ми множимо швидкість руху велосипедиста на час його руху і визначаємо пройдений ним шлях на обох ділянках:

$$l = 10 \text{ м/с} \cdot 5 \text{ с} + 5 \text{ м/с} \cdot 5 \text{ с} = 75 \text{ м.}$$

З розрахунків видно, що результат збігається з даними в таблиці.

З наведених прикладів випливає, що за графіками руху і швидкості можна цілком визначити вид, швидкість, час і шлях руху тіла.

Розглядаючи графіки руху, наведені на малюнку 61, робимо висновок, що це графіки прямолінійного рівномірного руху двох тіл I і II, причому швидкість тіла I більша за швидкість тіла II. За графіком визначаємо, що швидкість руху тіла I дорівнює 20 м/с, а тіла II – 10 м/с.



#### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Як зобразити рівномірний рух тіла?
2. Що можна визначити за допомогою графіка залежності швидкості руху тіла від часу?
3. Схарактеризуйте рухи тіл I і II, користуючися графіками на малюнку 61.

## § 19. НЕРІВНОМІРНИЙ ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РУХ. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ НЕРІВНОМІРНОГО РУХУ

**Б**ільшість рухів у природі є нерівномірними. Наприклад, автобус, відходячи від зупинки, за однакові інтервали часу проїжджає дедалі більший шлях, а наближаючись до зупинки, – навпаки. Бігун, беручи участь у змаганнях, витрачає на подолання однакових за довжиною кіл різний час. Рух автобуса і бігуна – це приклади нерівномірного руху.

**Під час нерівномірного руху тіло за однакові інтервали часу проходить неоднаковий шлях.**

Якщо тіло рухається нерівномірно, то за однакові інтервали часу воно проходить неоднаковий шлях. Із цього можемо зробити висновок, що швидкість руху тіла упродовж кожного інтервалу часу змінюється.

Не у всіх прикладах таблиці 3 йдеться про рівномірні рухи.

Швидкості руху в природі, м/с

Таблиця 3

Равлик	0,0014	Звук у повітрі (при 0 °С)	331
Муха	5	Місяць навколо Землі	1000
Шпак	20	Земля навколо Сонця	30 000
Страус	22	Світло у вакуумі	300 000 000

Не всі вказані в таблиці 3 рухи є рівномірними. Лише звук і світло за певних умов поширюються зі сталою швидкістю. Швидкості решти тіл змінюються під час руху. Тому для них вказано середні або найбільші значення.

Отже, під час нерівномірного руху тіла його швидкість може значно змінюватись у різних точках траєкторії, але для спрощення часто використовують поняття *середньої швидкості* нерівномірного руху на певній ділянці шляху або за певний час руху, умовно вважаючи його рівномірним.

**Середню швидкість руху тіла визначають відношенням пройденого ним шляху до повного часу руху:**

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

де  $v_c$  – середня швидкість руху тіла;  $l$  – весь пройдений тілом шлях;  $t$  – повний час руху тіла.

Звичайно, отримані при цьому значення середньої швидкості можуть не збігатися зі швидкістю руху тіла на окремих ділянках траєкторії. Під час нерівномірного руху тіло на одних ділянках має меншу швидкість, на інших – більшу. Наприклад, літак, починаючи зліт, збільшує свою швидкість, потім летить з певною сталою швидкістю, а перед посадкою зменшує швидкість руху.

Під час руху автомобіля або мотоцикла швидкість їх руху фіксується за допомогою спеціальних приладів – **спідометрів** (мал. 62), які бувають стрілочними або цифровими.



Мал. 62



### Це цікаво знати

Якщо рухатися рівномірно по прямій (швидкість руху вказано в дужках), то подорож до Місяця тривала б:

- пішки (5 км/год) – 8 років 280 днів;
- на велосипеді (30 км/год) – 1 рік 163 дні;
- на автомобілі (100 км/год) – 160 днів;
- на космічному кораблі (28 000 км/год) – 13 год 43 хв.

Один з наочних рухів людини – це хода. Швидкість рівномірного ходу (кроку) становить приблизно 1 м/с. Людина може бігти зі швидкістю 10–11 м/с. Наскільки інтенсивно повинні при цьому рухатися всі частини тіла! Яка взаємоузгодженість вимагається від цих рухів! І це не дивно, адже швидкість поширення нервових імпульсів по нейронах сягає 120 м/с. І з якою ж швидкістю повинна рухатися кров, яка постачає кисень в усі органи тіла людини? Кров виштовхується в аорту зі швидкістю 0,2 м/с. У міру руху по судинах швидкість руху її зменшується: у тонких капілярах вона рухається зі швидкістю всього лише 0,3 мм/с. Повільно переміщується їжа в кишечнику – 0,5 см/с.

За перший рік життя, коли людина росте найшвидше, її зріст збільшується приблизно на 25 см – тобто швидкість росту людини становить близько  $10^{-8}$  м/с.

З кожним наступним роком ріст сповільнюється і до 25 років зовсім припиняється. Однак про те, що в організмі людини тривають процеси росту, нам нагадує ріст нігтів ( $2 \text{ мм/місяць} = 10^{-9} \text{ м/с}$ ) і волосся ( $0,35 \text{ мм/добу} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ м/с}$ ).



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Який рух називають нерівномірним? Наведіть приклади нерівномірного руху.
2. Яку швидкість руху тіла мають на увазі, коли кажуть, що швидкість руху літака дорівнює  $700 \text{ км/год}$ ?
3. Як визначити середню швидкість нерівномірного руху тіла?
4. Як визначити пройдений тілом шлях, знаючи швидкість і час його руху?
5. Як визначити час руху тіла, знаючи пройдений ним шлях і швидкість руху?



## ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

### Розв'язуємо разом

1. Якщо велосипедист за перші  $5 \text{ хв}$  проїхав  $5 \text{ км}$ , а за наступні  $10 \text{ хв}$  –  $10 \text{ км}$ , то чи можна вважати такий рух рівномірним?

*Відповідь:* так, тому що велосипедист рухався з однаковою швидкістю –  $1 \text{ км/хв}$ .

2. Легковий автомобіль долає відстань  $144 \text{ км}$  за  $2 \text{ год}$ . Визначте швидкість руху автомобіля, вважаючи його рух рівномірним.

Дано:

$$l = 144 \text{ км}$$

$$t = 2 \text{ год}$$

$$v = ?$$

Розв'язання

Для обчислення швидкості руху автомобіля використаємо формулу:  $v = \frac{l}{t}$ .

$$v = 144 \text{ км} : 2 \text{ год} = 72 \text{ км/год.}$$

Щоб визначити швидкість у метрах за секунду, виразимо шлях у метрах, а час – у секундах:  $144 \text{ км} = 144\,000 \text{ м}$ ;  $2 \text{ год} = 7200 \text{ с}$ .

Тоді  $v = 144\,000 \text{ м} : 7200 \text{ с} = 20 \text{ м/с}$ .

*Відповідь:* швидкість руху автомобіля дорівнює  $72 \text{ км/год}$ , або  $20 \text{ м/с}$ .

### Рівень А

37. Доповніть речення:

- 1) Зміну положення тіла відносно інших тіл із часом називають ... рухом.
- 2) Тіло, відносно якого розглядається рух, називають ... відліку.
- 3) ... рухом називають такий рух, під час якого тіло за будь-які ... інтервали часу проходить однакові шляхи.

38. З наведених речень виберіть ті, які є прикладами механічного руху: ластівка ловить комах у повітрі; світиться електрична лампа; вітер підняв угору аркуш паперу; пожовтіло листя дерев; заснула дитина.

39. Пасажир сидить у вагоні, що рухається. Відносно яких тіл пасажир перебуває у спокої: а) вагона; б) Землі; в) коліс вагона; г) інших пасажирів, які сидять нерухомо у вагоні?

40. Човен пливе по річці. Чому в тумані, коли не видно берегів, не можна вказати напрям руху човна?



Мал. 63



Мал. 64

41. Рухається чи перебуває в стані спокою автомобіль, зображений на малюнку 63?

42. Для транспортування зерна у сховищах, вугілля і руди – у шахтах товарів у супермаркетах використовують стрічкові транспортери. У якому стані перебуває вугілля відносно стрічки транспортера? Відносно котків транспортера? Яка траєкторія руху окремих шматків вугілля?

43. Яку траєкторію описує моторний човен, що рухається по поверхні моря (мал. 64)?

44. Які рухи можна вважати рівномірними, а які – нерівномірними: рух ескалатора метро; рух літака по смузі летовища; рух електропоїзда від станції і на перегоні; рух автомобіля по шосе; падіння крапель дощу?

45. Автомобіль за 1 год проходить 60 км, за 30 хв – 30 км, за 15 хв – 15 км. Як рухається автомобіль?

46. Земля рухається навколо Сонця зі швидкістю 108 000 км/год (мал. 65). Виразіть цю швидкість у метрах за секунду. Яку відстань пройде Земля за півроку?

47. На прямолінійній ділянці шляху товарний поїзд рухається зі швидкістю 72 км/год, а пасажирський – 20 м/с. Чи однаково рухаються поїзди?

48. Кальмар (мал. 66) рухається подібно до ракети, із силою виштовхуючи воду, яку він набирає через рот, і тому його переміщення в товщі води досить швидке. Яку швидкість розвиває кальмар, якщо за 10 с він пропливає 160 м?



Мал. 65



Мал. 66



Мал. 67

**49.** З якою середньою швидкістю рухався автомобіль, якщо за 20 хв він проїхав по вулицях міста 12 км? Чому в даному разі кажемо про середню швидкість автомобіля?

**50.** Яка ціна поділки шкали спідометра, зображеного на малюнку 67? Яку максимальну швидкість руху він може зафіксувати?

### Рівень Б

**51.** У книжці «У зоряні світи» В. Бережного так описано вихід астронавта з космічного корабля для ремонту антени: «Диво дивне! Йому здалося, що ракета висить на одному місці, висить зовсім непорушно!.. Ну як же це так – ракета мчить зі швидкістю 12 кілометрів за секунду – тільки подумати! – а руху непомітно». Чому астронавт не помічав руху ракети? У якому стані відносно ракети перебував астронавт?

**52.** На столі у вагоні поїзда, що рухається, лежить книжка. У русі чи в спокої перебуває книжка відносно: а) стола; б) рейок; в) моста через річку? Як зміняться відповіді на запитання, якщо поїзд стоятиме на станції?

**53.** Яка траєкторія руху кульки, випущеної з руки? Яка траєкторія цієї кульки, кинуті вертикально вгору?

**54.** Які з наведених рухів прямолінійні, а які – криволінійні: рух маятника годинника; рух ящика по дошці, поставленій під кутом до горизонту; рух вантажу по стрічці транспортера; рух поршня автомобільного двигуна; рух Землі навколо Сонця; рух космічного корабля, що летить у напрямі до Марса?

**55.** Який вигляд має траєкторія руху кінця стрілки годинника?

**56.** Трубка завдовжки 100 см наповнена водою. У ній може вільно рухатися бульбашка повітря. Швидкість руху бульбашки залежить від кута нахилу трубки. В одному випадку бульбашка проходить 10 см за 1 с, 20 см – за 2 с, 40 см – за 4 с, 60 см – за 6 с; у другому – 8 см за 2 с, 20 см – за 5 с, 85 см – за 25 с. У якому випадку рух бульбашки є рівномірним?





Мал. 68



Мал. 69

**57.** Розгляньте малюнки 68 і 69 та дайте відповіді на запитання:

- 1) Які види рухів ви спостерігаєте? Чим вони різняться?
- 2) Які траєкторії описують на малюнку 68 небесні об'єкти?
- 3) По якій траєкторії рухається велосипедист (мал. 69)? Чому він нахилиється під час руху?
- 4) Відносно яких тіл небесні об'єкти і велосипедист рухаються, а відносно яких – знаходяться у стані спокою?
- 5) Чому зображення велосипедиста чітке, а деталі велосипеда й іншого велосипедиста розмиті?

**58.** Автобус, рухаючись рівномірно, подолав 4,5 км за 5 хв, а легковий автомобіль – 300 м за 10 с. Який транспорт рухався швидше?

**59.** Визначте власну середню швидкість під час ходьби. Для цього пройдіть спокійним кроком 60 або 100 м і зафіксуйте час ходьби.

**60.** У 1985 р. на літаку «Вояджер» (мал. 70) уперше було здійснено політ навколо Землі без посадки і дозаправки паливом. Літак подолав відстань з крейсерською швидкістю 126 км/год. Протягом якого часу літак перебував у повітрі?

**61.** Перший космонавт Юрій Гагарін облетів Землю на космічному кораблі «Восток» (мал. 71) за 108 хв із середньою швидкістю 7,8 км/с. Який шлях подолав космічний корабель під час польоту?



Мал. 70



Мал. 71

**62.** Знаючи середню довжину власного кроку, визначте швидкість вашого руху. Для цього полічіть, скільки кроків зробите протягом 1 хв.

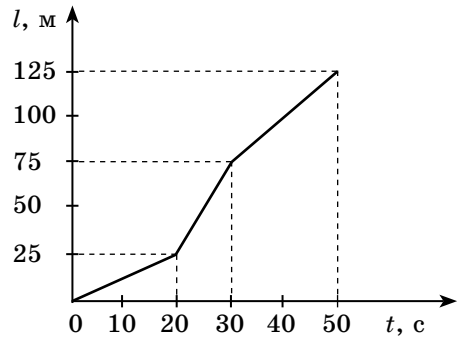
**63.** Під час руху автомобіля стрілка спідометра займає стале положення на позначці 45 його шкали. Як рухається автомобіль у цьому випадку? У яких одиницях вимірює спідометр швидкість руху автомобіля?

**64.** Радіосигнали поширюються зі швидкістю 300 000 км/с. Через який час спостерігач на Землі прийме радіосигнал, який він послав на Місяць і який відбився від нього, якщо відстань до Місяця дорівнює 384 400 км?

**65.** Зі Львова у напрямі Києва виїхав вантажний автомобіль зі швидкістю 90 км/год, а легковий – 120 км/год. Побудуйте графіки залежності пройденого ними шляху від часу і швидкості руху від часу, якщо авто рухалися протягом 5 год.

**66.** За графіком руху тіла (мал. 72) визначте: 1) час руху тіла; 2) шлях, який пройшло тіло; 3) швидкість руху тіла на кожній з ділянок.

Побудуйте графік залежності швидкості руху тіла від часу руху.



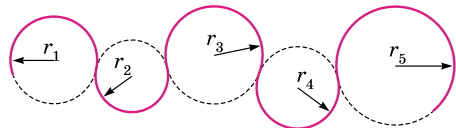
Мал. 72

## § 20. РІВНОМІРНИЙ РУХ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПО КОЛУ. ПЕРІОД ОБЕРТАННЯ. ШВИДКІСТЬ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ПІД ЧАС РУХУ ПО КОЛУ

Дося ми вивчали прямолінійний рух тіл, хоча в природі й техніці часто відбуваються складніші рухи тіл – криволінійні, коли траєкторією тіла є крива лінія. Будь-яку криву лінію завжди можна представити як сукупність дуг кіл різних радіусів (мал. 73).

Тому, вивчивши рух матеріальної точки по колу, зможемо в подальшому вивчати й будь-які інші криволінійні рухи. Крім того, з усіх можливих криволінійних рухів у техніці широко застосовується обертальний рух деталей машин і механізмів, наприклад обертання шестерень машин і верстатів, деталей, що оброблюються на токарних верстатах, валів двигунів, коліс машин, фрез, свердел тощо. Будь-яка точка цих деталей рухається по колу. Ці дві особливості й зумовили обов'язкове вивчення руху по колу, а саме – рівномірний рух тіла по колу.

**Рух матеріальної точки по коловій траєкторії зі швидкістю, сталою за значенням, але змінною за напрямом, називають *рівномірним рухом по колу*.**



Мал. 73



Мал. 80



Мал. 81



### Для допитливих

Якщо в кабінеті фізики є астрономічний прилад (мал. 82), що демонструє рух планет навколо Сонця, то за його допомогою визначте період обертання кожної «планети» навколо «сонця». Які ще прилади потрібні для виконання завдання? Знайдіть співвідношення періодів цих планет і порівняйте їх з табличними даними.



Мал. 82

## § 21. КОЛИВАЛЬНИЙ РУХ. АМПЛІТУДА КОЛИВАНЬ. ПЕРІОД КОЛИВАНЬ. МАЯТНИКИ

**К**оливальний рух (коливання) – один з найпоширеніших процесів у природі й техніці.

**Спостереження.** Під дією вітру коливаються навіть висотні будинки і високовольні лінії електропередач, здійснює коливання маятник заведеного годинника (мал. 83), автомобіль на ресорах під час руху. Землетруси – це коливання земної кори, припливи і відливи – коливання рівня води морів та океанів (мал. 84), зумовлені притяганням Місяця, биття пульсу – результат періодичних скорочень серцевих м'язів людини.



Мал. 83



Мал. 84



Мал. 85

Коливальні явища вивчає спеціальний розділ фізики – теорія коливань. Знання про коливальні процеси потрібні судно- і літакобудівникам, фахівцям промисловості й транспорту, конструкторам радіотехнічної і звукової апаратури, багатьом іншим.

**Дослід 1.** Для спостереження та вивчення коливань, а також для застосування в різноманітних приладах використовують маятники. Найпростіший маятник – це кулька, підвішена на нитці до якоїсь опори (мал. 85, а). Якщо кульку відхилити від початкового положення рівноваги і відпустити, то вона почне рухатися зліва направо, справа наліво доти, доки коливання не припиняться (мал. 85, б). Маятник Фуко (мал. 85, в), що знаходиться в паризькому Пантеоні (Франція), доводить те, що Земля обертається навколо своєї осі.

У фізиці маятник подібної будови називають **математичним маятником**.

*Які ж найхарактерніші ознаки коливальних рухів?* Проведений дослід дає змогу зробити висновок, що під час коливань певні положення тіла повторюються або майже повторюються. Зробивши одне повне коливання, тобто пройшовши шлях від крайнього лівого положення до крайнього правого і назад, тіло, підвішене на нитці, й надалі повторюватиме такий самий рух. Ми вже знаємо, якщо рух тіла повторюється із часом, то його називають періодичним.

**Механічні коливання – це такий рух, під час якого положення і швидкість руху тіла точно або приблизно повторюються через певні інтервали часу.**

Повторюються рухи поршня у двигуні автомобіля, човнів – на хвилях, стержня відбійного молотка, сита сортувальної установки. Усе це приклади механічних коливань.

Математичний маятник складається з кількох тіл, які взаємодіють між собою: Земля і кулька, кулька і нитка, нитка і опора в точці підвісу. Якщо дією інших тіл на маятник можна знехтувати, то кажуть, що тіла у складі маятника утворюють коливальну систему. Якщо вивести коливальну систему зі стану рівноваги – відхилити кульку з початкового положення і відпустити, то далі коливання будуть продовжуватися без зовнішнього втручання за рахунок взаємодії між тілами системи.

**Коливання, які відбуваються в коливальній системі за рахунок взаємодії між тілами, що її утворюють, називають вільними.**

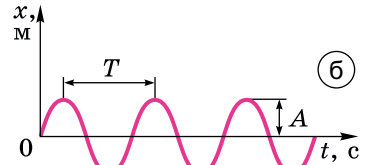
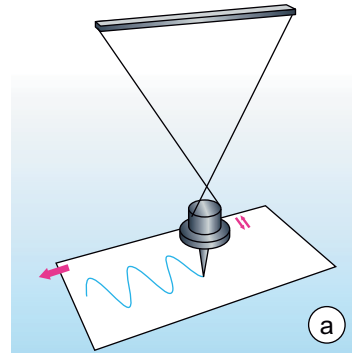
Коливання кульки на нитці, які ми розглянули, є прикладом вільних коливань.

А який вигляд мають коливання і якими фізичними величинами вони характеризуються?

**Дослід 2.** Візьмемо маятник, у якого замість кульки підвішено тягарець з наскрізним отвором. За допомогою такого пристрою можна записувати коливання (мал. 86, а). Установимо в отвір тягарця фломастер, введемо тягарець із положення рівноваги і відпустимо. Маятник почне здійснювати коливання, а фломастер, торкаючись аркуша картону, який ми рівномірно протягуватимемо під час коливань, залишатиме на ньому слід.

У результаті дослідження отримаємо графік коливань маятника у вигляді накресленої лінії (мал. 86, б), тобто залежність відхилення маятника від часу. Згодом докладно вивчатимемо цю хвилясту лінію, яку називають **синусоїдою**.

Як видно з малюнка 86, б, маятник у певний момент відхиляється від положення рівноваги на деяку максимальну відстань. Це відхилення маятника назвали **амплітудою коливань**.



Мал. 86

**Амплітуда коливань** – це найбільше відхилення тіла від положення рівноваги.

Амплітуду коливань позначають літерою  $A$ . Її одиницею в СІ є **один метр (1 м)**. Значення амплітуди залежить тільки від того, на яку відстань тіло відвели від положення рівноваги перед початком коливань.

Маятник виконує одне повне коливання за певний час. Тривалість одного повного коливання називають **періодом коливань**.

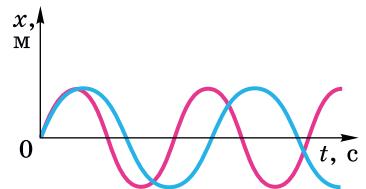
**Період коливань** – це найменший інтервал часу, через який певний стан руху тіла повністю повторюється.

Період коливань позначають літерою  $T$ . Її одиницею в СІ є **одна секунда (1 с)**.

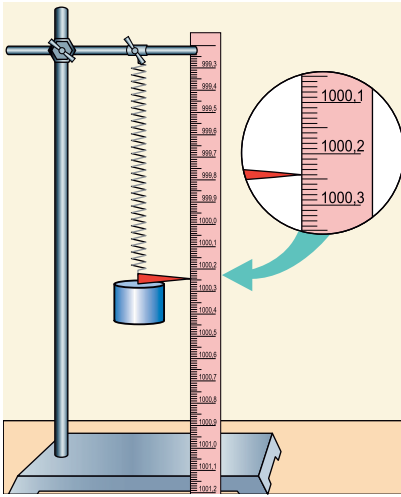
Якщо за час  $t$  відбулося  $N$  повних коливань, то, щоб визначити період  $T$ , потрібно  $t$  поділити на  $N$ , тобто:

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

**Дослід 3.** Візьмемо маятник, як у досліді 2, але підвісимо тягарець на нитку більшої довжини. Потім так само запишемо графік коливань нового маятника й порівняємо його з графіком у досліді 2. Побачимо: що більша довжина маятника, то більший період його коливань (мал. 87).



Мал. 87



Мал. 88

**Період коливань маятника залежить від його довжини. Що довший маятник, то більший період його коливань.**

Якщо виконати досліди з пружинним маятником (мал. 88), який складається з пружини і підвішеного до нього тіла, то виявиться: що більша маса підвішеного до пружини тіла, то більший період коливань пружинного маятника.

Коливання характеризуються також частотою коливань, яку позначають грецькою літерою  $\nu$  (ню).

**Частоту коливань визначають числом коливань, виконаних системою за одиницю часу.**

Якщо за час  $t$  відбулося  $N$  коливань, то, щоб визначити частоту  $\nu$ , потрібно  $N$  поділити на  $t$ , тобто:

$$\nu = \frac{N}{t}, \text{ або } \nu = \frac{1}{T}.$$

Частота й період коливань пов'язані обернено пропорційною залежністю, тому:

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

де  $T$  – період коливань;  $\nu$  – частота коливань.

Одиницею частоти в СІ є **один герц (1 Гц)**.  $1 \text{ Гц} = 1/\text{с}$ , названа одиниця так на честь відомого німецького фізика **Генріха Герца (1857–1894)**.

Якщо частота коливань  $\nu = 1 \text{ Гц}$ , то це означає, що відбувається одне коливання за секунду. Приблизно з такою частотою б'ється серце людини. Якщо  $\nu = 50 \text{ Гц}$ , то відбувається 50 коливань за секунду.



### Це цікаво знати

Дослідження показали, що серце миші робить 600 ударів за хвилину, а кита – 15 ударів за хвилину. Проте обидва серця скорочуються за час життя тварини близько 750 млн разів. Учені вважають, що тривалість життя більшості ссавців (за винятком людини), якщо її вимірювати кількістю ударів серця, приблизно однакова.



### ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що таке коливання? Наведіть приклади механічних коливань.
2. Що називають періодом коливань?
3. Як практично визначити період коливання?
4. Що показує частота коливань?
5. Який зв'язок існує між періодом і частотою коливань?





## Лабораторна робота № 5

### Дослідження коливань нитяного маятника

**Мета роботи:** визначити дослідним шляхом, від яких умов залежить період коливань маятника.

**Прилади і матеріали:** кульки різної маси, нитки, секундомір, штатив.

#### Хід роботи

1. Підвісьте кульку на нитку завдовжки 30–40 см. Відхиліть її від положення рівноваги. Підрахуйте кількість коливань кульки і час, протягом якого ці коливання відбувалися. Визначте період коливань маятника. Результати запишіть у таблицю.

2. До цієї самої нитки підвісьте кульку іншої маси. Повторіть попередній дослід. Результати запишіть у таблицю. Зробіть висновок.

3. Змініть довжину нитки і виконайте попередні досліди. Результати запишіть у таблицю. Зробіть висновок.

4. Перевірте, чи зміниться період коливань маятника, якщо кульку відхиляти на різні кути.

№ досліду	Довжина нитки $l$ , м	Маса кульки $m$ , кг	Кількість коливань $N$	Час коливань $t$ , с	Період коливань $T$ , с
1	$l_1 =$	$m_1 =$			
2		$m_2 =$			
3	$l_2 =$	$m_1 =$			
4		$m_2 =$			



#### Для допитливих

1. Закріпіть пружину у штативі, підвісьте до неї тягарець. Визначте період коливань тягарця на пружині.
2. Дослідіть, чи залежить період коливань пружинного маятника від маси тягарця.



## ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

### Розв'язуємо разом

1. Якщо під час обертання шліфувального круга точки на його ободі мають швидкість руху 95 м/с, то виникає небезпека розривання круга. Чи можна цей круг, радіус якого 20 см, обертати із частотою  $100 \frac{1}{с}$ ?

Дано:

$$v_p = 95 \text{ м/с}$$

$$r = 20 \text{ см} = 0,20 \text{ м}$$

$$n = 100 \frac{1}{с}$$

$$v = ?$$

Розв'язання

З початкових даних  $v_p$  – значення швидкості, при якій виникає небезпека розривання круга;  $v$  – значення швидкості, яку матимуть точки на ободі круга. Ця швидкість руху дорівнює:

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

Для одного оберту шлях  $l = 2\pi r$ , де  $\pi = 3,14$ ;  $t = T$ ,  $v = \frac{2\pi r}{T}$ ,  $n = \frac{l}{T}$ , тоді  $v = 2\pi r n$ .

Підставивши значення, отримаємо:

$$v = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,20 \text{ м} \cdot 100 \frac{1}{\text{с}} = 125,6 \text{ м/с.}$$

**Відповідь:** отримане значення швидкості більше за те, при якому виникає небезпека розривання круга. Отже, шліфувальний круг не можна обертати із частотою  $100 \frac{1}{\text{с}}$ .

2. Нитяний маятник робить 10 коливань за 20 с. Визначте період і частоту маятника.

Дано:

$$N = 10$$

$$t = 20 \text{ с}$$

$$T = ? \quad \nu = ?$$

Розв'язання

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

$$T = 20 \text{ с} : 10 = 2 \text{ с.}$$

Знаючи, що  $\nu = \frac{1}{T}$ , визначимо  $\nu = \frac{1}{2} \text{ с} = 0,5 \text{ Гц.}$

### Рівень А

67. Як рухаються тіла, зображені на малюнках 89 і 90?

68. Період обертання круга дорівнює 14 с. Як ви це розумієте?

69. Частота обертання тіла дорівнює  $10 \frac{1}{\text{с}}$ . Що це означає?

70. Камінь обертається на нитці. Якою буде траєкторія польоту каменя, якщо нитка раптово обірветься?

71. Визначте період обертання вала токарного верстата, якщо його частота обертання дорівнює  $125 \frac{1}{\text{с}}$ .

72. Визначте швидкість обертання точки земної поверхні, спричиненої добовим обертанням Землі, якщо радіус Землі дорівнює 6400 км. Точка розміщується на екваторі.

73. Період коливань зубила пневматичного молотка дорівнює 0,02 с. Яка частота коливань зубила?

74. Частота коливань поплавка на морських хвилях 5 Гц. Який період коливань поплавка?



Мал. 89



Мал. 90

**Рівень Б**

**75.** Шків, діаметр якого 16 см, робить 300 обертів за 3 хв. Визначте частоту обертання шківа і швидкість рівномірного руху точок обода цього шківа.

**76.** Визначте радіус колеса, що рівномірно обертається, якщо швидкість точок обода колеса дорівнює 10 м/с, а частота обертання колеса –  $4 \frac{1}{с}$ .

**77.** З якою швидкістю відносно поверхні Землі рухаються нижня точка велосипедного колеса, центр колеса і його верхня точка, якщо велосипед рухається зі швидкістю 5 м/с?

**78.** Хвилинна стрілка в 1,5 раза довша за годинну. У скільки разів швидкість кінця хвиливної стрілки більша за швидкість кінця годинної стрілки?

**79.** Визначте швидкість рівномірного руху кінця секундної стрілки власного годинника. Яка частота обертання цієї стрілки?

**80.** Задне колесо воза, діаметр якого 84 см, зробило 434 оберти. Скільки обертів зробило на цій самій відстані передне колесо, діаметр якого 70 см?

**81.** Схарактеризуйте фізичні величини «період обертання», «частота обертання».

**ІСТОРИЧНА ДОВІДКА**

Понад дві тисячі років тому Арістотель писав: *«Оскільки природа є початком руху та зміни, а предметом нашого дослідження є природа, то не можна залишити нез'ясованим, що таке рух, бо незнання руху призведе до незнання природи»*. Під рухом Арістотель розумів зміни, що відбуваються з тілом, тобто зміни місця чи положення тіла відносно інших тіл. Складніший рух, за словами філософа, включає в себе попередній, менш складний. Наведемо приклади до цих висловлювань Арістотеля. Найпростішим є механічний рух, тобто зміна із часом положення тіла відносно інших тіл. Крім механічного руху, існують складніші рухи: теплові, електричні, атомні. І ці рухи вже включають найпростіші рухи (частинки при тепловому русі рухаються за законами механіки).

Італійський фізик і астроном Галілео Галілей виконав ґрунтовні дослідження механічного руху. Галілей сформулював принцип відносності для рівномірного прямолінійного руху. Учений, вивчаючи вільне падіння тіл, доходить висновку, що тіло падає на Землю з постійно зростаючою швидкістю. Але потрібні були експерименти для підтвердження цих лише теоретичних гіпотез.

Під час вивчення вільного падіння тіл Галілей зіткнувся зі складним завданням вимірювання часу. Він придумав спосіб сповільнення процесу падіння, змушуючи тіло рухатися по похилій площині з невеликим нахилом. Учений знав теоретично, що при цьому має змінюватися лише масштаб руху, і провів такий експеримент: у дерев'яній дошці він прорізав строго прямолінійний жолоб і добре відполірував стінки. Установивши його під кутом до горизонту, Галілей скочував униз бронзову кулю. Вимірював час проходження кулею відрізків шляху різної довжини. Оскільки точного годинника в ті часи не було, то Галілей зважував воду, яка витікала з великого резервуара крізь тонку трубку за час переміщення кулі від однієї точки жолоба до іншої. Він установив, що час точно дорівнює квадратному кореню з пройденої відстані відповідно до гіпотези про падіння тіл зі зростаючою швидкістю.

## ПЕРЕВІРТЕ СВОЇ ЗНАННЯ



### Контрольні запитання

1. Які види механічного руху ви знаєте? У чому полягає їх відмінність?
2. Відомо, що в густому тумані легко заблукати, бо не видно предметів, відносно яких ми рухаємося. Чому ж тоді в лісі, де багато дерев, також легко заблукати?
3. Чим можуть відрізнятися рівномірні прямолінійні рухи двох тіл, якщо тіла пройшли однакові відстані?
4. Як визначити середню швидкість руху тіла, що скочується з похилої площини? Які величини ви при цьому повинні визначити практично і якими приладами?
5. Якими приладами фіксують швидкість руху тіл? Якого типу вони бувають?
6. Чим відрізняється прямолінійний рівномірний рух тіла від його рівномірного руху по колу?
7. Назвіть величини, які характеризують рівномірний рух тіла по колу.
8. Як можна визначити швидкість рівномірного руху тіла по колу?
9. Наведіть приклади криволінійних рухів, зокрема рухів тіл по колу.
10. Чи всі тіла можуть коливатися?
11. Назвіть величини, які характеризують коливні процеси.
12. Довжина маятника настінного годинника відраховується від точки його підвісу до центра жерстяного кружечка, який насаджено на стержень. Опустити чи підняти потрібно кружечок, якщо годинник почав відставати?

### Що я знаю і вмію робити

#### Я знаю, які є одиниці шляху, часу, швидкості руху тіла.

1. Замість крапок уставте пропущені числа:

1 км = ... м;	1 см = ... м;	1 м = ... мм;	100 м = ... см = ... мм;
1 год = ... с;	30 с = ... год;	15 хв = ... с;	3 год = ... хв = ... с;
18 км/год = ... м/с;	20 м/с = ... км/год;	20 см/с = ... м/с;	9 км/с = ... м/с.

#### Я вмію пояснювати явища.

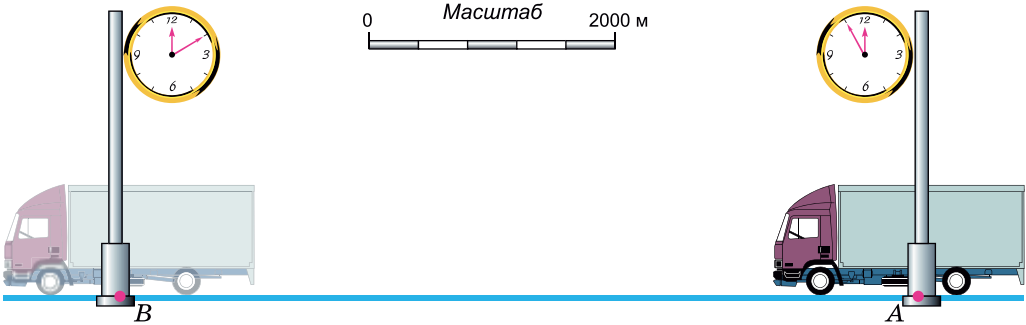
2. Яке природне явище ви спостерігаєте на фотоілюстраціях 91 і 92?
3. За якою ілюстрацією можна визначити, рухається спостерігач чи знаходиться у стані спокою?
4. Як пояснити різну траєкторію падіння крапель на скло (мал. 91, 92)?



Мал. 91



Мал. 92



Мал. 93

**Я знаю, як визначити фізичні величини.**

5. За малюнком 93 визначте швидкість руху вантажного автомобіля.

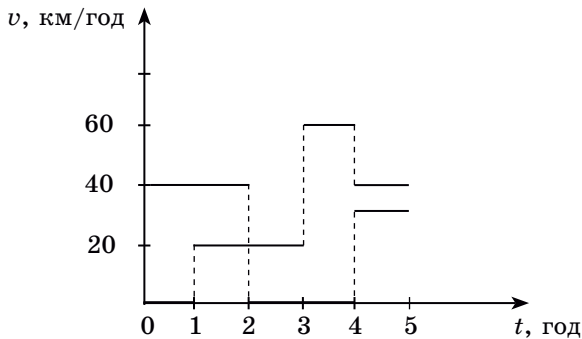
6. Період коливань зубила пневматичного молотка дорівнює 0,2 с. Яка частота коливань зубила?

**Я вмю виконувати досліди.**

7. Виконуючи лабораторну роботу, учень визначив, що маятник здійснив 50 коливань за 45 с. Який період коливань маятника?

**Я вмю описувати і будувати графіки рівномірного руху тіла.**

8. Два мотоциклісти, перебуваючи в одному пункті, почали рухатися в одному напрямі прямолінійною траєкторією. Графіки швидкостей подано на малюнку 94.



Мал. 94

- Яка швидкість руху кожного мотоцикліста о 1 год? 2 год? 3 год? 4 год? о 5 год?
- У якого мотоцикліста швидкість була найбільшою? Найменшою? Коли це було?
- Який з мотоциклістів не рухався? Коли це було?
- Який шлях пройде кожен мотоцикліст за 1, 2, 3, 4 і 5 год?
- Накресліть графіки залежності пройденого мотоциклістами шляху від часу руху.
- Яка середня швидкість руху кожного мотоцикліста за весь час руху?

**Я вмю конструювати.**

9. «Транспортування овочів». Носити зібрані овочі з віддалених місць присадибної ділянки досить важко. Особливо якщо це велика корзина з картоплею, буряками, гарбузами тощо. Запропонуйте пристрій або спосіб транспортування таких вантажів з урахуванням того, що овочі ще не зібрано повністю й використовувати візок чи більш вантажопідйомний транспортний засіб немає можливості.

10. Придумайте прилад для вимірювання шляху під час криволінійного руху тіла.

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ



## Варіант 1

- Які з наведених частин велосипеда, що спускається з гори, перебувають у русі відносно його рами?
  - педалі під час їх обертання
  - педалі під час «вільного ходу» велосипеда
  - осі коліс
  - ланцюг під час обертання педалей
- Відносно яких тіл пасажир, який сидить у рухомому вагоні, перебуває у спокої?
  - вагона
  - Землі
  - інших пасажирів, які сидять у вагоні
  - коліс вагона
- Пасажирський поїзд за кожні півгодини долав відстань 60 км, за 15 хв – 30 км, за 1 хв – 2 км. Який це рух?
  - рівномірний
  - нерівномірний
  - криволінійний
  - рух по колу
- Один літак летить зі швидкістю 540 км/год, а другий – 130 м/с. У якого літака швидкість руху більша?
  - у першого
  - у другого
  - однакова
- Автомобіль проїхав відстань 2 км зі швидкістю 20 м/с, а потім 4,5 км – зі швидкістю 15 м/с. Яка середня швидкість руху автомобіля на всій ділянці шляху?
  - 17 м/с
  - 16,35 м/с
  - 16,25 м/с
  - 16,00 м/с
- Тіло за 5 с робить 20 обертів. Який період обертання тіла?
 

<b>A</b> 0,20 с	<b>B</b> 4 с	<b>B</b> 0,25 с	<b>Г</b> 100 с
-----------------	--------------	-----------------	----------------
- Чи залежить період коливань маятника від довжини нитки?
  - залежить
  - не залежить
  - залежить тільки в певних випадках
- Перший маятник має довжину 2 м, а другий – 4 м. Період коливань якого маятника більший?
 

<b>A</b> першого	<b>B</b> другого	<b>B</b> однакові
------------------	------------------	-------------------



## Варіант 2

1. Яблуко, що лежить на столі вагона рухомого поїзда, рухається відносно...
  - А пасажир, який іде по вагону
  - Б тепловоза
  - В Землі
  - Г пасажир, який сидить у вагоні
2. Яке з наведених тіл перебуває в спокої відносно Землі в даний момент часу?
  - А гусениці трактора, що стикаються із землею під час його руху
  - Б верхні частини гусениць рухомого трактора
  - В Сонце
  - Г осі велосипедних коліс під час руху
3. Автомобіль за півгодини подолав 30 км, причому за перші 15 хв – 20 км, а за наступні – 10 км. Який це рух?
  - А рівномірний
  - Б нерівномірний
  - В криволінійний
  - Г рух по колу
4. Один автомобіль рухається зі швидкістю 72 км/год, а другий – 25 м/с. У якого з автомобілів швидкість руху більша?
  - А у першого
  - Б у другого
  - В однакова
5. Спідометр автомобіля впродовж 0,2 год показував швидкість 60 км/год, а потім упродовж 0,1 год – 80 км/год і знову впродовж 0,2 год – 40 км/год. Визначте середню швидкість руху автомобіля на всьому шляху.
  - А 60 км/год
  - Б 62 км/год
  - В 59,5 км/год
  - Г правильної відповіді тут немає
6. Яка частота обертання тіла, якщо воно за 10 с робить 100 обертів?
  - А 100 Гц
  - Б 10 Гц
  - В 1 Гц
  - Г правильної відповіді тут немає
7. Чи залежить період коливань маятника від частоти коливань?
  - А залежить
  - Б не залежить
  - В залежить тільки в певних випадках
8. Перший маятник коливається із частотою 5 Гц, а другий – 2 Гц. Який з маятників довший?
  - А перший
  - Б обидва
  - В другий

## ЗМІСТ

Юні друзі!	3
Вступ	4

### Розділ 1. ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА. МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

§ 1. Що вивчає фізика	6
§ 2. Спостереження. Досліди. Науковий експеримент. Теорія	8
§ 3. Фізичні явища, процеси і тіла	10
§ 4. Фізичні величини. Вимірювання. Засоби вимірювання	11
<i>Лабораторна робота № 1. Ознайомлення з вимірювальними приладами.</i>	
Визначення ціни поділки шкали приладу	13
§ 5. Похибки та оцінювання точності вимірювань. Міжнародна система одиниць фізичних величин	15
<i>Лабораторна робота № 2. Вимірювання об'єму твердих тіл, рідин і сипких матеріалів</i>	17
<i>Лабораторна робота № 3. Вимірювання розмірів малих тіл різними способами</i>	19
§ 6. Розвиток вчення про будову речовини	19
§ 7. Будова речовини	22
§ 8. Молекули	24
§ 9. Атоми. Ядерна модель атома. Йони	26
§ 10. Рух і взаємодія молекул	28
§ 11. Основні положення атомно-молекулярного вчення про будову речовини	32
§ 12. Видатні вчені-фізики. Внесок українських учених у розвиток і становлення фізики	33
§ 13. Фізика в побуті, техніці, виробництві	37
Задачі та вправи	39
Перевірте свої знання. Контрольні запитання	43
Що я знаю і вмю робити	43
Тестові завдання	44

### Розділ 2. МЕХАНІЧНИЙ РУХ

§ 14. Механічний рух. Відносність руху	48
§ 15. Тіло відліку. Система відліку. Матеріальна точка	50
§ 16. Траєкторія. Шлях. Переміщення	51
§ 17. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість рівномірного прямолінійного руху	54
§ 18. Рівняння руху. Графіки рівномірного прямолінійного руху	57
§ 19. Нерівномірний прямолінійний рух. Середня швидкість нерівномірного руху	59
Задачі та вправи	61
§ 20. Рівномірний рух матеріальної точки по колу. Період обертання. Швидкість матеріальної точки під час руху по колу	65
<i>Лабораторна робота № 4. Визначення періоду обертання та швидкості руху тіла по колу</i>	68

§ 21. Коливальний рух. Амплітуда коливань. Період коливань. Маятники . . . . .	69
<i>Лабораторна робота № 5. Дослідження коливань нитяного маятника . . . . .</i>	73
Задачі та вправи . . . . .	73
Перевірте свої знання. Контрольні запитання . . . . .	76
Що я знаю і вмію робити . . . . .	76
Тестові завдання . . . . .	78

### *Розділ 3. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА*

§ 22. Взаємодія тіл. Явище інерції . . . . .	80
§ 23. Інертність тіла. Маса тіла . . . . .	83
<i>Лабораторна робота № 6. Вимірювання маси тіл методом зважування . . . . .</i>	87
§ 24. Густина речовини . . . . .	88
<i>Лабораторна робота № 7. Визначення густини твердих тіл і рідин . . . . .</i>	90
Задачі та вправи . . . . .	91
§ 25. Сила . . . . .	94
§ 26. Сила тяжіння . . . . .	95
§ 27. Сила пружності. Закон Гука. Вага тіла. Невагомість . . . . .	98
§ 28. Динамометри. Вимірювання сил . . . . .	102
<i>Лабораторна робота № 8. Дослідження пружних властивостей тіл . . . . .</i>	103
Задачі та вправи . . . . .	104
§ 29. Тертя. Сили тертя. Коефіцієнт тертя ковзання . . . . .	107
<i>Лабораторна робота № 9. Визначення коефіцієнта тертя ковзання . . . . .</i>	110
§ 30. Додавання сил. Рівнодійна сил . . . . .	111
Задачі та вправи . . . . .	113
§ 31. Тиск твердих тіл на поверхню. Сила тиску . . . . .	116
Задачі та вправи . . . . .	118
§ 32. Тиск рідин і газів. Закон Паскаля . . . . .	121
§ 33. Гідравлічні машини . . . . .	124
Задачі та вправи . . . . .	126
§ 34. Сполучені посудини . . . . .	129
§ 35. Атмосферний тиск. Барометри . . . . .	132
§ 36. Манометри . . . . .	138
§ 37. Рідинні насоси . . . . .	139
Задачі та вправи . . . . .	141
§ 38. Виштовхувальна сила. Закон Архімеда . . . . .	144
§ 39. Умови плавання тіл . . . . .	147
<i>Лабораторна робота № 10. З'ясування умов плавання тіла . . . . .</i>	152
Задачі та вправи . . . . .	153
Перевірте свої знання. Контрольні запитання . . . . .	158
Що я знаю і вмію робити . . . . .	158
Тестові завдання . . . . .	161

### *Розділ 4. МЕХАНІЧНА РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ*

§ 40. Механічна робота . . . . .	163
§ 41. Потужність . . . . .	165
Задачі та вправи . . . . .	167
§ 42. Механічна енергія та її види . . . . .	170
§ 43. Закон збереження та перетворення енергії в механічних процесах . . . . .	175
Задачі та вправи . . . . .	178

---

§ 44. Машини та механізми	181
§ 45. Прості механізми	184
§ 46. Момент сили. Умови рівноваги важеля	188
<i>Лабораторна робота № 11. Вивчення умови рівноваги важеля</i>	190
§ 47. «Золоте правило» механіки. Коефіцієнт корисної дії механізмів	191
<i>Лабораторна робота № 12. Визначення ККД похилої площини</i>	192
Задачі та вправи	194
Перевірте свої знання. Контрольні запитання	201
Що я знаю і вмю робити	201
Тестові завдання	204
Фізичні задачі навколо нас	206
Словник фізичних термінів	216
Відповіді до задач і вправ	222
Предметно-іменний покажчик	230
Як організувати своє навчання	232