

В.Д. Сиротюк

ФІЗИКА

7



УДК 53(075.3)
ББК 22.3я721
С40

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України
від 20.07.2015 № 777)

**Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено**

Сиротюк В. Д.

С40 Фізика : підруч. для 7-го кл. загальноосвіт. навч.
закл. / В. Д. Сиротюк. — Київ : Генеза, 2015. —
240 с. : іл.

ISBN 978-966-11-0623-8.

Матеріал підручника відповідає новій програмі з фізики. Пояснення навчального матеріалу супроводжується прикладами спостережень, дослідів та практичних завдань, а завершується запитаннями для самоперевірки. У підручнику є 12 лабораторних робіт, фізичні задачі різних рівнів складності, творчого характеру та практичного спрямування, тестові завдання. Рубрики «Для допитливих» та «Це цікаво знати» сприяють підвищенню інтересу учнів до предмета. Словник фізичних термінів допоможе зорієнтуватися у формулюванні фізичних явищ та величин.

**УДК 53(075.3)
ББК 22.3я721**

ISBN 978-966-11-0623-8

© Сиротюк В.Д., 2015
© Видавництво «Генеза»,
оригінал-макет, 2015

Ви починаєте опановувати новий предмет – **фізику**. Вивчати науку фізику не легко. 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, навчитесь 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 *фізичні задачі* різних рівнів складності: **А** – на закріплення і **Б** – творчого характеру. У рубриці «Розв'язуємо разом» наведено зразки розв'язання задач.

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

Рубрика «**Це цікаво знати**» та матеріал, позначений , стануть у пригоді тим, хто не зупиняється на досягнутому й хоче знати більше, збагативши свої знання з фізики додатковою інформацією.

Звертаємо вашу увагу на те, що цей матеріал *не є обов'язковим* для вивчення, має пізнавальну функцію. Він слугуватиме кращому розумінню і засвоєнню предмета. Завдання для самоперевірки допоможуть систематизувати ваші знання.

Матеріал, позначений , допоможе підготуватися до виконання навчальних проектів.

Працюючи з підручником, виконуйте такі поради:

1. Не залишайте свій підручник надовго в портфелі. Користуйтеся ним постійно.

2. 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.

3. Прочитавши текст параграфа, спробуйте дати відповіді на *запитання для самоперевірки*, які є в кінці кожного параграфа.

4. Без розв'язування задач неможливо вивчити фізику. Намагайтеся виконати якомога більше завдань, які є в підручнику і які пропонує вам учитель.

5. 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.

6. Розв'язуючи *тестові завдання*, враховуйте, що серед них є завдання з кількома правильними відповідями.

Щоб правильно та ефективно організувати своє навчання, скористайтеся порадами на с. 232.

Щасливої вам дороги до знань!

Автор

ВСТУП

Фізика 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 безпеки життєдіяльності під час проведення досліду; визначати мету й об’єкт спостереження, встановлювати характерні риси плину 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 безпеки життєдіяльності**:

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 металевими інструментами.
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 травмувати 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, перемикання 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 залипати 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. ПІЗНАННЯ ПРИРОДИ



- 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

Перенесімося подумки в давноминулі часи, у Грецію епохи завойовницьких походів Александра Македонського – вихованця та 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. ЕТАПИ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. СПОСТЕРЕЖЕННЯ. ДОСЛІДИ. НАУКОВИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

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 досліді. Досліді 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 досліді з падіння тіл, установили закони їх падіння.

Отже, шляхом узагальнення дослідів було сформульовано фізичні поняття, наприклад такі, як *тверді тіла, рідини, гази, 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 дослід, які проводяться на уроках або вдома, – це навчальні дослід. 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.

Водночас 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 пізнавальної діяльності відбувається так: від досліду (спостереження, експеримент) до абстрактного мислення – теорії, а відтак – до практики.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

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

§ 3. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА, ПРОЦЕСИ І ТІЛА

Мова 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**.

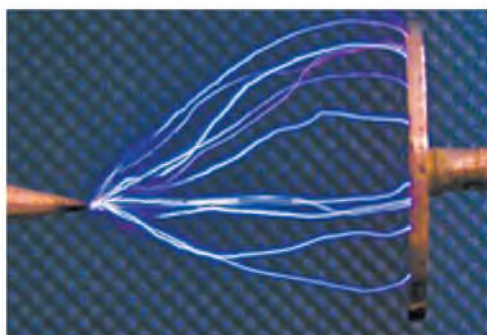
Фізичний процес – це послідовна зміна станів явищ природи.



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 та об'єм і в певний час знаходиться у конкретному місці. 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. **Форми існування матерії – речовина і фізичне поле.** Речовина – вид матерії, яка характеризується масою та складається з елементарних частинок.

Фізичне поле – особлива форма матерії, яка розкриває взаємодію між частинками речовини, електричне поле – притягання або відштовхування частинок речовини.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що у фізиці називають тілами? явищами?
2. Чим відрізняється процес від явища?
3. 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

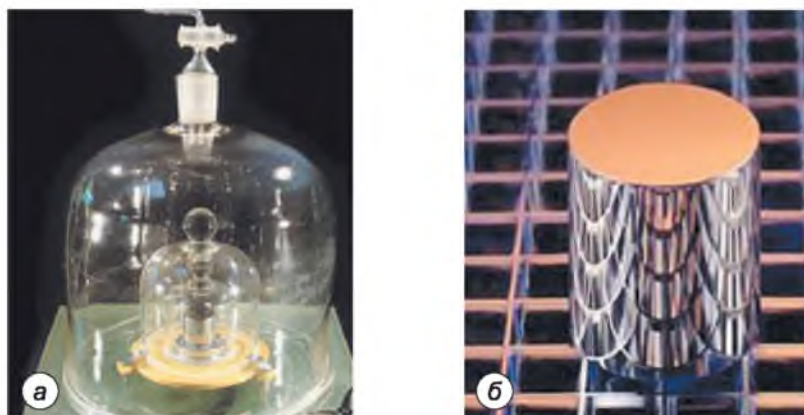
Наприклад, вимірюючи довжину тіла, ми порівнюємо її з довжиною спеціального еталона, що називають **метром**.

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, а, 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 – **міри та 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, визначити ціну поділки шкали вимірювальних приладів, визначити 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.

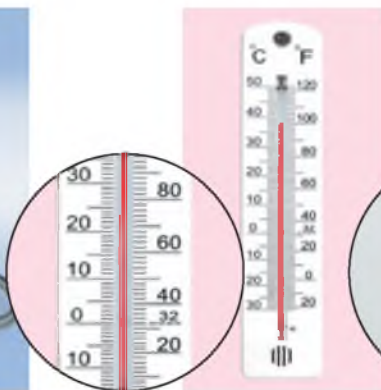
Назва приладу	Мензурка (вимірювальний циліндр)	Термометр	Динамометр	Барометр- анероїд
Яку фізичну величину ним вимірюють?				
Одиниця величини				

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

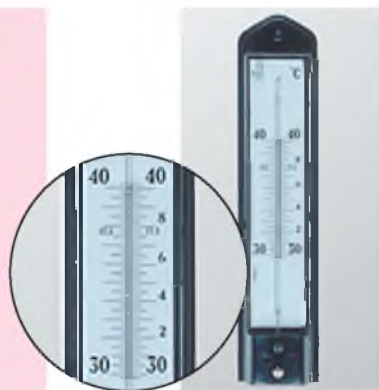
2. Розгляньте зображені на малюнках 10–14 прилади, визначте ціну поділки шкали кожного з них ($C_{т1}$, $C_{т2}$, $C_{т3}$, $C_{д}$, $C_{б}$).



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 засобів, 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. ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ. МІЖНАРОДНА СИСТЕМА ОДИНИЦЬ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

Виконання лабораторних робіт пов'язане з вимірюванням різних фізичних величин і подальшою обробкою результатів. Одержані результати в ході будь-якого фізичного експерименту завжди міститимуть певні похибки (будуть неточними), оскільки вимірювання практично неможливо провести з абсолютною точністю.

Вимірювання – знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою засобів вимірювань.

Прямі вимірювання – знаходження значення фізичної величини безпосередньо засобами вимірювання.

Непрямі вимірювання – знаходження значення фізичної величини за формулою, що пов'язує її з іншими фізичними величинами, які визначають прямими вимірюваннями.

Позначимо фізичну величину літерою A .

$A_{\text{наб}}$ – *наближене значення фізичної величини*, тобто значення, знайдене за допомогою прямих або непрямих вимірювань.

ΔA – *абсолютна похибка вимірювання фізичної величини*.

Абсолютні інструментальні похибки засобів вимірювання

№ п/п	Засоби вимірювання	Межа вимірювань	Ціна поділки	Абсолютна інструментальна похибка (ΔA)
1	Лінійка учнівська	до 50 см	1 мм	± 1 мм
2	Вимірювальний циліндр	до 250 мл	1 мл	± 1 мл
3	Штангенциркуль	150 мм	0,1 мм	$\pm 0,05$ мм

№ п/п	Засоби вимірювання	Межа вимірювань	Ціна поділки	Абсолютна інструментальна похибка (Δ_A)
4	Мікрометр	25 мм	0,01 мм	$\pm 0,005$ мм
5	Динамометр навчальний	4 Н	0,1 Н	$\pm 0,05$ Н
6	Терези навчальні	200 г	—	$\pm 0,01$ г
7	Секундомір	0–30 хв	0,2 с	± 1 с за 30 хв
8	Термометр лабораторний	0–100 °C	1 °C	± 1 °C
9	Барометр-анероїд	720–780 мм рт. ст.	1 мм рт. ст.	± 3 мм рт. ст.

Δ_A – абсолютна похибка відліку (унаслідок не досить точного знімання показів засобами вимірювання). Вона дорівнює здебільшого половині ціни поділки; а коли вимірюють час – ціні поділки секундоміра або годинника.

Максимальна абсолютна похибка прямих вимірювань – це сума абсолютної інструментальної похибки й абсолютної похибки відліку:

$$\Delta A = \Delta_A A + \Delta_B A.$$

Абсолютну похибку вимірювання зазвичай округлюють до однієї значущої цифри ($\Delta A = 0,17 \approx 0,2$); числове значення результату вимірювань округлюють так, щоб його остання цифра була того самого розряду, що й цифра похибки ($A = 10,332 \approx 10,3$).

Для повної характеристики вимірювань вводиться відносна похибка:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_0}.$$

У 1960 р. Одинадцятю генеральною конференцією з мір і ваги було прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин (СИ), 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 °C	К °C
Сила світла	J	кандела	кд	kd
Кількість речовини	ν	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. Що таке точність вимірювання?
2. Коли було прийнято Міжнародну систему одиниць фізичних величин (СИ)?
3. Які одиниці фізичних величин прийнято за основні?
4. Які ви знаєте кратні й 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 (пшоно, горох, гречка тощо), лінійка з міліметровими поділками, мензурка, вимірювальний циліндр, мірна склянка (побутова).

Хід роботи

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

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 води 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 пшоно (гречки, гороху). Налийте в мензурку з пшоном (гречкою, горохом) води так, щоб вона повністю його покрила. Зафіксуйте об'єм води з пшоном (гречкою, горохом) V_2 . Обережно злийте воду у вимірювальний циліндр, виміряйте її об'єм V_1 . Визначте об'єм пшоно (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 мензурки, яку виготовили в лабораторній роботі № 1, виміряйте об'єм невеликої картоплини.
2. Визначте за допомогою мензурки, яку виготовили, 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

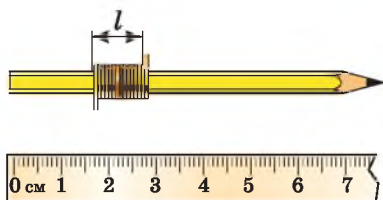
Вимірювання розмірів малих тіл різними способами

Мета роботи: виміряти розміри малих тіл.

Прилади і матеріали: лінійка з міліметровими поділками, мідний дріт, 10–20 горошин (для кожного учня), набір скоб для степлера, нитка.

Хід роботи

1. Визначте ціну поділки шкали лінійки $C_{\text{л}}$.
2. Намотайте на олівець N (10–20) витків мідного дроту (мал. 15). Виміряйте лінійкою ширину намотаних витків l . Визначте діаметр дротини $d_0 = \frac{l}{N}$. 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 $d_0 = \frac{l}{N}$. Результати вимірювання запишіть у вигляді $d = (d_0 \pm \Delta d)$.

4. Виміряйте товщину скоби для степлера 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 виробів?



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

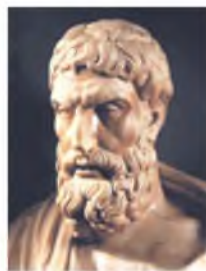
Давні греки активно цікавилися будовою навколишнього світу. У вченнях старогрецьких філософів Левкіппа (бл. 500–440 рр. до н. е.) та Демокріта (460–370 рр. до н. е.) і грецьких філософів Епікура (341–270 рр.



Левкіпп



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 отримаємо неподільні частинки.

Найповніше це вчення опрацював Демокріт. Спостерігаючи різні явища навколишнього світу, учений намагався дати їм пояснення. Вода перетворюється на невидиму пару й 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.

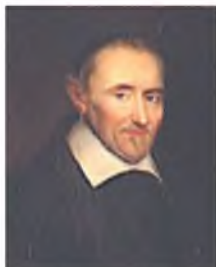
Цікаво, скільки разів Демокрітові довелося б різати навпіл яблуко, діаметр якого 10 см, щоб перед філософом лежали вже неподільні частинки? На сьогодні ми можемо підрахувати, що коли Демокріт ділив би яблуко не подумки, а насправді, то довелося б різати його навпіл дев'яносто разів. Звичайно, що ніяке 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**.

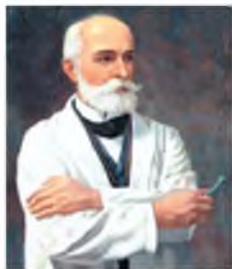
Подальшим кроком уперед атомістична теорія зобов'язана італійському фізику **Амадео Авогадро** (1776–1856), який у 1811 р. ввів у науку поняття про молекулу як **найменшу частинку речовини**, що здатна до самостійного існування і яку не можна поділити за допомогою хімічних засобів. А в 1860 р. у німецькому



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 ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

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

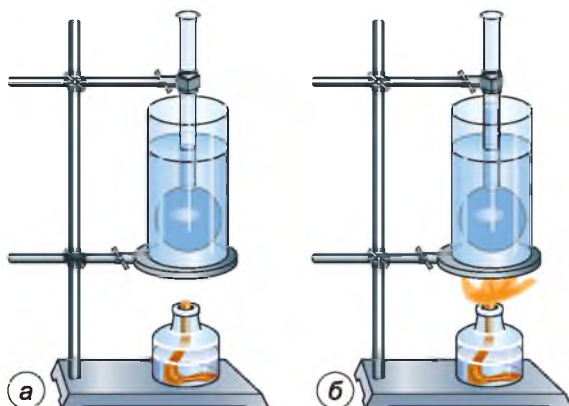
Людину здавна цікавило: чому, наприклад, вода, нагріваючись, може перетворюватися в пару, а охолоджуючись, – у лід; чому дим зникає в повітрі; чому вода розтікається, коли її розливають на підлогу, а на гарячій сковорідці вона збирається в краплі; чому фарба розчиняється у воді, а олія – ні; чому повітря 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 уповільнити, тобто допомагають керувати явищами.

Вивчивши будову тіл, можна пояснити їх властивості, а також створити нові речовини з потрібними властивостями – тверді та міцні сплави, жаростійкі 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 й 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.

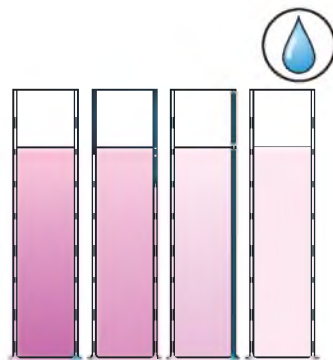
Як уже зазначалося, гіпотеза про те, що всі речовини складаються з найдрібніших частинок, була висловлена давньогрецькими вченими. Вони обґрунтовували її тим, що поширення аромату, випаровування рідин, поступове зменшення об'єму каменя під дією хвиль пояснюються відокремленням від тіл найдрібніших частинок.

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 дізнаєтеся в наступному параграфі.



Мал. 19



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

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

Гіпотеза про те, що всі речовини складаються з окремих найдрібніших частинок, з'явилася дуже давно, більше двох тисяч років тому. Але лише на межі XIX–XX 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.

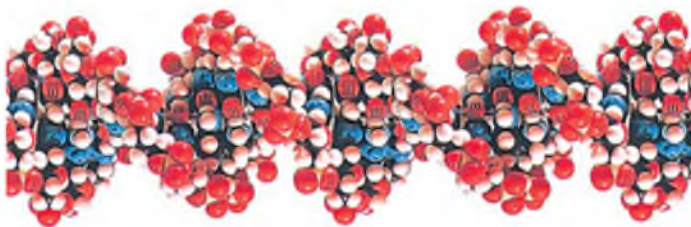
Які розміри молекул?

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.

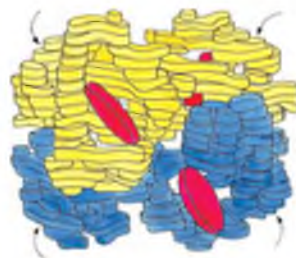
Можна зробити таке порівняння: молекула в стільки разів менша від яблука середнього розміру, у скільки разів яблуко менше від земної кулі. Якби розміри всіх тіл збільшити в мільйон разів (при цьому товщина пальця людини дорівнювала б 10 км), то молекула мала б розміри, що становлять половину крапки друкарського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

Молекули не можна побачити неозброєним оком. Вони настільки малі, що їх неможливо розгледіти навіть у звичайний 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 ДНК (молекулу, в якій зберігається спадкова інформація), а на малюнку 21 – молекулу гемоглобіну (залізовмісного білка, що міститься в крові людини).



Мал. 20



Мал. 21

Для визначення розмірів молекул було проведено різні дослід.

Дослід. У чисту велику посудину наллємо води 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 визначити діаметр молекули, досить знати 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. ЙОНИ

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

Атом – це найдрібніша частинка речовини, яка зберігає властивості самої речовини.

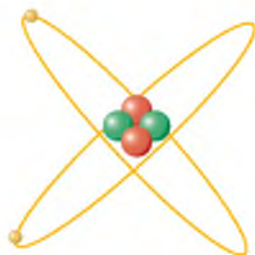
Вирішальну роль у розкритті будови атома відіграли досліді, які провів у 1911 р. основоположник ядерної фізики **Ернест Резерфорд** (1871–1937). Він пропускав випромінювання радіоактивних елементів через золоту фольгу. За характером розсіювання альфа-частинок (атомів Гелію) Резерфорд установив, що атом 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.

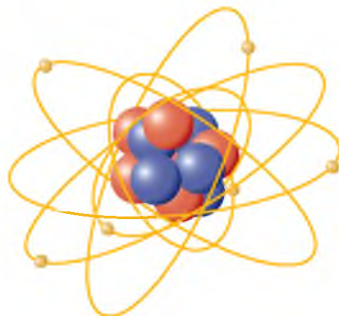
Якщо атом втрачає електрон або кілька електронів, то такий атом називають **позитивним йоном**. Відповідно атом, який приєднав до себе один або кілька електронів, називають **негативним йоном**.



Ернест Резерфорд



Мал. 22

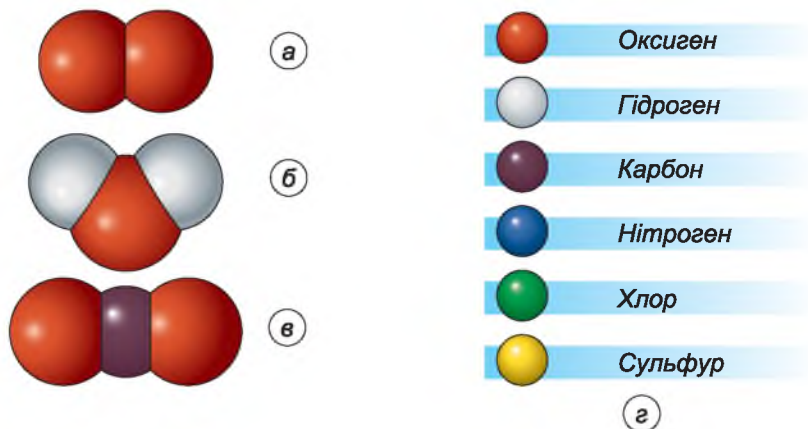


Мал. 23

Виявилося, 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, з). 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 й 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

До 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**.

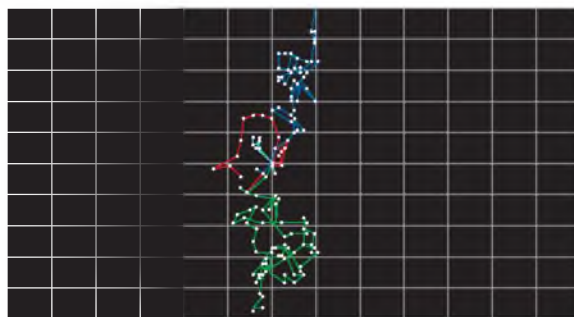


Роберт Броун

Спостереження 1. Броунівський рух ніколи не припиняється. У краплі води (якщо не давати 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



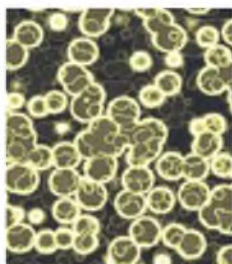
Мал. 26



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.



Мал. 27

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.

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



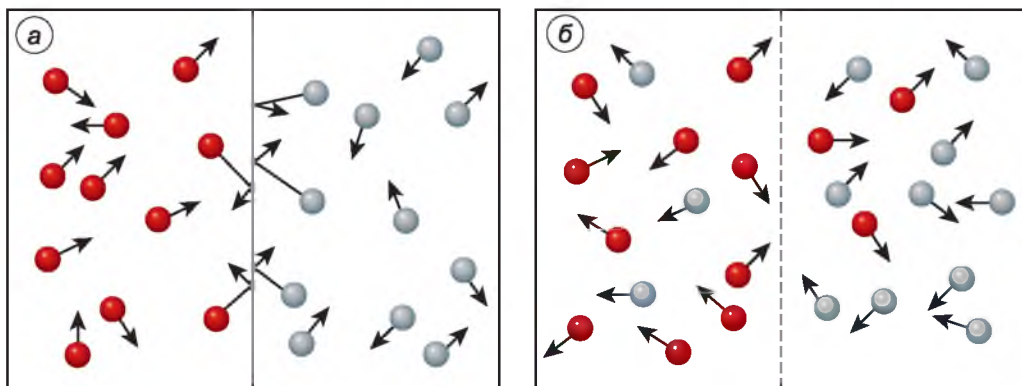
Мал. 28

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.

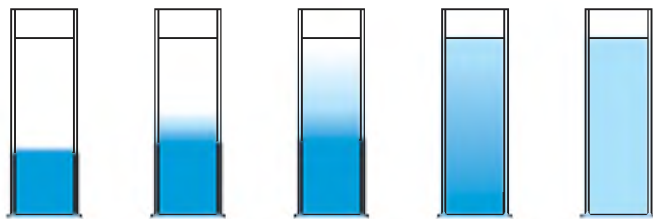
Дослід 1. У посудині містяться два гази, розділені непроникною перегородкою (мал. 29). Молекули газів безладно і хаотично рухаються, стикаючись одна з одною (мал. 29, а). Якщо перегородку забрати, то молекули газів змішаються, тобто гази проникнуть один в одного (мал. 29, б).

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 °C 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 в кров.

Дифузія відбувається і під час паяння металевих деталей.

Спостереження 3. Якщо спостерігати дифузію рідин у двох посудинах, одну з яких на початку дослідів 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.

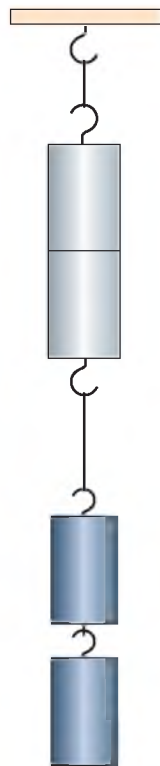
Дослід 3. Візьмемо два свинцевих циліндри, добре відполіруємо їхні торці і з'єднаємо їх між собою так, як показано на малюнку 32. Циліндри злипаються так, що не розриваються навіть при порівняно великому навантаженні.

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 ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

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

Ураховуючи 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?

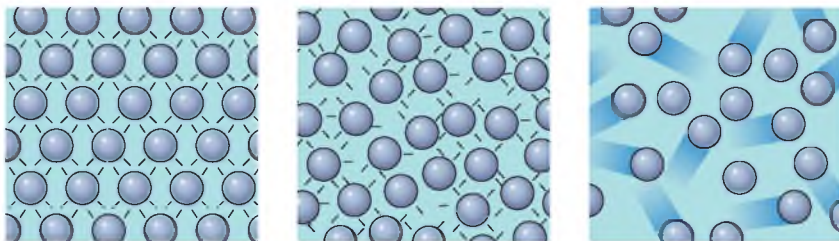
Газ можна стиснути так, що його об'єм зменшиться в кілька разів. Отже, у газах відстані між молекулами значно більші за розміри самих молекул. У середньому відстані між молекулами газів у десятки разів більші за розміри молекул. На таких відстанях молекули надто слабо притягуються одна до одної. Саме тому гази не мають власної форми й сталого об'єму. Не можна наповнити газом, наприклад, половину пляшки або склянки, тому що, рухаючись 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 як лід, сіль, нафталін, метали, розміщені в певному порядку. Хоч частин-



Мал. 33

ки 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 частинок 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 розсипатися 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. ІСТОРИЧНИЙ ХАРАКТЕР ФІЗИЧНОГО ЗНАННЯ. ВНЕСОК УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ У РОЗВИТОК І СТАНОВЛЕННЯ ФІЗИКИ

Основоположні 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 в Харківському фізико-технічному інституті (лідер ядер-



Джеймс
Максвелл



Людвіг
Больцман



Антон
Вальтер



Георгій
Латишев



Олександр
Лейпунський

них 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.

Один із засновників Української Академії наук, перший її президент, 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 вчені зробили значний внесок у розвиток авіації і літакобудування, зокрема **Ігор 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



Ігор
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 Гнаатович 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 запущено 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



Фізика 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 потужні 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?

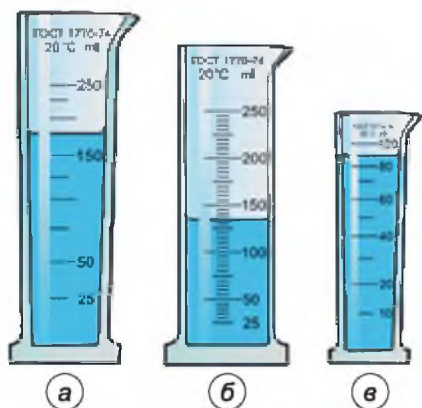


ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

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 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 $V = Sh = Sd$ (за умовою $h = d$) 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 см^2 має 1 м^2 ? Скільки см^3 має 1 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

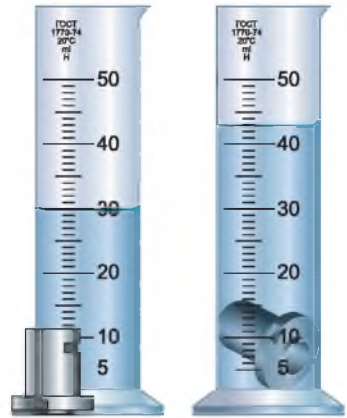
10. Визначте об'єм тіла (мал. 43).

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 змішалися. Як змінився рівень суміші порівняно з початковим рівнем? Чим пояснити зменшення об'єму?



Мал. 43

15. Чому аромат розлитої в кімнаті 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 ножом 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. Притупіть щільно один до одного. Легко чи важко їх роз'єднати? Те саме пробіть з мокрим склом. Поясніть наслідки досліду.

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 см³ 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 10×15 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 стільки 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.



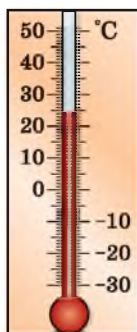
ПЕРЕВІРТЕ СВОЇ ЗНАННЯ

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 досліді 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 сухих 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. Полічіть, 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^3 кинули в гарячу воду. Парафін розплавився і розтікся по поверхні води, утворивши тонку плівку площею 1 м^2 . 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?
 - А** саяво блискавки, хуртовина, повінь, гуркіт грому
 - Б** хуртовина, шелест листя, світіння електричної лампочки, гелікоптер
 - В** світанок, похолодання, листопад, листок берези, політ гусей
3. Які одиниці довжини, маси, площі, об'єму в СІ?
 - А** м, кг, с, дм^3 , м^3
 - Б** м, кг, год, м^2 , м^3
 - В** м, кг, м^2 , м^3
4. Щоб визначити об'єм тіла малої маси (кнопки, цвяха), потрібно...
 - А** занурити їх по одному в мензурку; визначити об'єм
 - Б** занурити їх якнайбільше в мензурку; визначити їх об'єм і поділити на їхню кількість
 - В** 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.
 - А** розміри атомів фарби надто малі, їх дуже багато в малому об'ємі, і вони, поширюючись у воді, зафарбовують її
 - Б** при збільшенні об'єму тіла атоми розходяться по рідині
 - В** 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?
 - А** молекули парфумів стиснули молекули води
 - Б** молекули парфумів проникли між молекули води
 - В** це неможливо
7. При нагріванні чи охолодженні тіла змінюють свій об'єм (дослід з кулькою і кільцем, термометр). Із цього можна зробити такі висновки:
 - А** при нагріванні тіла його частинки відходять одна від одної, через це збільшується об'єм тіла
 - Б** при охолодженні тіла частинки наближаються одна до одної, через це зменшується об'єм тіла
 - В** 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.
 - А** вуглекислий газ, вода, мідь
 - Б** вода, вуглекислий газ, мідь
 - В** мідь, вода, вуглекислий газ
9. Чому тільки про рідину можна сказати «плеться»?
 - А** між молекулами відсутні зв'язки
 - Б** молекули розташовані поверхнево одна над одною
 - В** 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** Кисень **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?
- А між молекулами газу малі проміжки
 - Б розміри молекул парфумів більші за розміри молекул газу
 - В молекули парфумів весь час стикаються з молекулами газу
9. Як змінюються розміри молекул при переході речовини з твердого стану в газуватий?
- А збільшуються
 - Б залишаються сталими
 - В зменшуються
10. Чому розбите скло не злипається при стисканні, а волога глина злипається?
- А скло твердіше, ніж глина
 - Б скло менше стискається, ніж глина
 - В молекули скла не наближаються до відстані, на якій проявляється притягання молекул
11. При збільшенні відстані між молекулами вони...
- А не впливають на процес розташування
 - Б чинять опір розтягуванню
 - В 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?
- А нагрівання
 - Б дифузія
 - В 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

Одним 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 пасажирів, який їде у вагоні поїзда. Що можна сказати про механічний стан пасажирів? 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 пасажирів відносно предметів у вагоні, а подорожній – відносно залізничного полотна, відносно Землі або відносно себе.

У зв'язку з тим, що обидва спостерігачі розглядали положення пасажирів відносно різних предметів, 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 й 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

Щоб 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.

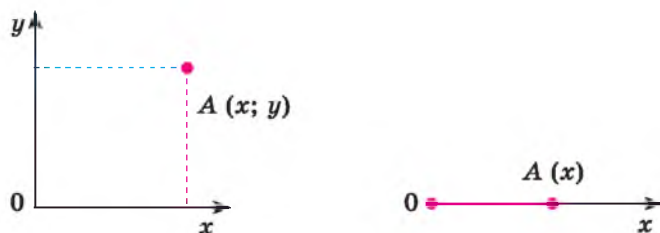
Властивості механічного руху, зокрема відносність руху і спокою, вивчав знаменитий італійський учений Галілео Галілей.

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. Чи можна вважати матеріальною точкою земну кулю?

§ 16. ТРАЄКТОРІЯ. ШЛЯХ. ПЕРЕМІЩЕННЯ

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

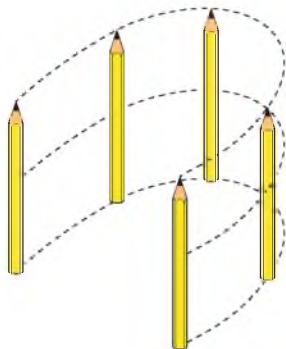
Рух автомобіля на прямолінійній ділянці дороги, рух поршня в циліндрі двигуна автомобіля, рух шухляди, яку ми витягуємо зі стола, є прикладами поступального руху. Під час поступального руху будь-який виділений напрям у тілі, що рухається, наприклад планка у висувній шухляді, залишається паралельним своєму 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 отримаємо 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

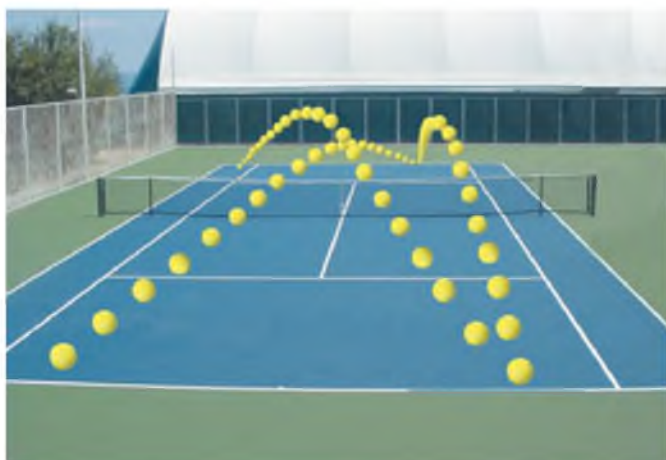


Мал. 51

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 й 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. ПРЯМОЛІНІЙНИЙ РІВНОМІРНИЙ РУХ. ШВИДКІСТЬ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РІВНОМІРНОГО РУХУ



Мал. 55

Якщо 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 переконуємося, 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 плывуть 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 (напрямок 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 зображають 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 кожен 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 пропливе 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 креветка-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

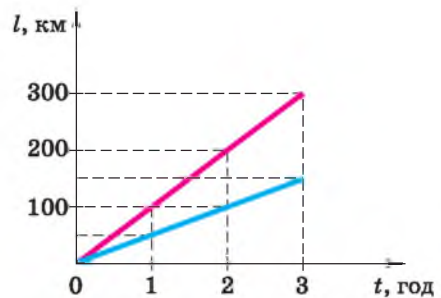
Рівномірний прямолінійний рух тіла дуже зручно представляти і вивчати у вигляді графіків залежності шляху, пройденого тілом, від часу його руху (графік руху) і залежності швидкості тіла від часу його руху (графік швидкості).

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.

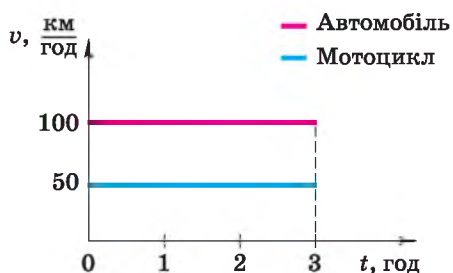
Час t , год	Шлях l , км	
	Автомобіль	Мотоцикл
0	0	0
1	100	50
2	200	100
3	300	150

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

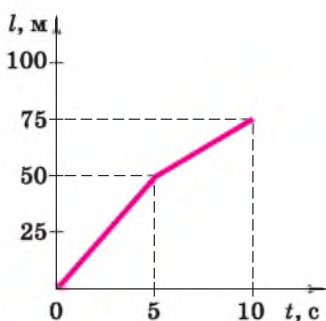
менша швидкість руху тіла. Швидкість руху автомобіля більша за швидкість руху мотоцикла, тому кут нахилу графіка руху автомобіля до осі часу більший.

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 мотоцикла отримаємо дві прямі лінії, паралельні осі часу (мал. 58). Це наочно показує, що рівномірний рух є рухом зі сталою (незмінною із часом) швидкістю.

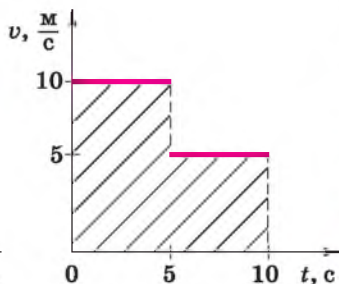
Тепер розглянемо інший випадок. Нехай велосипедист рухався 5 с зі швидкістю 10 м/с, а наступних 5 с – зі швидкістю 5 м/с. Побудуємо графіки залежності пройденого велосипедистом шляху і швидкості його руху від часу руху. Побудову виконаємо, як і в попередньому прикладі, склавши таблицю.

Час t , с	0	5	10
Шлях l , м	0	50	75

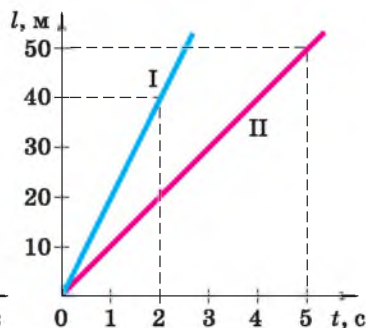
З графіка руху (мал. 59) видно, що на п'ятій секундї велосипедист зменшив швидкість руху, тому і кут нахилу прямої зменшився. Графіком такого руху є ламана.



Мал. 59



Мал. 60



Мал. 61

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

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. ПРЯМОЛІНІЙНИЙ НЕРІВНОМІРНИЙ РУХ. СЕРЕДНЯ ШВИДКІСТЬ НЕРІВНОМІРНОГО РУХУ

Більшість 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, затрачає 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.

Швидкості руху в природі, м/с

Таблиця 3

Равлик	0,0014	Звук у повітрі (при 0 °C)	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.

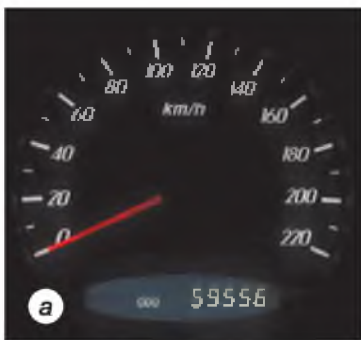
Середню швидкість руху тіла визначають відношенням пройденого ним шляху до повного часу руху:

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

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**, які бувають стрілочними (мал. 62, а) або цифровими (мал. 62, б).



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 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 хв проїхав 1 км , а за наступні 10 хв – 2 км , то чи можна вважати такий рух рівномірним?

Відповідь: так, тому що велосипедист рухався з однаковою швидкістю – $0,2 \text{ км/хв}$.

2. Легковий автомобіль долає відстань 144 км за 2 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: $144 \text{ км} = 144\,000 \text{ м}$; $2 \text{ год} = 7200 \text{ с}$.

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

Відповідь: швидкість руху автомобіля дорівнює 72 км/год , або 20 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)?

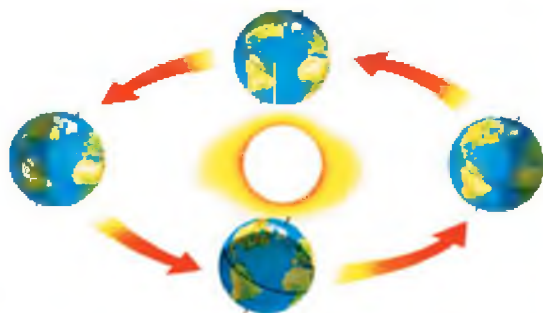
44. Які рухи можна вважати рівномірними, а які – нерівномірними: рух ескалатора метро; рух літака по смузі летовища; рух електропоїзда від станції і на перегоні; рух автомобіля по шосе; падіння крапель дощу?

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 цьому 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, кинутої 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 нахиляється 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.

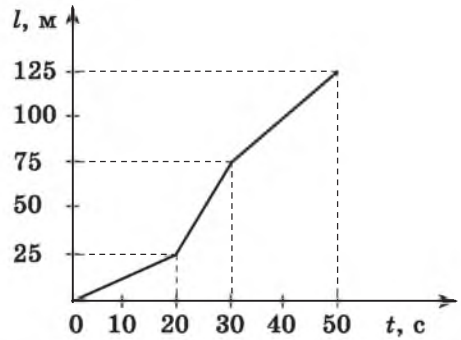
63. Під час руху автомобіля стрілка спідометра займає стале положення на позначці 45 його шкали. Як рухається автомобіль у цьому випадку? У яких одиницях вимірює спідометр швидкість руху автомобіля?

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.



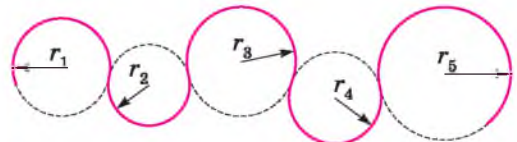
Мал. 72

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

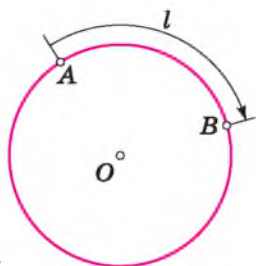
Досі ми вивчали прямолінійний рух тіл, хоча в природі й техніці часто відбуваються складніші рухи тіл – криволінійні, коли траєкторією тіла є крива лінія. Будь-яку криву лінію завжди можна представити як сукупність дуг кіл різних радіусів (мал. 73).

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. 74



Мал. 75



Припустимо, що тіло рівномірно рухається по колу з точки A в точку B (мал. 74). Тоді шлях, який воно пройшло, – це довжина дуги l , а значення швидкості визначимо за формулою: $v = \frac{l}{t}$, де v – швидкість руху тіла по колу; l – пройдений тілом шлях (довжина дуги); t – час руху тіла.

Напрямок швидкості найпростіше визначити дослідно.

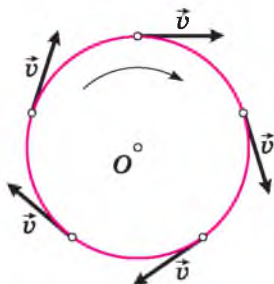
Дослід 1. До точильного круга, що обертається, доторкнемося ножицями. Побачимо, що іскри з-під лез ножиць летять по лінії, що перпендикулярна до радіуса цього круга (мал. 75). Результат буде таким самим у будь-якому місці круга. Але кожна іскра – це розжарена частинка, яка відірвалася від круга й летить з такою самою швидкістю, яку вона мала в останній момент руху разом з кругом.

Отже, швидкість матеріальної точки під час руху по колу напрямлена перпендикулярно до радіуса кола в будь-якій його точці, тобто уздовж дотичної (мал. 76). А з урахуванням кривої (мал. 73) цей висновок можна поширити на будь-які криволінійні рухи.

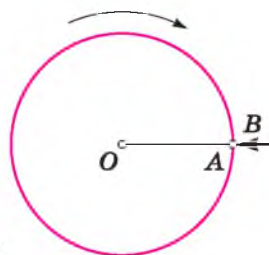
Дослід 2. Закріпимо на горизонтальній осі O фанерний диск (мал. 77), на якому проведено радіус OA . Поряд з точкою A поставимо покажчик B і будемо повільно і рівномірно обертати диск. Побачимо, що точка A з кожним оборотом диска знову з'являється навпроти покажчика B , тобто здійснює рух, який повторюється через певний інтервал часу.

Рухи, під час яких певні положення матеріальної точки повторюються через однакові інтервали часу, називають періодичними рухами.

Рівномірний рух по колу – це періодичний рух. Періодичний рух характеризують такими величинами, як **період обертання** і **частота обертання** (оборотна частота).



Мал. 76



Мал. 77

Період обертання – це інтервал часу, протягом якого матеріальна точка здійснює один оберт під час рівномірного руху по колу.

Позначають період обертання літерою T .

Якщо літерою N позначити кількість обертів, що здійснює матеріальна точка під час рівномірного руху по колу за час t , то період обертання визначають за формулою:

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

Одиницею періоду обертання в СІ є одна секунда (1 с). Якщо період обертання дорівнює 1 с, то матеріальна точка під час рівномірного руху по колу здійснює один оберт за 1 с.



Частоту обертання (обертову частоту) визначають числом обертів, які матеріальна точка здійснює за одиницю часу під час рівномірного руху по колу.

Позначають частоту обертання малою латинською літерою n (у науковій і навчальній літературі частоту обертання ще позначають малою грецькою літерою ν (ню) або f (еф)).

Щоб визначити частоту обертання матеріальної точки, треба кількість обертів N , які вона здійснила за час t , поділити на цей час:

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

Порівнюючи формули для визначення періоду обертання T і частоти обертання n , бачимо, що ці величини пов'язані обернено пропорційною залежністю, тобто: $n = \frac{1}{T}$.

Із цієї формули випливає, що для визначення одиниці частоти обертання треба одиницю поділити на одиницю періоду обертання, тобто на секунду.

Одиницею частоти обертання в СІ є одна одиниця, поділена на секунду ($1\frac{1}{\text{с}}$). $1\frac{1}{\text{с}}$ – це частота обертання, під час якого за 1 с матеріальна точка здійснює 1 повний оберт, рухаючись рівномірно по колу. У техніці таку одиницю інколи називають одним обертном за секунду (1 об/с), часто застосовують таку одиницю, як один оберт за хвилину (1 об/хв).



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО ТА САМОПЕРЕВІРКИ

1. Який рух називають рівномірним рухом по колу?
2. Як напрямлена швидкість тіла під час рівномірного руху по колу?
3. Який рух називають періодичним? Якими величинами його характеризують?
4. Що називають періодом обертання? Яка одиниця періоду обертання в СІ?
5. Що показує частота обертання? Яка її одиниця в СІ?



Лабораторна робота № 4*

Визначення періоду обертання та швидкості руху тіла по колу

Мета роботи: визначити період обертання та швидкість руху тіла по колу.

Прилади і матеріали: секундомір, лінійка з міліметровими поділками, рулетка, прилади для вивчення руху тіла по колу (велосипедне колесо (мал. 78), програвач грамплатівок (мал. 79), електрофорна машина (мал. 80), іграшка (автомобіль (мал. 81), трактор тощо)).

Хід роботи

1. На велосипедному колесі (мал. 78) зробіть позначку. Починайте рівномірно обертати колесо, одночасно ввімкнувши секундомір. Коли колесо зробить $N = 10$ обертів, вимкніть секундомір. Зафіксуйте час t . За формулою $T = \frac{t}{N}$ визначте період обертання колеса.

2. Виміряйте діаметр колеса. За формулою $v = \frac{\pi d}{T}$ визначте швидкість руху крайніх точок обода колеса.



Мал. 78



Мал. 79

3. На платівці (мал. 79) зазначено, що вона робить 33,3 об/хв. Визначте період обертання платівки.

4. Виміряйте діаметр платівки. Визначте швидкість руху крайніх точок платівки.

5. Ті самі завдання виконайте, використовуючи електрофорну машину (мал. 80).

6. На парті відмітьте шлях l , який повинен проїхати іграшковий автомобіль з електродвигуном (мал. 81). Виміряйте цей шлях рулеткою. Запустіть автомобіль, одночасно увімкнувши секундомір. Визначте час t , за який автомобіль проїхав зазначений шлях l . За формулою $v = \frac{l}{t}$ визначте швидкість руху автомобіля. З якою швидкістю рухалися крайні точки колеса автомобіля?

7. За попередніми даними визначте період обертання колеса автомобіля.

* Як і із завдань цієї лабораторної роботи є обов'язковими для виконання, визначає вчитель.



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

Коливальний 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.

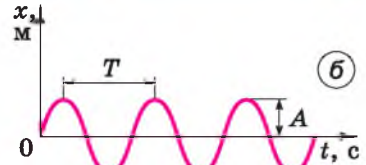
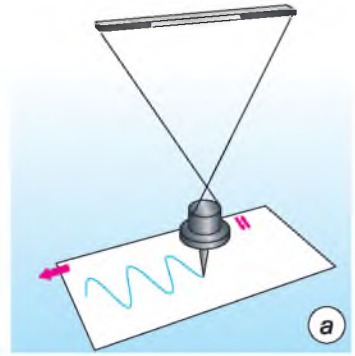
Коливання кульки на нитці, які ми розглянули, є прикладом вільних коливань.

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, виведемо 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 досліді 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**.

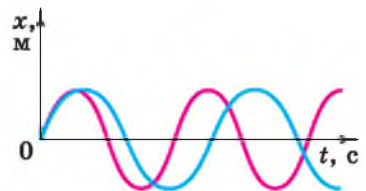
Період коливань — це найменший інтервал часу, через який певний стан руху тіла повністю повторюється.

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

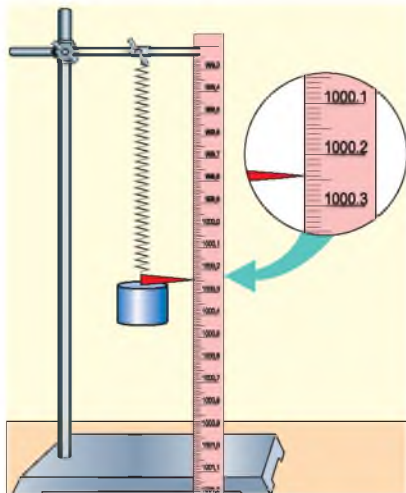
Якщо за час t відбулося N повних коливань, то, щоб визначити період T , потрібно t поділити на N , тобто:

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

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 ν (ню).

Частота коливань характеризується числом коливань, виконаних системою за одиницю часу.

Якщо за час t відбулося N коливань, то, щоб визначити частоту ν , 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; ν – частота коливань.

Одиницею частоти в СІ є один герц (1 Гц). $1 \text{ Гц} = 1 \frac{1}{\text{с}}$, 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 і однакового об'єму, 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 досліді. Результати запишіть у таблицю. Зробіть висновок.

№ досліді	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		$m_2 =$			

4. Перевірте, чи зміниться період коливань маятника, якщо кульку відхиляти на різні кути (10° – 15°).

№ досліді	Кут відхилення кульки	Кількість коливань N	Час коливань t , с	Період коливань T , с
1	10°			
2	15°			



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 $100 \frac{1}{\text{с}}$?

Дано:

$v_p = 95 \text{ м/с}$

$r = 20 \text{ см} = 0,20 \text{ м}$

$n = 100 \frac{1}{\text{с}}$

$v = ?$

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 $\pi = 3,14$; $t = T$, $v = \frac{2\pi r}{T}$, $n = \frac{1}{T}$, 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 хлопчик і велосипедист, 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.



Мал. 89



Мал. 90

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?

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 хвилинної 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 переднє 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.

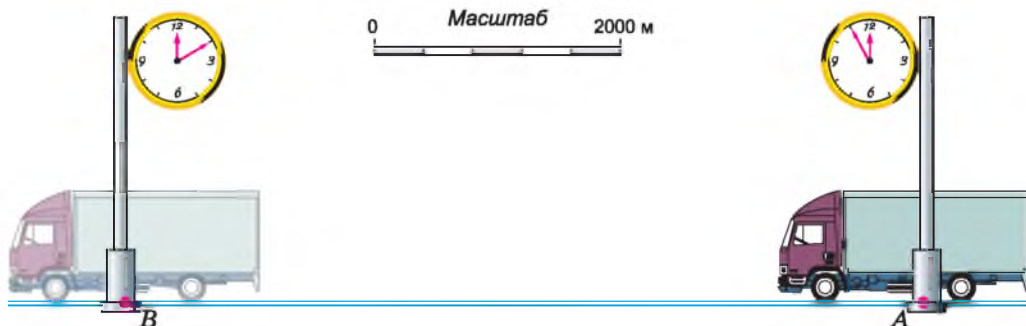
2. Яке природне явище ви спостерігаєте на малюнках 91 і 92?
3. За якою ілюстрацією можна визначити, рухається спостерігач чи знаходиться у стані спокою?
4. Як пояснити різну траєкторію падіння крапель на скло (мал. 91, 92)?



Мал. 91



Мал. 92



Мал. 93

Я знаю, як визначити фізичні величини.

5. За малюнком 93 визначте швидкість руху вантажного автомобіля.

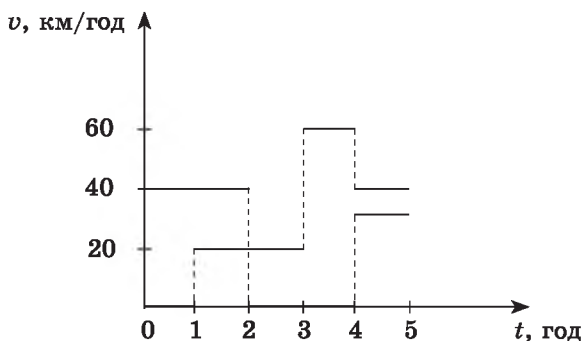
6. Період коливань зубила пневматичного молотка дорівнює 0,2 с. Яка частота коливань зубила?

Я вмію виконувати досліди.

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

Я вмію 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

а) Яка швидкість руху кожного мотоцикліста о 1 год? 2 год? 3 год? 4 год? о 5 год?

б) У якого мотоцикліста швидкість була найбільшою? Найменшою? Коли це було?

в) Який з мотоциклістів не рухався? Коли це було?

г) Який шлях пройде кожен мотоцикліст за 1, 2, 3, 4 і 5 год?

д) Накресліть графіки залежності пройденого мотоциклістами шляху від часу руху.

е) Яка середня швидкість руху кожного мотоцикліста за весь час руху?

Я вмію 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

1. Які з наведених частин велосипеда, що спускається з гори, перебувають у русі відносно його рами?
- А педалі під час їх обертання
 - Б педалі під час «вільного ходу» велосипеда
 - В осі коліс
 - Г ланцюг під час обертання педалей
2. Відносно яких тіл пасажир, який сидить у рухомому вагоні, перебуває у спокої?
- А вагона
 - Б Землі
 - В інших пасажирів, які сидять у вагоні
 - Г коліс вагона
3. Пасажирський поїзд за кожні півгодини долав відстань 60 км, за 15 хв – 30 км, за 1 хв – 2 км. Який це рух?
- А рівномірний
 - Б нерівномірний
 - В криволінійний
 - Г рух по колу
4. Один літак летить зі швидкістю 540 км/год, а другий – 130 м/с. У якого літака швидкість руху більша?
- А у першого
 - Б у другого
 - В однакова
5. 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?
- А 17 м/с
 - Б 16,35 м/с
 - В 16,25 м/с
 - Г 16,00 м/с
6. Тіло за 5 с робить 20 обертів. Який період обертання тіла?
- А 0,20 с
 - Б 4 с
 - В 0,25 с
 - Г 100 с
7. Чи залежить період коливань маятника від довжини нитки?
- А залежить
 - Б не залежить
 - В залежить тільки в певних випадках
8. Перший маятник має довжину 2 м, а другий – 4 м. Період коливань якого маятника більший?
- А першого
 - Б другого
 - В 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

Розділ 3

ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА



- Взаємодія тіл • Явище інерції • Інертність тіла • Маса тіла
- Густина речовини • Сила • Сила тяжіння • Сила пружності
- Закон Гука • Вага тіла • Невагомість • Динамометри • Вимірювання сил
- Тертя • Сили тертя • Коефіцієнт тертя ковзання • Додавання сил
- Рівнодійна сил • Тиск твердих тіл на поверхню • Сила тиску • Тиск рідин і газів • Закон Паскаля • Гідравлічні машини • Сполучені посудини
- Атмосферний тиск • Барометри • Манометри
- Рідинні насоси • Виштовхувальна сила • Закон Архімеда
- Умови плавання тіл

§ 22. ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. ЯВИЩЕ ІНЕРЦІЇ

У попередньому розділі ми розглянули рівномірний і нерівномірний рухи, кожен з яких за траєкторією може бути прямолінійним і криволінійним. Під час рівномірного прямолінійного руху тіло рухається зі сталою за значенням і напрямом швидкістю. А швидкість під час нерівномірного руху змінюється із часом. Розглянемо приклади випадків, унаслідок яких тіло змінює власну швидкість руху або її напрям.

Спостереження 1. Повсякденні спостереження підтверджують: для того щоб тіло почало рухатися (тобто набуло швидкості), на нього має подіяти

інше тіло. Наприклад, м'яч, що лежить на футбольному полі, почне рухатися тільки тоді, коли на нього налетить інший м'яч або по ньому вдарять ногою (мал. 95).

Але якщо на м'яч не діють інші тіла, то він самостійно не змінить власної швидкості, не почне рухатися відносно Землі.

Дослід 1. На один із двох візочків, що стоять на рейках, поклали магніт, а на другий – сталевий брусок (мал. 96). Нитка, причеплена позаду кожного з візочків, не дає їм змоги наблизитися один до одного. Якщо перепалити нитку, то обидва візки почнуть рухатися назустріч один одному, змінюючи свою швидкість від нуля до певного значення. Причиною зміни швидкості є те, що магніт і залізний брусок притягуються один до одного, тобто взаємодіють між собою.

Дослід 2. Штовхнемо кульку, яка лежить на горизонтальному столі, – вона почне рухатися рівномірно прямолінійною траєкторією. Покладемо магніт попереду кульки на деякій відстані від траєкторії її руху. Бачимо, що внаслідок взаємодії з магнітом сталева кулька не тільки збільшуватиме власну швидкість, а й повертатиме в бік магніту, тобто змінить напрям руху (мал. 97).

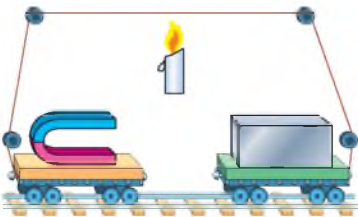
Дослід 3. Один кінець пружини прикріпимо до іграшкового автомобіля (мал. 98), другий – до стояка на краю стола. Потягнемо за автомобіль у бік від стояка – унаслідок дії руки кінець пружини починає рухатися і вона розтягується. Якщо тепер відпустимо автомобіль, то розтягнута пружина почне стискатися і надасть йому руху у зворотному напрямі. На початку дослідів взаємодіяли між собою рука й автомобіль з пружиною, унаслідок чого вони змінювали швидкість, а пружина розтягувалася. Потім взаємодіяли між собою автомобіль і пружина, у результаті чого вони змінювали власну швидкість, а пружина стискалася.

Під час взаємодії тіл може змінюватися швидкість руху не лише тіл у цілому, а й окремих їх частин. Це відбувається, наприклад, якщо тенісний м'яч взаємодіє з ракеткою.

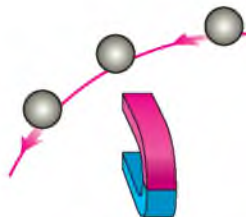
Унаслідок неоднакового переміщення окремих частин м'яч стискається і деформується (змінює свою форму). Також змінює свою форму і ракетка.



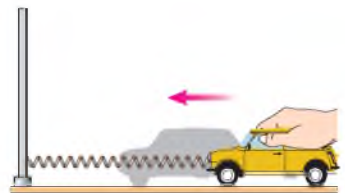
Мал. 95



Мал. 96



Мал. 97



Мал. 98



Мал. 99

На малюнку 99 показано, як коваль виготовляє деталь. У цьому разі відбувається деформація деталі і змінюється швидкість руху молота.

Унаслідок взаємодії тіл вони можуть змінити швидкість і напрям свого руху, а також деформуватися.

Отже, повсякденний досвід підтверджує висновок: швидкість і напрям руху тіла можуть змінюватися лише

під час взаємодії його з іншим тілом.

Розглянемо випадки, коли тіло на початку спостереження вже перебуває в русі. Побачимо, що зменшення швидкості руху і зупинка тіла не можуть відбуватися самі по собі, а спричиняються дією на нього іншого тіла.

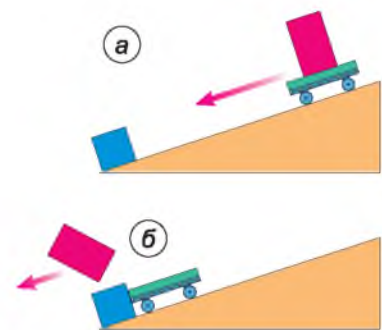
Спостереження 2. Ви, мабуть, неодноразово спостерігали, як пасажир, їдучи в транспорті, раптом нахиляється вперед під час гальмування або притискається в бік на крутому повороті.

Спостереження 3. Коли на уроці фізкультури ви пробігаєте дистанцію 60 м, то намагаєтеся розвинути максимальну швидкість. На фініші вже не потрібно бігти, але ви не можете різко зупинитися, а ще пробігаєте кілька метрів.

Так само як і людина, автомобіль не може зупинитися миттєво, а рухається ще певний час, навіть при вимкненому двигуні або під час гальмування. Через те не можна перебігати вулицю перед автомобілем, що наближається: водій не зможе його різко зупинити.

Дослід 4. Візок з бруском на ньому поставимо на похилу площину і відпустимо (мал. 100, а). Він рухатиметься вниз, набираючи швидкість, але досягнувши перепони, різко зупиниться. Бачимо, що брусок, який не жорстко зв'язаний з візком, продовжуватиме свій рух далі (мал. 100, б).

З наведених прикладів випливає, що тіла мають властивість зберігати швидкість і напрям руху і не можуть миттєво його змінити внаслідок дії іншого тіла. Можна припустити, що за відсутності зовнішньої дії тіло зберігатиме швидкість і напрям руху як завгодно довго.



Мал. 100

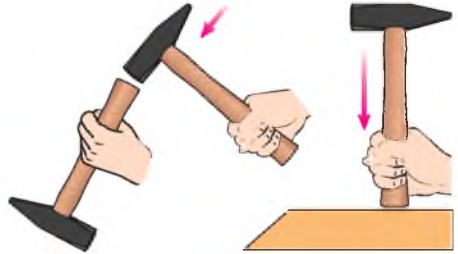
Явище збереження швидкості руху тіла за відсутності дії на нього інших тіл називають інерцією.

Явище інерції відкрив італійський учений Галілео Галілей. На основі своїх дослідів і міркувань він стверджував: якщо на тіло не діють інші тіла, то воно або перебуває у спокої, або рухається прямолінійно й рівно.

У цьому разі кажуть, що тіло рухається за інерцією.

Явище інерції широко використовують у побуті й техніці. Наприклад, щоб насадити молоток на ручку (мал. 101), потрібно іншим молотком стукати по торцю ручки, або торцем ручки – по масивному нерухомому предмету.

Прикладом руху за інерцією є також рух молекул газу – кожна молекула в інтервалі часу між двома послідовними зіткненнями з іншими молекулами рухається за інерцією.



Мал. 101



Це цікаво знати

У Стародавній Греції високо цінувався гармонійний розвиток розумових та фізичних здібностей людини. Людина обов'язково повинна була вміти щось робити, створювати, творити, володіти знаннями. Більш пізні цивілізації майже не успадкували такого підходу до оцінки людини, але пам'ять про це збереглася у слові **інерція**. Це слово походить від латинського «арс» (з лат. – *мистецтво, дар*) та від'ємної частки. Стародавні греки вважали, що інертна людина, тобто людина без «арсу», існує, а не живе. Тому слово «інертний» на той час почало застосовуватися до всього неживого. У стародавніх римлян слово «інертія» (inertia) вживалося, коли йшлося про нерухомість, бездіяльність.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Наведіть приклади, які показують, що внаслідок взаємодії змінюється швидкість руху обох тіл.
2. Опишіть досліди, які показують, що тіла під час взаємодії деформуються.
3. Куля пробила дошку. Чи подіяла дошка на кулю? Чому?
4. На гладенькій льодяній доріжці ковзаняр кидає вперед чималу грудку льоду. Що при цьому відбуватиметься з ковзанярем? Чому?
5. Що таке інерція?
6. Хто відкрив явище інерції?
7. Як рухалося б тіло, якби зовсім не було опору рухові?
8. Чому не можна вмиг зупинити поїзд, автомобіль, мотоцикл, що рухаються?

§ 23. ІНЕРТНІСТЬ ТІЛА. МАСА ТІЛА

Спостереження 1. М'яч падає на поверхню Землі, а потім відскакує від неї – це приклад взаємодії двох тіл. Ми вже знаємо, що результатом взаємодії тіл є зміна їх швидкості і напрямку руху. М'яч після зіткнення відскакує майже з такою самою швидкістю, але у зворотному напрямі, у стані Землі практично не помітно ніяких змін, насправді вони є, але безкінечно малі.

У наведеному прикладі видно, що результат взаємодії тіл для кожного з них є різним і залежить від властивостей цього тіла. Повсякденний до-

свід і спеціальні досліді свідчать, що внаслідок взаємодії різні тіла зазнають певної зміни швидкості за неоднакові інтервали часу: одні – за більші, інші – за менші. Рух тіла, яке повільно змінює швидкість руху, більше нагадує рух за інерцією, тому кажуть, що воно інертніше.

Інертність – це властивість тіла, яка полягає в тому, що для зміни його швидкості під час взаємодії з будь-якими іншими тілами потрібен певний час.

Властивість інертності мають усі тіла. Кількісною мірою інертності тіла є маса тіла.

Маса тіла – це фізична величина, яка характеризує інертність тіла. Що більша маса тіла, то воно інертніше.

Існують різні методи визначення маси тіла. Усі вони ґрунтуються на використанні властивостей, які притаманні всім без винятку тілам, наприклад на властивості інертності тіл. На практиці найзручнішим виявився метод вимірювання маси, пов'язаний з добре відомим явищем взаємодії всіх тіл із Землею.

Спостереження 2. Ви, мабуть, неодноразово спостерігали, як падають краплі дощу, сніжинки, як осідають дрібні порошинки, як будь-яке тіло, підняте над Землею і випущене, стрімко летить до Землі. Усі ці явища пояснюються тим, що крапельки води, сніжинки, порошинки і всі інші фізичні тіла притягуються Землею, тобто взаємодіють з нею.

Досліді показали: що значення цієї взаємодії тим більше, чим більша маса тіла.

Дослід. Візьмемо в одну руку сірникову коробку, а в другу шматок деревини (мал. 102). Більше навантаження відчуватимемо в руці, яка тримає шматок деревини, тобто він є важчим за сірникову коробку.

Отже, деревина має більшу масу, ніж коробка, оскільки сильніше притягується Землею.

Якщо маси тіл близькі за значенням, якщо тіла дуже малі або завеликі, то порівняти їх масу руками неможливо. Як можна виміряти масу тіла з достатньою точністю?



Мал. 102

Для визначення маси тіла використовують спеціальні прилади, які називають **терезами**. Зображення терезів можна знайти навіть на єгипетських пірамідах, вік яких складає більше чотирьох тисяч років!

Людина вже в перший день народження опиняється на терезах (мал. 103). У магазинах, аптеках, на пошті за допомогою терезів різних конструкцій зважують продукти, ліки, посилки (мал. 104).

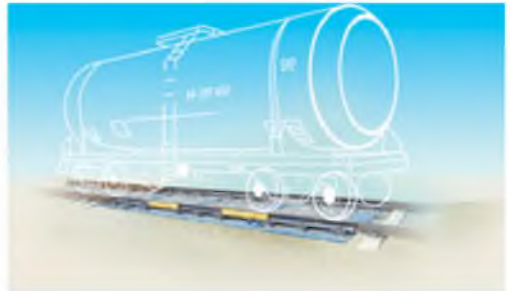


Мал. 103



Мал. 104

Для вимірювання маси автомобілів і вагонів використовують платформові терези (мал. 105).



Мал. 105

Визначення маси тіла за допомогою терезів називають зважуванням.

Масу тіла позначають латинською літерою *m*. За одиницю маси в СІ прийнято один кілограм (1 кг).

На практиці застосовують також кратні й частинні одиниці маси: тону (т), грам (г), міліграм (мг):

$$\begin{array}{lll} 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}; & 1 \text{ г} = 0,001 \text{ кг}; & 1 \text{ мг} = 0,000001 \text{ кг}; \\ 1 \text{ кг} = 0,001 \text{ т}; & 1 \text{ кг} = 1000 \text{ г}; & 1 \text{ кг} = 1\,000\,000 \text{ мг}. \end{array}$$

Основною частиною навчальних терезів (мал. 106) є стержень (коромисло терезів), який може вільно повертатися навколо осі, розміщеної посередині стержня (у наступному розділі ви дізнаєтеся, що такий пристрій є механізмом під назвою важіль).

До його кінців підвішено пальки терезів. Визначення маси тіла за допомогою терезів ґрунтується на тому, що терези перебувають у рівновазі за умови, якщо маси тіл, що лежать на різних пальках терезів, однакові. При цьому



Мал. 106



Мал. 107



Мал. 108

коромисло терезів розташоване горизонтально, а стрілка приладу вказує на нульову позначку. Отже, зважуючи тіло на терезах, порівнюють його масу з масою еталона.

Для зважування використовують спеціальний набір гир різної маси. На малюнку 107 зображено набір гир до навчальних терезів. У ньому є 9 гир масою 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2 і 1 г. За їх допомогою можна дібрати будь-яку масу від 1 до 210 г. Гирі, маса яких менша від 1 г, виготовляють з алюмінію у вигляді пластинок масою 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20, 10 мг.

Приклад. На одну шальку терезів покладемо тіло, масу якого треба виміряти, а на другу – гирі, маси яких відомі (мал. 108). Гирі добираємо так, щоб установилася рівновага. Визначаємо загальну масу гир, які врівноважують тіло. Маса тіла дорівнює масі гир, тобто 770 г. Записують це так:

$$m = 770 \text{ г} = 0,770 \text{ кг}.$$

За допомогою спеціальних терезів можна вимірювати як великі, так і малі маси. Масу тіл, недоступних для зважування (наприклад, масу Землі, Сонця, а також найменших частинок речовини – атомів і молекул), визначають іншими способами. Наприклад, шляхом вимірювання швидкостей їх руху, а також інших фізичних величин, що пов'язані разом з масою тіл у різних законах фізики.

У таблиці 4 наведено приклади маси тіл живої природи, а також маси тіл, створених людиною.

Таблиця 4

Жива природа	Маса тіла	Тіла, створені людиною	Маса тіла
Комар	7 мг	Мікросхема	900 мг
Зернина	30 мг	Перший супутник	83 кг
Людина	70 кг	Автомобіль ЗАЗ «Ланос»	1140 кг
Страус	100 кг	Трактор К-700	11 т
Зубр	1000 кг	Електровоз	200 т
Слон	7 т	Літак «Мрія» з космічним кораблем «Буран»	560 т
Кит	150 т		



Це цікаво знати

Крім системних, існують й інші одиниці маси тіла. Наприклад, масу коштовного каменю вимірюють у каратах: 1 карат = 0,2 г. У Київській Русі одиницею маси була 1 гривня, яка дорівнювала приблизно 410 г. Пізніше цю одиницю стали називати фунтом: 1 фунт = 0,025 пуда = 32 лоти = 96 золотників = 9216 долей = 0,4 кг. Поширеною була й така одиниця маси, як пуд (близько 16 кг). Для зважування ліків використовували грани: 1 гран = 0,6 г. Традиційно ще застосовували унцію, значення якої залежно від галузі перебувало в межах 28–31 г.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що таке інертність?
2. Що таке маса тіла?
3. Що є еталоном маси?
4. Які ви знаєте одиниці маси?
5. Як можна виміряти масу тіла?
6. Що таке зважування?
7. Які способи вимірювання маси ви знаєте? У яких випадках їх застосовують?



Лабораторна робота № 6

Вимірювання маси тіл методом зважування

Мета роботи: навчитися користуватися важільними терезами і вимірювати за їх допомогою масу тіл.

Прилади і матеріали: терези, важки, тіла різної маси.

Хід роботи

1. Ознайомтеся з правилами зважування на важільних терезах.

Правила зважування:

1. Перед зважуванням терези потрібно зрівноважити. Щоб установити рівновагу, на ліву шальку слід покласти клаптики паперу.
2. Зважуване тіло покласти на ліву шальку терезів, а гирі – на праву.
3. Зважуване тіло й гирі треба класти на шальки обережно, щоб не зіпсувати терези.
4. Не можна зважувати тіла, маса яких більша за записане на терезах значення.
5. На шальки терезів не слід класти мокрі, брудні, гарячі тіла, насипати без використання підкладки порошки, наливати рідини.
6. Дрібні гирі треба брати тільки пінцетом.

2. Розгляньте, які важки входять у набір.

3. Покладіть на одну шальку тіло, а на другу підберіть і покладіть такі важки, щоб терези було зрівноважено. Сума мас покладених важків дорівнюватиме масі тіла.

4. Визначте масу інших тіл і результати запишіть у таблицю.

№ досліду	Назва тіла	Важки, якими зрівноважено терези	Маса тіла у грамах
1			
2			
3			
4			



Для допитливих

1. Виготовте важільні терези та набір важків до них.
2. За допомогою виготовлених терезів виміряйте масу однієї горошини.
3. За допомогою виготовлених терезів виміряйте масу води, яку містить невелика пляшечка (від парфумів, ліків тощо).

§ 24. ГУСТИНА РЕЧОВИНИ

Чому кажуть, що залізо важче за алюміній, а пір'я легше за дерево? Чому олія, гас, бензин завжди плавають на поверхні води? Чи змогли б ви підняти повітря, яке знаходиться у класній кімнаті?

Щоденні спостереження показують, що різні тіла однакової маси займають різні об'єми. Наприклад, свинцеве і пінопластове тіла, що мають однакову масу, а об'єм їх відповідно дорівнює 1 дм^3 і 1 м^3 , тобто об'єм пінопласту в 1000 разів більший, ніж свинцю.

Якщо маси тіл з різних речовин однакові, то їх об'єми завжди різні.

Візьмемо 6 циліндрів з різних речовин однакового об'єму (діаметр – 18 мм, висота – 50 мм). Виміряємо їх маси. Отримаємо такі результати: дерево – 8,1 г; пластмаса – 15,0 г; алюміній – 34,8 г; залізо – 98,8 г; латунь – 105,4 г; мідь – 111,0 г.

Якщо об'єми тіл з різних речовин однакові, то їх маси завжди різні.

Виконавши підрахунки, можна сказати, що 1 см^3 дерева має масу 0,64 г, а міді – 8,9 г. Відповідно 1 м^3 дерева має масу 640 кг, а міді – 8900 кг. Чим пояснити таку відмінність? А пояснюється це тим, що різні речовини мають різну густину.

Густина речовини показує, яка маса речовини, узятої в об'ємі 1 м^3 або 1 см^3 . Щоб з'ясувати, як потрібно визначати густину речовини, розглянемо приклад.

Приклад. Чавунний зливоч об'ємом 3 м^3 має масу 21 т. Визначимо густину чавуну. Оскільки зливоч об'ємом 3 м^3 має масу 21 000 кг, то маса 1 м^3 буде втричі меншою, тобто $21\,000 \text{ кг} : 3 = 7000 \text{ кг}$. Отже, густина чавуну дорівнює 7000 кг на 1 м^3 . Таким чином, знаючи масу тіла і його об'єм, можна визначити густину тіла.

Щоб визначити густину речовини, треба масу тіла поділити на його об'єм.

Позначивши ці величини літерами: ρ (ρ_0) – густина речовини; m – маса тіла; V – об'єм тіла, отримаємо формулу для обчислення густини речовини:

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

Густина речовини – це фізична величина, яку визначають відношенням маси тіла до його об'єму.

Одиницею густини речовини є один кілограм на метр кубічний (1 кг/м^3). Густина речовини виражають також у грамах на сантиметр кубічний (1 г/см^3).

$$1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3; \quad 1 \text{ кг/м}^3 = 0,001 \text{ г/см}^3.$$

У таблицях 5, 6, 7 наведено значення густин твердих тіл, рідин і газів.

Густини деяких твердих тіл

Таблиця 5

Тверде тіло	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Тверде тіло	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Осмій	22 600	22,60	Мармур	2700	2,7
Іридій	22 400	22,40	Скло віконне	2500	2,5
Платина	21 500	21,50	Порцеляна	2300	2,3
Золото	19 300	19,30	Бетон	2300	2,3
Свинець	11 300	11,30	Цегла	1800	1,8
Срібло	10 500	10,50	Цукор-рафінад	1600	1,6
Мідь	8900	8,90	Оргскло	1200	1,2
Латунь	8500	8,50	Капрон	1100	1,1
Сталь, залізо	7800	7,80	Поліетилен	920	0,92
Олово	7300	7,30	Парафін	900	0,92
Цинк	7100	7,10	Лід	900	0,90
Корунд	4020	4,00	Дуб (сухий)	700	0,70
Чавун	4000	4,00	Сосна (суха)	400	0,40
Алюміній	2700	2,70	Корок	240	0,24

Густини деяких рідин

Таблиця 6

Рідина	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³	Рідина	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Ртуть	13 600	13,60	Спирт	800	0,80
Сірчана кислота	1800	1,80	Нафта	800	0,80
Мед	1350	1,35	Ацетон	790	0,79
Вода морська	1030	1,03	Ефір	710	0,71
Молоко незбиране	1030	1,03	Бензин	710	0,71
Вода дистильована	1000	1,00	Рідке олово	6800	6,80
Олія соняшникова	930	0,93	(при $t = 400^\circ\text{C}$)		
Машинне масло	900	0,90	Рідке повітря	860	0,86
Гас	800	0,80	(при $t = -194^\circ\text{C}$)		

Густини деяких газів

Таблиця 7

Газ	ρ , кг/м ³	ρ , г/см ³
Хлор	3,210	0,00321
Вуглекислий газ	1,980	0,00198
Кисень	1,430	0,00143
Повітря (при $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$)	1,290	0,00129
Азот	1,250	0,00125
Чадний газ	1,250	0,00125
Природний газ	0,800	0,00080
Водяна пара (при $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$)	0,590	0,00059
Гелій	0,180	0,00018
Водень	0,090	0,00009

**ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО**

1. Що таке густина речовини?
2. Як визначають густину речовини?
3. Які одиниці густини ви знаєте?
4. Що означає «густина олії дорівнює 930 кг/м³»?

**Лабораторна робота № 7****Визначення густини твердих тіл і рідин**

Мета роботи: визначити густину твердих тіл і рідин за допомогою терезів і вимірювального циліндра.

Прилади і матеріали: терези, важки, вимірювальні циліндри або мензурки, тверде тіло (густину якого треба визначити), посудина з дистильованою водою, посудина з невідомою рідиною.

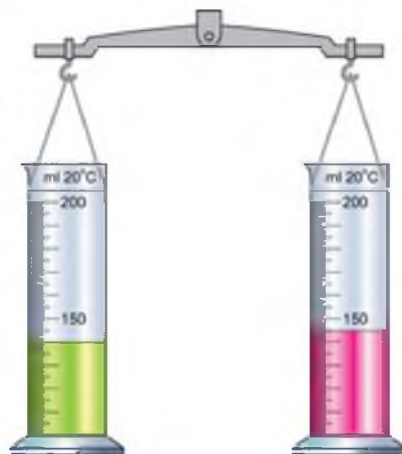
Хід роботи

1. Виміряйте масу тіла на терезах.
2. За допомогою вимірювального циліндра виміряйте об'єм твердого тіла.
3. За формулою $\rho = \frac{m}{V}$ обчисліть густину даного тіла.
4. Результати вимірювань і обчислень запишіть у таблицю.

Назва речовини	Маса тіла m , г	Об'єм тіла V , см ³	Густина речовини	
			ρ , г/см ³	ρ , кг/м ³

5. Візьміть два вимірювальних циліндри. В один з них налейте 100 мл дистильованої води, а в другий – невідому рідину, густину якої потрібно визначити.

6. За допомогою терезів (мал. 109) зрівноважте циліндри з рідинами (невідому рідину можна доливати в циліндр або виливати з нього).



Мал. 109

7. Знаючи густину води та її об'єм, визначте масу води.
8. Виміряйте об'єм невідомої рідини і визначте її густину.
9. Результати вимірювань і обчислень запишіть у таблицю.

Об'єм дистильованої води V_v , см ³	Густина дистильованої води ρ , г/см ³	Маса дистильованої води і невідомої рідини $m_v = m_p$, г	Об'єм невідомої рідини V_p , см ³	Густина невідомої рідини ρ_p , г/см ³
100	1			

10. Зробіть висновки.



Для допитливих

1. Визначте густину картоплини (моркви).
2. Визначте густину олії.
3. Визначте густину шматочка дерева (пінопласту).



ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

Розв'язуємо разом

1. На столі лежить книжка. Унаслідок взаємодії з якими тілами книжка перебуває у стані спокою?

Відповідь: книжка взаємодіє із Землею, а також зі столом.

2. Чому з розбігу можна стрибнути на більшу відстань, ніж без розбігу?

Відповідь: за рахунок інерції.

3. Чому великі кораблі, підходяючи до порту, починають зазделегідь гальмувати свій рух?

Відповідь: маючи велику масу, а отже, й інертність, кораблі у воді, де сили опору малі, пропливають без додаткового гальмування значні відстані.

4. Чому під час прополювання бур'яни слід витягати з ґрунту повільно, уникаючи ривків?

Відповідь: повільно витягаючи бур'ян, виконуємо його з корінням, якщо ж тягнути ривком, то бур'ян, унаслідок інертності, не встигає прийти в рух, і ми обриваємо стебла, а коріння залишається в ґрунті.

5. Найлегше дерево – бальза. Маса його деревини об'ємом 100 см³ дорівнює 12 г. Визначте густину деревини в г/см³ і в кг/м³.

Дано:

$$V = 100 \text{ см}^3$$

$$m = 12 \text{ г}$$

$$\rho = ?$$

Розв'язання

За формулою $\rho = \frac{m}{V}$ визначимо густину деревини.

$$\rho = 12 \text{ г} : 100 \text{ см}^3 = 0,12 \text{ г/см}^3 = 120 \text{ кг/м}^3.$$

Відповідь: $\rho = 0,12 \text{ г/см}^3 = 120 \text{ кг/м}^3$.

Рівень А

82. Чи залишиться човен у стані спокою, якщо людина з нього стрибне на берег? Чому?

83. Ви забиваєте цвях у стіну. Які тіла взаємодіють при цьому?

84. Чому важко йти проти вітру? З якими фізичними тілами взаємодіє людина при цьому?

85. На гілці сидить пташка. Що станеться з гілкою в той момент, коли пташка злетить угору?

86. При пострілі з рушниці відчувається удар у плече – віддача. Чим пояснюється це явище?

87. Чому більшість велосипедів мають привід гальма на заднє колесо, а не на переднє?



Мал. 110



Мал. 111

88. Прояв якого явища зображено на малюнку 110, де спортсмен летить уперед, відірвавшись від ґрунту?

89. Краплини води з гілок рослин зриваються, а з рук їх струшують. Яка відмінність між цими явищами?

90. Пасажири автобуса відчули, що вони нахилиються ліворуч. Як рухався в цей момент автобус?

91. Чому може впасти людина, яка спіткнулася? У який бік?

92. Чому під час різкого гальмування автомобіля його передня частина опускається вниз?

93. Чому на поворотах шофер, мотоцикліст, велосипедист зменшують швидкість руху свого транспортного засобу?

94. Який прилад зображено на малюнку 111? Де і для чого він використовується?

95. Розгляньте шкалу настільних торговельних терезів, які ще трапляються на базарах, визначте ціну поділки шкали і поясніть, чому на терезах можна зважувати продукти масою, не меншою за 50 г.

96. Густина рідкого металу осмію дорівнює $22\,600\text{ кг/м}^3$. Що означає це число? У скільки разів густина осмію більша за густину алюмінію?

97. Три тіла – з мармуру, льоду й латуні – мають однаковий об'єм. Яке з них має найбільшу масу, а яке – найменшу?

98. Картоплина масою 59 г має об'єм 50 см^3 . Визначте густину картоплі.

99. Брусок з поролону, що має розміри $15 \times 10 \times 10$ см, зрівноважено на терезах гирями 50, 20 і 5 г. Визначте густину поролону.

100. Візьміть шматок мила у формі прямокутного паралелепіпеда, на якому написано його масу. Визначте густину мила.

Рівень Б

101. Чому, сидячи в човні й впираючися ногами в сидіння, не можна зрушити човен з місця? Чи взаємодіють при цьому людина і човен?

102. Для зменшення ударів під час їзди кузови автомобілів установлюють на ресорах. Що відбувається з ресорами, якщо навантажити автомобіль або якщо він їде по вибоїнах?

103. Виконайте такий дослід: у вагоні поїзда (в автобусі чи автомобілі), який рухається рівномірно, підкиньте вгору яблуко. Чи впаде воно знов у руки? Поясніть результати досліду.

104. Заець, рятуючись від собаки, який женеться за ним, робить різкі стрибки вбік, коли собака от-от ухопить його зубами. Чому собаці важко зловити зайця, хоча вона біжить швидше від вухання?

105. Виконайте такий дослід: покладіть на край стола аркуш паперу. Зверху на нього покладіть кілька книжок так, щоб частина аркуша виступала. Що станеться з книжками, якщо аркуш паперу ви будете тягнути повільно? Потягнете рвучко? Повторіть дослід, поклавши на папір один зошит, кілька монет. Чи однаковий результат досліду в кожному випадку? Відповіді запишіть у зошит.

106. Як за допомогою терезів можна визначити, скільки приблизно цвяхів знаходиться в ящику, якщо їх загальна маса дорівнює 15 кг (без ящика)?

107. Рекомендовані та цінні листи і бандеролі на пошті зважують за допомогою спеціальних терезів з точністю до 1 г. Поштові марки наклеюють на лист після його зважування. Чи є необхідність у повторному зважуванні листів, якщо маса марок коливається від 20 до 150 мг?

108. Визначте масу води, яку вбирає серветка, використовуючи посудину з водою і терези.

109. Визначте довжину мідного дроту в мотку, не розмотуючи його, користуючися тільки терезами.

110. Чому, коли теплохід наближається до пристані, двигуни вимикають? Чи можна явище інерції використовувати для економії пального? Як?

111. Визначте масу води, бензину, ртуті об'ємом по 10 л. Чи можна підняти такий об'єм ртуті, наливої в посудину?

112. Дерев'яна модель деталі машини, яка виготовлена із сосни, має масу 0,8 кг. Яку масу матиме ця деталь, виготовлена зі сталі?

113. Автомобіль розрахований на перевезення вантажу масою 3 т. Скільки листів заліза можна навантажити на нього, якщо довжина кожного листа 2 м, ширина 80 см і товщина 2 мм?

114. В акваріум завдовжки 40 см і завширшки 20 см наливо води до висоти 35 см. Визначте масу наливої води. Яку масу матиме такий самий об'єм машинного масла?

115. Скільки залізничних цистерн потрібно для перевезення нафти масою 200 т, якщо об'єм кожної цистерни 50 м^3 ?

§ 25. СИЛА

Для вивчення будь-якого природного явища використовують різні фізичні величини. Для того щоб описати якісно і кількісно взаємодію тіл, вводять фізичну величину, яку називають силою.

Сила – це фізична величина, яка є мірою взаємодії тіл і є причиною зміни швидкостей тіл або їх частин.



Мал. 112

Спостереження. Якщо ми розглядаємо, наприклад, взаємодію руки з волейбольним м'ячем, то ми кажемо: «М'яч діє із силою на руку, або рука діє із силою на м'яч».

Дослід. Підвісимо на пружину яблуко (мал. 112). Пружина видовжиться. Якщо на неї підвісити два яблука, то вона видовжиться більше. Отже, два яблука діють на пружину з більшою силою, ніж одне.

Результат дії одного тіла на інше залежить від значення прикладеної сили.

Що щільніше зачинені двері, то з більшою силою ми повинні їх штовхати або тягнути на себе, щоб відчинити.

Щоб легше було відкривати двері, ручку дверей прикріплюють якомога далі від завіс. Спробуйте їх відчинити, штовхаючи в точці, яка розміщується поблизу петель. Ви переконаєтеся, що це зробити набагато важче, ніж за допомогою ручки.

Результат дії одного тіла на інше залежить від точки прикладання сили.

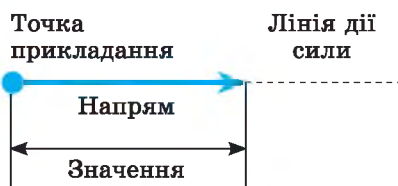
Для одержання певного результату дії, наприклад розтягнути або стиснути пружину, зачинити або відчинити двері, потрібно прикладати сили в різних напрямках.

Дія одного тіла на інше залежить від напрямку дії сили.

Графічно силу зображають у вигляді відрізка прямої зі стрілкою на кінці (мал. 113).

Початок відрізка суміщають з точкою прикладання сили. Довжина відрізка в певному масштабі дорівнює значенню сили. Стрілка показує напрям сили.

Величини, які, крім числового значення, характеризуються ще й напрямом у просторі, називають **векторними** (з лат. *вектор* – ведучий, несучий).



Мал. 113

Силу позначають латинською літерою F .

На малюнку 114 спортсмен приготувався стріляти з лука. У цьому разі його рука діє на тятиву із силою F , напрямленою вліво, а тятива діє на руку з такою самою за значенням силою, напрямленою вправо. Отже, значення сил однакові, але напрями їх протилежні.



Мал. 114



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що таке сила?
2. Від чого залежить дія одного тіла на інше?
3. Як зображають силу на малюнках? Як її позначають?

§ 26. СИЛА ТЯЖІННЯ

Чому всі підкинуті вгору тіла падають на Землю? Чому на санчатах легко з'їжджати згори, а вгору їх треба тягнути?

Спостереження. Якщо підкинути вгору м'яч, то він, піднявшись на деяку висоту, почне рухатися вниз і впаде на Землю (мал. 115). Парашутист, який вистрибує з літака, падає вниз навіть тоді, коли парашут розкритий (мал. 116). Після появи дощової хмари на Землю падає рясний дощ (мал. 117). Хоч би як ми стрибали вгору, завжди опускаємося на Землю.



Мал. 115



Мал. 116



Мал. 117

Усі тіла, що перебувають на Землі або поблизу, взаємодіють з нею: Земля притягує тіла, а вони притягують Землю.

Оскільки маса Землі дуже велика, то внаслідок взаємодії помітно змінюють швидкості і положення саме тіла, а Земля практично залишається на місці.

Силу, з якою Земля притягує до себе будь-яке тіло, називають *силою тяжіння*.

Від чого залежить сила тяжіння?

На підставі досліду з яблуками, виконаного раніше, можемо зробити висновок, що на два яблука, які підвішені на пружині, діє більша сила тяжіння, ніж на одне, бо маса двох яблук більша за масу одного. Що більша маса тіла, то більша сила тяжіння діє на нього.

Силу тяжіння позначають $F_{\text{тяж}}$.

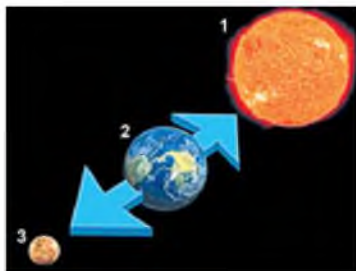
Одиницею сили тяжіння, як і будь-якої іншої сили, у СІ є один ньютон (1 Н). Цю одиницю названо на честь англійського вченого Ісаака Ньютона, який вперше сформулював основні закони руху тіл і закони тяжіння.

1 ньютон (1 Н) дорівнює силі тяжіння, що діє на тіло масою приблизно 102 г.

Тоді на тіло масою 1 кг діє сила тяжіння 9,81 Н, тобто $F_{\text{тяж}} = 9,81 \text{ Н}$.

Як, користуючись одиницею сили 1 Н, визначити силу тяжіння, що діє на тіло будь-якої маси?

Оскільки на тіло масою 1 кг діє сила тяжіння 9,81 Н, то на тіло масою m діятиме сила тяжіння в m разів більша.



Мал. 118

Щоб визначити силу тяжіння $F_{\text{тяж}}$, що діє на тіло, треба сталу для даної місцевості величину $g = 9,81 \text{ Н/кг}$ помножити на масу тіла m , виражену в кілограмах:

$$F_{\text{тяж}} = gm.$$

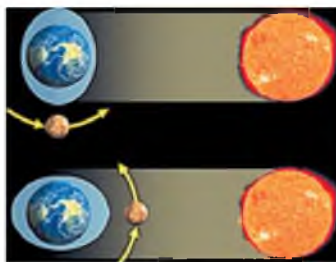
Але притягання існує не тільки між Землею і тілами, які розміщуються на ній або поблизу неї. Усі тіла притягуються одне до одного. Наприклад, притягуються між собою Земля (мал. 118, 2) і Місяць (3), Сонце (1)

і Земля (2) та інші планети, кораблі в морі, предмети в кімнаті.

Унаслідок притягання Землі до Місяця на Землі виникають припливи і відпливи (мал. 119). Вода в океанах піднімається двічі на добу на кілька метрів.

Завдяки силі тяжіння атмосфера утримується біля Землі, річки течуть згори донизу, Місяць утримується біля Землі, планети рухаються по орбітах навколо Сонця.

Явище притягання всіх тіл Всесвіту одне до одного називають *всесвітнім тяжінням*.



Мал. 119

Ісаак Ньютон довів, що сила притягання між тілами тим більша, чим більші маси цих тіл і чим менша відстань між тілами.

Якби сила тяжіння на Землі раптово зникла, то всі неукріплені на її поверхні тіла за будь-якого малого поштовху порозліталися б в усі боки в космічному просторі.

А який напрям має сила тяжіння?

Дослід. Якщо взяти висок або підвісити на нитці будь-який предмет (мал. 120), то побачимо, що нитка з тягарцем унаслідок дії на нього сили тяжіння завжди напрямлена до Землі вздовж прямої, яку називають вертикаллю.

Виконавши цей дослід у всіх точках Землі, учені переконалися, що сила тяжіння завжди напрямлена до центра Землі.

Силу тяжіння зображають у вигляді вертикальної стрілки, напрямленої вниз і прикладеної до певної точки тіла (мал. 121 а, б).



Мал. 120



Мал. 121



Це цікаво знати

- Крім планет з їх супутниками, навколо Сонця рухаються маленькі планети, які ще називають астероїдами. Найбільша з них – Церера – карликова планета, радіус якої майже в 20 разів, а маса в 7500 разів менші від Землі. Сила тяжіння на ній така мала, що людина, відштовхнувшись від поверхні планети, могла б полетіти з неї. Четверта в полі астероїдів планета – Веста – має масу в 60 000 разів меншу від маси Землі.



- Ось як описує засновник теорії космонавтики К.Е. Ціолковський в оповіданні «Шлях до зірок» умови перебування людини на цьому астероїді: «На Землі я можу вільно нести ще одну людину такої самої ваги, як я. На Весті так само легко можу нести в 30 разів більше. На Землі я можу підстрибнути на 50 см. На Весті таке саме зусилля дає стрибок на 30 м. Це висота десятиповерхового будинку або величезної сосни. Там легко перестрибувати через рівчаки і ями, завширшки із чималу річку. Можна перестрибнути через 15-метрові дерева й будинок. І це без розгону».



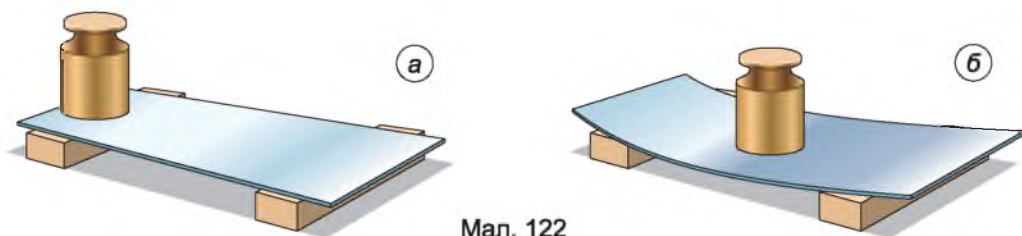
ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що є причиною падіння всіх тіл на Землю?
2. Яку силу називають силою тяжіння?
3. За якою формулою визначають силу тяжіння?
4. Що відбудеться з прикладеною до тіла силою тяжіння, якщо його масу збільшити вдвічі?
5. Який напрям має сила тяжіння?

§ 27. СИЛА ПРУЖНОСТІ. ЗАКОН ГУКА. ВАГА ТІЛА. НЕВАГОМІСТЬ

Ми вже знаємо, що на всі тіла, які розміщуються на Землі або поблизу неї, діє сила тяжіння. Ця сила є причиною того, що тіла, позбавлені опор або підвісів, наприклад краплі дощу, кинутий угору камінь, листя, що відірвалося від гілки дерева, падають на Землю.

Дослід 1. Покладемо на дві опори сталеву пластину. Вона перебуватиме в горизонтальному положенні (мал. 122, а). Коли на середину неї поставимо гирю, то під дією сили тяжіння гиря разом зі сталеву пластину буде рухатися вниз доти, доки не зупиниться (мал. 122, б). Чому припинився рух гирі й сталеву пластину?



Мал. 122

Припинення руху можна пояснити так: крім сили тяжіння, яка діє на гирю і напрямлена вертикально вниз, згодом на неї почала діяти ще одна сила, напрямлена вгору.

Звідки виникла ця друга сила?

Зміну форми або розмірів тіла називають **деформацією**. Унаслідок руху тіла вниз сталеву пластину прогинається – деформується. У результаті цього виникає сила, з якою пластину діє на гирю, що стоїть на ній. Ця сила напрямлена вгору, тобто в бік, протилежний силі тяжіння. Цю силу назвали **силою пружності**. Коли сила пружності за значенням зрівняється із силою тяжіння, опора і тіло зупиняться.

Сила пружності – це сила, що виникає внаслідок деформації тіла і напрямлена протилежно напрямку переміщення частин тіла під час деформації.

Одним з видів деформації є **згин**. Що більше згинається опора, то більшою є сила пружності, яка діє з боку цієї опори на тіло. Перед тим як тіло (гирю) поклали на сталеву пластину, ця сила була відсутня. Під час

переміщення гирі, яка дедалі більше прогинала пластинку, збільшувалася і сила пружності.

Властивості пружних тіл (пружин) дуже детально вивчав понад 300 років тому англійський природодослідник **Роберт Гук**. Його досліді дали змогу сформулювати закон, який було названо його іменем – закон Гука, а саме:

сила пружності прямо пропорційна деформації (видовженню) тіла (пружини) і напрямлена протилежно напрямку переміщення частин тіла під час деформації.

Якщо видовження тіла, тобто зміну його довжини, позначити через Δx (мал. 123, б), а силу пружності – через $F_{\text{пр}}$, то закон Гука можна математично записати так:

$$F_{\text{пр}} = -k\Delta x,$$

де k – коефіцієнт пропорційності, який називають **жорсткістю тіла**. У кожного тіла своє значення жорсткості. Знак « $-$ » означає, що сила пружності напрямлена протилежно напрямку деформації тіла.

Що більша жорсткість тіла (пружини, дроту, стержня тощо), то менше воно змінює власну довжину під дією даної сили.

Одиницею жорсткості в СІ є **один ньютон на метр (1 Н/м)**.

Закон Гука дає змогу порівнювати між собою тіла з різною масою, тобто зважувати їх. Що більшої маси тіло підвішуємо до пружини, то більше вона розтягується. За цим принципом побудовано прилад для вимірювання сили – **динамометр**.

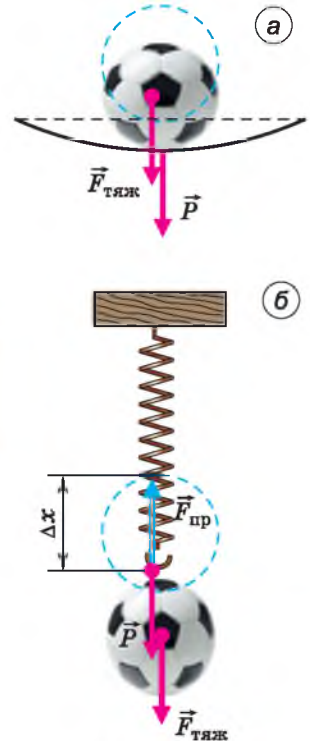
Дослід 2. Поставимо тіло на опору (мал. 123, а). Унаслідок взаємодії деформується не лише опора, а й саме тіло, яке притягується Землею. Деформоване тіло тисне на опору із силою, яку називають **вагою тіла P** . Якщо тіло підвісити до пружини, то воно деформується саме і при цьому розтягує пружину, у результаті чого виникає сила пружності (мал. 123, б). Тіло діє на підвіс із силою, яку називають **вагою тіла P** .

Вага тіла – це сила, з якою тіло внаслідок притягання до Землі діє на горизонтальну опору або підвіс.

Не слід плутати силу тяжіння з вагою тіла. Сила тяжіння діє на саме тіло з боку Землі, а вага цього тіла – це сила пружності, що діє на опору або підвіс. Якщо горизонтальна опора чи підвіс з тілом перебувають у стані спокою або рухаються прямолінійно й рівномірно, то вага тіла дорівнює силі тяжіння і визначають її за формулою:

$$P = gm,$$

де P – вага тіла; $g = 9,81 \text{ Н/м}$; m – маса тіла.



Мал. 123

Інколи плутають вагу тіла з його масою – це помилка. По-перше, це різні фізичні величини, з яких вага – напрямлена величина, вектор, а масу визначають лише числовим значенням. Вони характеризують різні властивості тіл і мають різні одиниці: для ваги – **ньютон**, для маси – **кілограм**. По-друге, кожне тіло завжди має певну незмінну масу, а вага тіла може змінюватися, якщо опора або підвіс нерівномірно рухається. У цьому разі вага тіла може збільшуватися або зменшуватися порівняно з вагою тіла на нерухомій опорі і навіть зникати, тобто дорівнювати нулю (стан невагомості). Наприклад, піднімаючи вантажі за допомогою підйомного крана, потрібно враховувати, що під час різких ривків вага вантажу збільшується, і трос може розірватися. Стоячи на платформі медичних терезів, ми помічаємо, що їх покази змінюються, якщо під час зважування присідати або рухати руками.

Вага тіла діє на будь-яку опору: підлогу, по якій ми ходимо, стілець, на якому ми сидимо, канат, за який ми вхопилися. Призначення опори – обмежувати рух тіла під дією сили тяжіння, звідси і її назва.

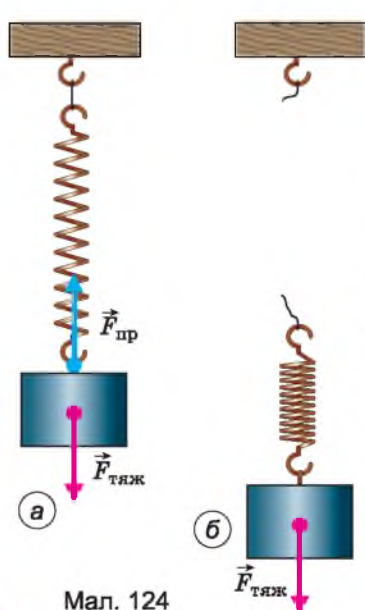
Починаючи з 4 жовтня 1957 р., коли космічна ракета вивела на орбіту перший штучний супутник Землі, почалася ера освоєння людиною космічного простору.

Людина побувала на Місяці, готується експедиція на Марс. Вам не раз доводилося чути, що космонавти під час польоту в космічному кораблі по орбіті навколо Землі перебувають в особливому стані, який називають **невагомістю**.

Що це за стан і чи можна його спостерігати на Землі?

Дослід 3. Верхній кінець пружини за допомогою нитки прикріпимо до нерухомої опори, а до нижнього підвісимо тягарець (мал. 124, а). Під дією сили тяжіння він починає рухатися вниз. Пружина розтягуватиметься доти, доки сила пружності, що виникає в ній, зрівноважить силу тяжіння.

Переріжемо або перепалимо нитку, яка утримує тіло з пружиною. Пружина і тіло починають вільно падати, при цьому розтяг пружини зникає,



Мал. 124

а це й означає, що тіло втратило вагу і не діє на підвіс (мал. 124, б). Сила тяжіння при цьому нікуди не зникла і змушує тіло падати на Землю.

Так само якщо швидкості падіння тіла і опори (підвісу) однакові, то тіло не діє на них, і його вага дорівнює нулю.

Якщо штучний супутник або космічна станція обертається навколо Землі, то всі предмети всередині них, а також космонавти рухаються з однаковою швидкістю відносно Землі. Унаслідок цього тіла, що розміщуються на підставках, не діють на них, підвішені до пружин тіла не розтягують їх, розлита з посудини вода плаває у вигляді великої краплі, маятникові годинники перестають працювати, космонавти без жодних зусиль пересуваються, «літаючи» або «плаваючи» в кораблі (мал. 125).



Мал. 125



Мал. 126

Якби сила тяжіння раптово зникла, то космічний корабель унаслідок інерції віддалявся б від Землі в космічний простір по прямій лінії.

У стані невагомості перебуває будь-яке тіло під час вільного падіння. Якщо за звичайних умов не брати до уваги опір повітря, то в невагомості перебуває спортсмен, який стрибає з вишки в басейн або виконує вправи на батуті (мал. 126); кожен з нас короткочасно перебуває у стані невагомості під час бігу, коли обидві ноги відриваються від Землі.



Це цікаво знати

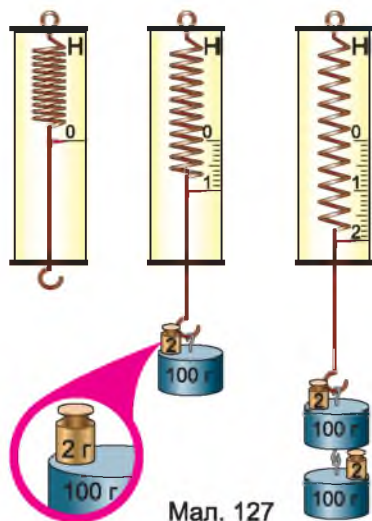
- У давні часи пружні властивості деяких матеріалів (зокрема, такого дерева, як тис) дали змогу нашим пращурам винайти лук – ручну зброю, призначену для метання стріл за допомогою сили пружності натягнутої тятиви.
- Винайдений близько 12 тис. років тому лук упродовж багатьох століть був основною зброєю майже всіх племен і народів світу. До винайдення вогнепальної зброї лук був найефективнішим бойовим засобом. Англійські лучники могли пускати до 14 стріл за хвилину, що під час масового використання луків у бою створювало цілу хмару стріл. Наприклад, кількість стріл, випущених у битві при Азенкурі (під час Столітньої війни), налічувала близько 6 мільйонів!
- Широке застосування цієї грізної зброї в середні віки викликало обґрунтований протест з боку певних кіл суспільства. У 1139 р. Латеранський (церковний) собор, який зібрався в Римі, заборонив застосування цієї зброї проти християн. Однак боротьба за «лучне роззброєння» не мала успіху, і лук як бойову зброю продовжували використовувати люди ще протягом 500 років.
- У наш час стрільба з лука є лише одним з видів спорту або мисливства.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Яку силу називають силою пружності? Коли вона виникає?
2. Сформулюйте закон Гука.
3. Що таке жорсткість тіла?
4. Що таке вага? Як її визначають? Чи завжди вона є сталою?
5. Що таке невагомість? Де її можна спостерігати?

§ 28. ДИНАМОМЕТРИ. ВИМІРЮВАННЯ СИЛ



Мал. 127

Будова динамометра (з грец. *динаміс* – сила; *метрео* – вимірюю) ґрунтується на тому, що сила пружності пружини за законом Гука прямо пропорційна видовженню (деформації) пружини.

Найпростіший пружинний динамометр виготовляють так. На дощечці закріплюють пружину, яка закінчується внизу стержнем з гачком (мал. 127). До верхньої частини стержня прикріплюють показчик. На дощечці помічають положення показчика – це нульовий штрих. Потім до гачка підвішують важок масою 102 г. На цей тягарець діє сила тяжіння 1 Н. Під дією сили 1 Н пружина розтягнеться, показчик опуститься вниз. Позначають його нове положення і навпроти позначки ставлять цифру 1. Потім під-

вішують важки масою 204 г і ставлять позначку 2, яка означає, що при такому положенні сила пружності пружини дорівнює 2 Н і т. д.

Можна нанести поділки, які відповідають десятим частинам ньютонів: 0,2; 0,4; 0,6 і т. д. Для цього проміжки між позначками 0 і 1, 1 і 2, 2 і 3 і т. д. треба поділити на 5 однакових частин.

Проградувати прилад – це означає нанести на нього шкалу з поділками.

Проградувана таким чином пружина і буде найпростішим динамометром.

Для вимірювання сили використовують такі динамометри (мал. 128): *а* – шкільний демонстраційний динамометр; *б* – шкільний лабораторний динамометр (динамометр Бакушинського); *в* – цифровий динамометр для встановлення підйомних кранів на будівельних майданчиках; *г* – цифровий динамометр для вимірювання сил у різних напрямках.



Мал. 128



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Які прилади призначені для вимірювання сили?
2. Як можна виготовити найпростіший динамометр?
3. Наведіть приклади, де використовуються динамометри.



Лабораторна робота № 8

Дослідження пружних властивостей тіл

Мета роботи: дослідити пружні властивості тіл (пружин).

Прилади і матеріали: штатив з лапкою і муфтою, лінійка із сантиметровими або міліметровими поділками, набір пружин, гирі або набір важків, секундомір.

Хід роботи

1. Підвісьте до штатива з лінійкою пружину, як це показано на малюнку 129, а.

2. Підвісьте до пружини гирю (мал. 129, б) або важок.

3. Визначте видовження пружини Δx .

4. Знаючи масу гирі або важка, за формулою $F_{\text{тяж}} = gm$ визначте силу тяжіння, яка діє на гирю або важок.

5. Гиря (важок), підвішена до пружини, знаходиться в стані спокою, тому $F_{\text{тяж}} = F_{\text{пр}}$, або $gm = k\Delta x$.

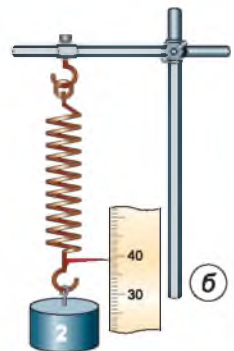
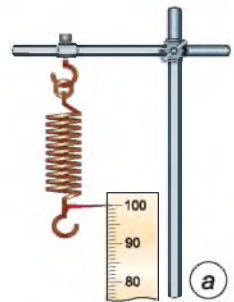
6. Із співвідношення $gm = k\Delta x$ визначте жорсткість пружини $k = \frac{gm}{\Delta x}$.

7. Виконайте дослід з іншою пружиною. Зробіть висновки.

8. Примусьте коливатися гирю або важок на пружині. Зафіксуйте секундоміром час, протягом якого гиря (важок) зробила 10 коливань. За формулою $T = \frac{t}{N}$ визначте період її коливань.

9. Виконайте аналогічний дослід з іншою пружиною, але тією самою гирею (важком). Визначте період її коливань.

10. Порівняйте результати дослідів. Зробіть висновки.



Мал. 129



Для допитливих

1. Виготовте динамометр та проградуйте його шкалу.
2. Щоб пружина видовжилася до 15 см, потрібно прикласти силу 45 Н, а до 18 см – 72 Н. Визначте довжину пружини в недеформованому стані.

ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ



Розв'язуємо разом

1. Назвіть сили, які діють на тягар, підвішений до кінця спіральної пружини.

Відповідь: на тягар діє сила тяжіння, яка напрямлена вертикально вниз, і сила пружності, яка напрямлена протилежно видовженню пружини.

2. Яка вага космічного апарата масою 383 кг на поверхні планети Марс? На Марсі $g = 3,9$ Н/кг.

Дано:

$$m = 383 \text{ кг}$$

$$g = 3,9 \text{ Н/кг}$$

$$P = ?$$

Розв'язання

Щоб визначити вагу космічного апарата, використаємо формулу $P = gm$.

$$P = 3,9 \text{ Н/кг} \cdot 383 \text{ кг} = 1493,7 \text{ Н.}$$

Відповідь: $P = 1493,7 \text{ Н.}$

3. Космонавту в умовах невагомості треба займатися фізичними вправами. Чи знадобляться йому гантелі?

Відповідь: звичайні вправи на підйом ваги у стані невагомості втрачають сенс, але вправи на подолання інертності гантелей (махи, повороти, розведення рук тощо) виконувати цілком можливо. Проте гантелі, як зайвий вантаж, доцільно замінити на еспандер.

Рівень А

116. Назвіть силу, яка завжди діє на тіло однаково в будь-якому місці на Землі.

117. Чому випущений з рук предмет падає на Землю? Яка сила діє на нього?

118. Яка сила спричиняє падіння на Землю граду (мал. 130), що утворився у хмарах? Які фізичні тіла взаємодіють у цьому випадку?

119. Чому великі вантажі, які піднімають за допомогою мостових кранів, переміщують повільно?

120. Які сили діють на листя під час листопаду?

121. Які сили діють на вантаж, коли той спускається на парашуті? Які тіла тут взаємодіють?

122. Маса одного молотка дорівнює 1,4 кг, а іншого – 875 г. На який молоток діє більша сила тяжіння і в скільки разів?

123. Поясніть результати досліду (мал. 131).

124. Чи мають вагу рідини й газу?

125. Яка вага людини на поверхні Землі, якщо її маса дорівнює 76 кг?

126. Яка вага води масою 10 кг?

127. Тіло важить 750 Н. Яка маса тіла?

128. У супермаркеті купили 1 кг хліба, 400 г масла, 1 кг 600 г ковбаси і 2 кг цукру. Визначте загальну вагу покупки.

129. Який стіл має більшу масу: вагою 95 Н чи 0,095 кН?

130. Чи завжди вага тіла дорівнює силі тяжіння, яка діє на це тіло?



Мал. 130



Мал. 131

131. Чи завжди тіло має вагу?

132. Які прилади зображено на малюнку 132? Для чого їх використовують?



Мал. 132



Рівень Б

133. Коли підняли важку колоду з м'якого ґрунту, то на ньому залишилася вм'ятина. Під дією якої сили у ґрунті утворилася вм'ятина?

134. Виконайте такий дослід: покладіть жменю землі в скляну банку, налейте води і ретельно перемішайте суміш паличкою. Спостерігайте за рухом частинок землі у воді. Потім дайте суміші відстоятися. Які частинки землі випадуть в осад першими? Чи довго вода буде каламутною? Як пояснити це явище?

135. Розгляньте пружини амортизаторів мотоцикла, автомобіля, трактора. Чим вони різняться?

136. Ніл Армстронг – перша людина, яка ступила 20 липня 1969 р. на поверхню Місяця (мал. 133). Визначте вагу астронавта на Місяці, якщо його вага на Землі дорівнювала 745 Н. Слід врахувати, що $g_M = 1,63 \text{ Н/кг}$.

137. Останнім часом можна спостерігати, як сміливці виконують карколомний трюк – стрибок у прірву на канаті (мал. 134). У якому стані



Мал. 133



Мал. 134

перебуває людина в перші секунди стрибка? Яку властивість повинен мати канат, щоб людина не загинула?

138. На скільки видовжиться пружина жорсткістю 200 Н/м , якщо до неї підвісили тіло масою 5 кг ?

139. Яка вага води об'ємом 250 см^3 ?

140. Вага порожнього відра 15 Н . Якою буде вага цього відра, якщо в нього налити 12 л води?

141. Перший штучний супутник Землі, запущений у 1957 р., на космодромі мав вагу 820 Н . Один з космічних апаратів «Протон-1» мав масу $12,2 \text{ т}$. У скільки разів маса «Протона-1» перевищувала масу першого супутника?

142. На Землі хлопчик вільно може підняти тіло, вага якого 60 Н . Якої маси тіло він міг би підняти на Місяці, прикладаючи таке саме зусилля? Сила притягання тіл Місяцем у 6 разів менша, ніж Землею.

143. Яка фізична величина – маса будівельних матеріалів чи їх вага – має головніше значення під час розрахунку і побудови мостів та інших споруд?

144. Яка з фізичних величин – маса тіла чи його вага – становить найбільший інтерес: для мисливця, який купує свинцевий шпіт, чи для спортсмена, який вибирає у спортивному магазині гантелі?

145. У перші секунди піднімання у швидкісному ліфті висотного будинку людина відчуває, що її притискає до підлоги, а на початку опускання навпаки, вона відчуває деяке полегшення. Однакові чи різні в ці моменти: а) маса людини; б) сила тяжіння, яка діє на тіло людини; в) вага людини?

146. Для занять акробатикою застосовують батут (мал. 126) – пружну сітку, укріплену в горизонтальному положенні. Спортсмен-акробат може виконати на батуті багаторазові стрибки на значно більшу висоту, ніж без батута. Чи змінюється під час стрибків сила тяжіння, що діє на тіло спортсмена? Чи змінюється вага спортсмена? Коли сила тяжіння, яка діє на спортсмена, менша від сили пружності, що виникає з боку сітки? У якому випадку сила тяжіння, яка діє на спортсмена, дорівнює силі пружності, що виникає з боку сітки?

147. Чи притягуються Землею штучні супутники Землі і предмети, які перебувають у стані невагомості в космічному кораблі?

§ 29. ТЕРТЯ. СИЛИ ТЕРТЯ. КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Спостереження 1. Автомобіль, вимкнувши двигун, через певний час зупиняється. Шайба, рухаючись по льоду, також згодом зупиниться. Зупиняється і велосипед, якщо припинити крутити педалі.

Що ж є причиною зменшення швидкості руху тіл?

З раніше вивченого ви знаєте, що причиною зміни швидкості руху тіл є дія одного тіла на інше. Отже, у випадках, які розглядали, на кожне рухоме тіло діяла сила. Тіла зупинилися, тому що на них діяла сила, яка напрямлена протилежно їх руху – **сила тертя $F_{\text{тер}}$** .

Сила тертя виникає під час взаємодії між твердими тілами в місцях їх дотику і перешкоджає їх відносному переміщенню.

Однією з причин виникнення сили тертя є шорсткість стичних поверхонь тіл. Навіть гладенькі на вигляд поверхні тіл мають нерівності, горбики і подряпини. На малюнку 135 ці нерівності зображено у збільшеному вигляді. Коли одне тіло ковзає по поверхні іншого, ці нерівності зачіпляються одна за одну, що створює силу, яка заважає руху.

Друга причина тертя – взаємне притягання молекул стичних поверхонь тіл. Якщо поверхні тіл дуже добре відполіровано, то їх молекули розміщуються так близько одна до одної, що помітно починає проявлятися притягання між ними.

Розрізняють кілька видів тертя залежно від того, як взаємодіють тертьові тіла: **тертя спокою, тертя ковзання, тертя кочення**.

Дослід 1. Покладемо брусок на похилу дошку. Брусок перебуває в стані спокою. Що утримує його від зісковзування вниз? Тертя спокою забезпечує зчеплення бруска й дошки.

Дослід 2. Притисніть свою руку до зошита, що лежить на столі, і пересуньте його. Зошит буде рухатися відносно стола, але перебуває у спокої відносно вашої долоні. За допомогою чого ви примусили цей зошит рухатися? За допомогою тертя спокою зошита об руку.

Тертя спокою переміщує вантажі, що розміщуються на рухомій стрічці транспортера, запобігає розв'язуванню шнурків, утримує шурупи і цвяхи в дошці тощо.

Якщо одне тіло ковзає по іншому, то тертя, що виникає при цьому, називають **тертям ковзання**. Таке тертя виникає під час руху саней або лиж по снігу, підодшв по землі.

Якщо одне тіло котиться по іншому, то говорять про **тертя кочення**. Під час кочення коліс вагона, автомобіля, воза, під час перекочування бочок по землі проявляється тертя.

А від чого залежить сила тертя?

Дослід 3. Прикріпимо до бруска динамометр і будемо тягнути його, надаючи бруску рівномір-



Мал. 135



Мал. 136

ного руху (мал. 136). При цьому динамометр буде показувати силу, з якою ми тягнемо брусок, а отже, і силу тертя, яка виникає під час руху бруска по поверхні стола. Покладемо на брусок тягарці й повторимо дослід. Динамометр зафіксує більшу силу тертя.

Що більша сила притискає тіло до поверхні, то більша сила тертя виникає при цьому.

Виконаємо попередній дослід, але тіло будемо рухати по поверхні скла, по бетону. З'ясуємо, що сила тертя залежить від якості поверхні, по якій рухається тіло.

Сила тертя залежить від матеріалу і якості обробки поверхні, по якій рухається тіло.

Силу тертя ковзання визначають за формулою:

$$F_{\text{тер}} = \mu N,$$

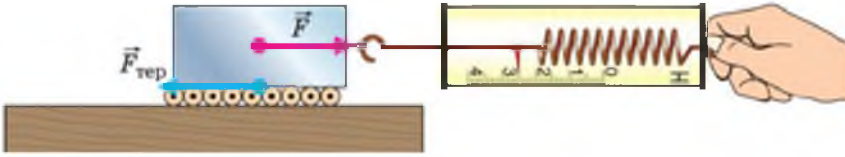
де $F_{\text{тер}}$ – сила тертя ковзання; N – сила реакції опори, що за значенням дорівнює силі тиску тіла на поверхню ковзання, що діє перпендикулярно до цієї поверхні; μ – коефіцієнт тертя ковзання. Якщо поверхня ковзання горизонтальна, то сила тиску на неї дорівнює вазі тіла, тобто $N = P = gt$, а $F_{\text{тер}} = \mu gt$, де $g = 9,81 \text{ Н/кг}$; m – маса тіла.

У таблиці 8 вказано коефіцієнти тертя ковзання для деяких матеріалів.

Таблиця 8

Матеріал	Коефіцієнт тертя
Сталь по сталі	0,17
Залізо по залізу	0,30
Залізо по чавуну і бронзі	0,18
Дуб по дубу при паралельних волокнах	0,20
Дуб по дубу при перпендикулярних волокнах	0,40
Сталь по льоду	0,02
Сталь по твердому ґрунту	0,20–0,40
Дерево по льоду	0,035

Дослід 4. Покладемо дерев'яний брусок на круглі олівці (мал. 137). Потягнемо брусок динамометром, олівці за рахунок тертя між ними і бруском з дошкою почнуть обертатися, а брусок – рухатися. Сила тертя кочення буде меншою від сили тертя ковзання.



Мал. 137

При однакових навантаженнях сила тертя кочення завжди менша від сили тертя ковзання.

Якщо розглянете швацьку голку, то відразу помітите, що вона гладко відполірована. Для чого потрібне таке полірування? А чи легко шити заіржавілою голкою? Тут ви безпосередньо пересвідчуєтеся, яку роль відіграє в побуті тертя.

У природі й техніці тертя може бути і корисним, і шкідливим. Коли воно корисне, його намагаються збільшити, а коли шкідливе – зменшити.

Через тертя зношуються механізми і машини, стираються підопшви взуття і шини автомобілів, ускладнюється пересування різних вантажів.

Але уявіть на хвилину, що тертя зникло. Тоді рухомий автомобіль не зміг би зупинитися, а нерухомий – зрушити з місця; пішоходи впали б на дорогу і не змогли б піднятися; тканини розпалися б на нитки, тому що нитки в них утримуються тертям; ви навіть не змогли б перегорнути сторінки цього підручника.

Ви, мабуть, неодноразово помічали, що на автомобільних шинах є рельєфні малюнки (так звані протектори), які розміщені вздовж і впоперек шини (мал. 138). Вони зроблені для збільшення тертя, тобто сили зчеплення коліс з полотном дороги. Поперечні смуги збільшують зчеплення колеса з полотном дороги, а поздовжні смуги, а також виступи, розташовані під кутом, перешкоджають зміщенню, зісковзуванню автомобіля вбік.

У всіх машинах унаслідок тертя нагріваються і спрацьовуються рухомі частини. Щоб зменшити тертя, стичні поверхні роблять гладенькими і між ними вводять мастило, оскільки тертя між поверхнею твердого тіла й рідиною значно менше, ніж між поверхнями твердих тіл. Оберткові вали машин і верстатів установлюють на підшипниках. Підшипники кочення бувають кулькові й роликові (мал. 139). Вони дають змогу зменшити силу тертя у 20–30 разів порівняно з підшипниками ковзання.

Відомо, що змащування тертьових поверхонь значно зменшує тертя між



Мал. 138



Мал. 139

ними. Чому ж важче утримувати топориче сокири сухою рукою, ніж вологою? Виявляється, що при змащуванні дерева дрібні волокна на його поверхні набрякають, тому тертя між рукою і топоричем збільшується, що й допомагає утримувати сокиру в руках.

Спостереження 2. Коли ви намагаєтесь бігти у воді басейну, річки або озера, то відчуваєте великий опір з боку води і не можете швидко бігти.

Переносячи легкі великі предмети у вітряну погоду, ви відчуваєте такий опір з боку вітру, що вам дуже важко йти.

Коли в безвітряну погоду ви стоїте біля дороги і повз вас проїжджає вантажний автомобіль на великій швидкості, то ви обов'язково відчуєте вітер, що супроводжує рух автомобіля. Що більша швидкість автомобіля, то більша сила цього вітру.

Сили тертя, які виникають під час руху тіл у рідині або газі, називають силами опору середовища.

Сила опору залежить від форми тіла. Ракетам, літакам, підводним човнам, кораблям і автомобілям надають обтічної форми, тобто форми, за якої сила опору найменша.

Дослід 5. Візьмемо два вимірювальних циліндри, наповнимо один з них водою, а другий – олією або машинним маслом. Кинемо одночасно в них однакові металеві кульки. У результаті досліду побачимо, що кулька у воді впаде на дно швидше, ніж у маслі, тобто сила опору руху кульки в маслі більша, ніж у воді.

Човни, кораблі не можуть розвинути такої швидкості, яку розвивають літаки, тому що сила опору руху у воді набагато більша, ніж у повітрі.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Які є види тертя?
2. Які причини виникнення тертя?
3. Як визначають силу тертя ковзання?
4. Чому тертя може бути і корисним, і шкідливим?
5. Якими способами можна зменшити силу тертя?
6. Які сили називають силами опору?



Лабораторна робота № 9

Визначення коефіцієнта тертя ковзання

Мета роботи: визначити коефіцієнт тертя ковзання.

Прилади і матеріали: динамометр, дерев'яний брусок, дерев'яна лінійка, набір важків.

Хід роботи

1. Визначте динамометром вагу бруска і одного важка.
2. Покладіть брусок на горизонтально розміщену дерев'яну лінійку. На брусок поставте важок.
3. Прикріпіть до бруска з важком динамометр і тягніть його вздовж лінійки зі сталою швидкістю (мал. 140). Запишіть покази динамометра в таблицю.

№ досліду	Вага бруска з важками P , Н	Сила тертя ковзання $F_{\text{тер}}$, Н	Сила реакції опори $N = P$, Н	Коефіцієнт тертя ковзання $\mu = \frac{F_{\text{тер}}}{N}$
1				
2				
3				

4. До першого важка додайте другий, а потім – третій, щоразу зважуючи брусок і важки та вимірюючи силу тертя. Для кожного досліду визначте силу реакції опори. Результати вимірювань і розрахунків запишіть у таблицю.



Мал. 140

5. Визначте коефіцієнт тертя ковзання для кожного випадку за формулою $\mu = \frac{F_{\text{тер}}}{N}$. Визначте $\mu_{\text{с}} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3}$.

6. Зробіть висновки.



Для допитливих

За результатами вимірювань і розрахунків побудуйте графік залежності сили тертя від сили реакції опори і, користуючись ним, визначте середнє значення коефіцієнта тертя ковзання $\mu_{\text{с}}$. Зробіть висновки.

§ 30. ДОДАВАННЯ СИЛ. РІВНОДІЙНА СИЛ

Звичайно на будь-яке рухоме тіло діє не одне, а одразу кілька оточуючих тіл. Наприклад, коли тягнемо брусок по лінійці, то брусок взаємодіє і з рукою (сила тяги), і із Землею (сила тяжіння), і з поверхнею лінійки (сила тертя ковзання, сила реакції опори). У цьому разі спільну дію на тіло кількох сил можна замінити **рівнодійною силою**.

Силу, яка чинить на тіло таку саму дію, як і кілька окремих сил, і одночасно прикладених до нього, називають *рівнодійною силою*.

Рівнодійну силу визначають залежно від напрямів і значень окремих складових сил.

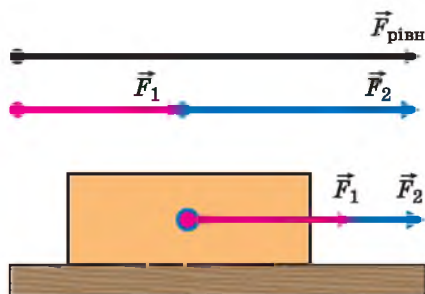
Якщо до тіла прикладено дві сили F_1 та F_2 , які напрямлені вздовж однієї прямої в один бік, то їх рівнодійна $F_{\text{рівн}}$ дорівнює сумі цих сил (мал. 141):

$$F_{\text{рівн}} = F_1 + F_2.$$

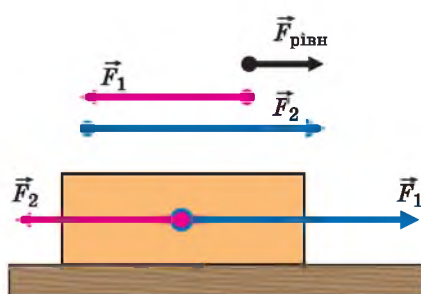
Напрямок рівнодійної сили в цьому разі збігається з напрямом прикладених сил.

Якщо до тіла прикладено дві сили F_1 та F_2 , які напрямлені вздовж однієї прямої, але в різні боки, то коли $F_1 > F_2$, їх рівнодійна $F_{\text{рівн}}$ дорівнює різниці цих сил, а її напрямок збігається з напрямом більшої за значенням прикладеної сили F_1 (мал. 142):

$$F_{\text{рівн}} = F_1 - F_2.$$



Мал. 141

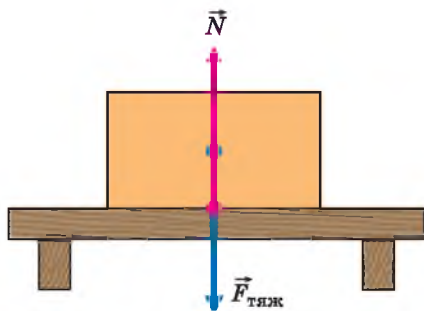


Мал. 142

Якщо $F_1 = F_2$, то їх рівнодійна дорівнює нулю. Тому тіло, яке було в спокої, у ньому й залишиться, а таке, що рухалося, продовжуватиме рухатися прямолінійно й рівномірно з початковою швидкістю. При цьому кажуть, що прикладені до тіла протилежно напрямлені вздовж однієї прямої і однакові за значенням сили **зрівноважують**, або **компенсують**, одна одну.

Як рухатиметься тіло, якщо на нього одразу діятимуть кілька сил?

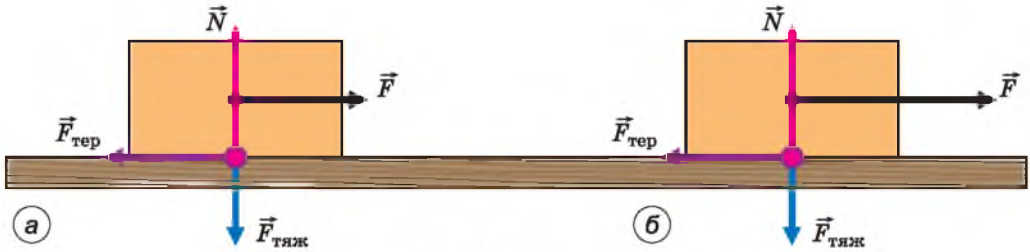
Дослід 1. Покладемо брусок на стіл (мал. 143). На нього діють дві сили: сила тяжіння $F_{\text{тяж}} = gt$ і сила реакції опори $N = gt$. Ці сили однакові за значенням, але протилежні за напрямом, тому їх рівнодійна, або результуюча, сила дорівнює нулю. Брусок перебуває у спокої.



Мал. 143

Дослід 2. Будемо тягти брусок за допомогою нитки або динамометра по поверхні стола (мал. 144, а). У цьому разі на тіло діятимуть такі сили: сила тяжіння $F_{\text{тяж}}$, сила реакції опори N , сила тяги F і сила тертя $F_{\text{тер}}$.

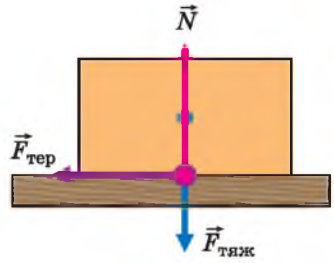
Якщо $N = F_{\text{тяж}}$ і $F = F_{\text{тер}}$, то тіло буде рухатися рівномірно, тобто швидкість тіла не змінюватиметься із часом.



Мал. 144

Якщо $N = F_{тяж}$, а сила тяги F буде більша за силу тертя $F_{тер}$, то тіло буде рухатися так, що швидкість його збільшуватиметься із часом, тобто тіло рухатиметься нерівномірно (мал. 144, б).

Дослід 3. Штовхнемо брусок так, щоб він рухався по поверхні стола. На нього діятимуть сила тяжіння $F_{тяж}$, сила реакції опори N і сила тертя $F_{тер}$. Оскільки $N = F_{тяж}$, то вони компенсують одна одну, і впливати на рух бруска буде тільки сила тертя $F_{тер}$ (мал. 145). Оскільки сила тертя завжди напрямлена проти руху, то брусок із часом зупиниться, що і спостерігатиме на досліді.



Мал. 145

Залежно від того, якою за значенням буде рівнодійна сила, тіло може перебувати в стані спокою, рухатися рівномірно або нерівномірно.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що називають рівнодійною силою?
2. Як може рухатися тіло під дією кількох сил?
3. Коли тіло перебуває в спокої або рухається рівномірно?
4. Чому тіло рухається нерівномірно?



ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

Розв'язуємо разом

1. Яке призначення насічок на робочих поверхнях плоскогубців?

Відповідь: завдяки насічкам збільшується тертя між деталлю і робочими поверхнями плоскогубців, що забезпечує надійніше утримання деталі під час роботи.

2. Сталеve тіло масою 50 кг тягнуть по льоду. Яка сила тертя виникає при цьому?

Дано:

$m = 50 \text{ кг}$
 $g = 10 \text{ Н/кг}$
 $\mu = 0,02$

$F_{тер} = ?$

Розв'язання

Для визначення сили тертя скористаємося формулою:

$$F_{тер} = \mu g m.$$

$$F_{тер} = 0,02 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 50 \text{ кг} = 10 \text{ Н}.$$

Відповідь: $F_{тер} = 10 \text{ Н}.$

3. Чи можна зважити брусок вагою 8 Н, якщо маємо тільки два однакових динамометри, розрахованих на вимірювання сили 4 Н?

Відповідь: можна. Треба укріпити обидва динамометри поряд на одному рівні, а брусок підвісити одразу до обох гачків. За умови повного розтягу пружин динамометрів до бруска будуть прикладені дві сили пружності по 4 Н кожна вздовж однієї прямої, напрямлені вгору. Їх рівнодійна дорівнюватиме 8 Н і врівноважить силу тяжіння, що діє на брусок.

Рівень А

148. Чому шайба, що рухається по гладенькій льодовій поверхні, зрештою зупиняється?

149. Чому лижник, який стрімко спустився з гори, їде далі по рівній горизонтальній поверхні снігового поля з дедалі меншою швидкістю?

150. Чому вода в річках біля берегів і дна тече трохи повільніше, ніж посеред річки?

151. Розгляньте уважно, як зіткана з ниток яка-небудь легка тканина, наприклад марля або ситець. Що сталося б з тканиною, якби не було тертя?

152. Чому борошно або крупи, коли їх висипати зі склянки на стіл, утворюють купку конусоподібної форми, а вода розтікається тонким шаром?

153. Чому недосвідчений ковзаняр падає назад, з'їжджаючи зі снігової доріжки на гладенький лід ковзанки, а, повертаючися з льоду на доріжку, падає вперед?

154. Сила тертя кочення менша від сили тертя ковзання. Чому ж взимку їздять саньми, а не возом?

155. Колеса підводи, яка рухається дорогою, іноді не обертаються. За яких умов це може бути?

156. Для чого взимку на колеса автомобілів надівають ланцюги?

157. Для чого електровози й тепловози обладнано пісочницями, з яких пісок тоненькими цівками сиплеться на рейки?

158. Для чого гімнасти у спортивному залі натирають взуття каніфоллю, руки – порошком, що добре вбирає вологу (спалена магнезія), а футболісти взувають бутси із шипами?

159. Навіщо воротар футбольної команди (мал. 146) під час гри користується спеціальними рукавицями, особливо в дощову погоду? Яку вимогу повинні задовольняти такі рукавиці?

160. На малюнку 147 зображено коника-стрибунця. Яке призначення зубців на його лапках?



Мал. 146



Мал. 147

161. Яка сила тертя діє під час руху залізного тіла масою 2 кг по залізній поверхні?

162. Двоє учнів канатом тягнуть до берега човен. Один з них прикладає силу, що дорівнює 120 Н, а другий – 100 Н. Яка сила діє на човен?

163. Яку силу покаже динамометр, до якого ниткою прикріплено зв'язані між собою тягарці вагою 10 Н, 20 Н і 40 Н?

Рівень Б

164. Виконайте такий дослід: покладіть на долоню монету і спробуйте, проводячи по ній щіткою для одягу, змести її з долоні. Як пояснити явище, яке ви спостерігаєте?

165. Для чого на головці і у верхній частині цвяха роблять насічки?

166. Краплі дощу легко скочуються з похилої поверхні покрівлі, а сніг на дахах збирається товстим шаром. Як пояснити це явище?

167. Чому пилкою з розведеними зубцями легше пиляти, ніж з нерозведеними? Чи однаково розводять урізnobіч зубці пилки для розпилювання сухого та вологого дерева?

168. Чому навантажений автомобіль буксує на поганій дорозі менше, ніж порожній?

169. Вантажний автомобіль з причепом має перевезти важкий верстат. Що краще завантажити: кузов автомобіля чи причеп? Чому?

170. Для чого під час ожеледиці доріжки посипають піском?

171. Чому ковзани і санки добре ковзають по льоду? Чому в сильні морози це ковзання погіршується?

172. Чому, коли важко зняти каблучку, користуються мильною водою?

173. Людина посковзнулася, наступивши на сухі горошини. Як це пояснити?

174. Укажіть, у яких місцях велосипеда є кулькові підшипники.

175. Для чого шурупи перед закручуванням у тверді породи дерев змащують милом?

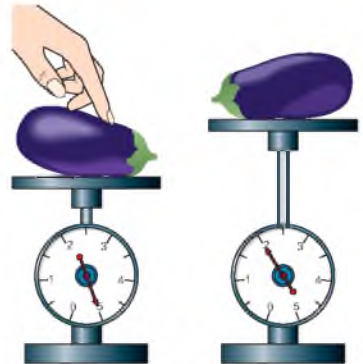
176. Людина, маса якої 70 кг, тримає на плечах ящик масою 20 кг. З якою силою людина тисне на ґрунт?

177. У грі з перетягування каната беруть участь четверо: двоє з них тягнуть канат в один бік із силами 330 і 380 Н, двоє – у протилежний бік із силами 300 і 400 Н. У якому напрямі рухатиметься канат і яка рівнодійна цих сил? Зобразіть ці сили.

178. Людина опускається на парашуті, рухаючись рівномірно. Сила тяжіння парашутиста разом з парашутом 900 Н. Яка сила опору повітря?

179. Як можна двома динамометрами виміряти силу 80 Н, якщо кожний з них розрахований на 50 Н?

180. Баклажан поклали на підставку демонстраційного динамометра і натиснули пальцем, а потім палець забрали (мал. 148). Зобразіть сили, що діють на баклажан у першому випадку. Визначте значення сили, з якою палець тиснув на баклажан. Яка маса баклажана?



Мал. 148

§ 31. ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ НА ПОВЕРХНЮ. СИЛА ТИСКУ

Ви вже знаєте, що дію одного тіла на інше характеризують прикладеною до нього силою. *Від чого залежить результат дії цієї сили на тіло?*

Спостереження 1. З власного досвіду ви знаєте, що дуже важко йти по глибокому пухкому снігу, оскільки ноги глибоко провалюються в нього, а на лижах пересуватися набагато легше, тому що просідання снігової поверхні в цьому разі значно менше. В обох випадках ви дієте на сніг з однаковою силою, але площа поверхні, на яку сила розподіляється, у лиж значно більша, ніж у взуття, тому й деформація снігу виявляється різною. Стоячи на лижах, ви тиснете на кожну одиницю площі поверхні снігу із силою, меншою у стільки разів, у скільки площа поверхні лиж більша за площу підопшв взуття.

Спостереження 2. Легковий автомобіль, на відміну від гусеничного трактора або болотохода, не може проїхати по болотистій місцевості, хоча його вага набагато менша від ваги трактора. Розглянувши колеса легкового автомобіля і гусениці трактора, можна пересвідчитися в тому, що площа поверхні гусениць набагато більша, ніж коліс.

Результат дії сили на поверхню залежить не тільки від її значення, а й від площі тієї поверхні, перпендикулярно до якої вона діє.

Переконаємося в цьому за допомогою дослідів.

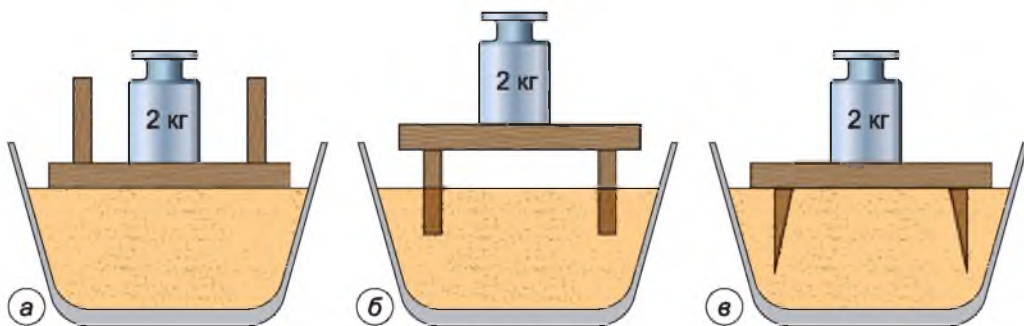
Дослід 1. Заповнимо скляну посудину піском. На пісок поставимо столик ніжками вгору і на нього – гирю масою 2 кг. Результат: столик майже не вгрузає в пісок (мал. 149, а).

Поставимо столик ніжками на пісок і на нього – знову гирю масою 2 кг. Результат: ніжки стола вгрузнуть у пісок (мал. 149, б).

Візьмемо столик із загостреними ніжками. Поставимо його ніжками на пісок, поклавши зверху ту саму гирю масою 2 кг. Результат: загострені ніжки повністю вгрузли в пісок (мал. 149, в).

Дослід свідчить, що менша площа опори столика, то глибше він вгрузає в пісок під дією тієї самої сили.

Дослід 2. Візьмемо два столики. Площа поверхні ніжок одного столика вдвічі більша, ніж другого. Покладемо на столики вантаж, причому на столик з більшою площею поверхні ніжок покладемо вдвічі більший вантаж. Результат дії сили буде однаковий.



Мал. 149

У розглянутих прикладах значення мала сила, що діє перпендикулярно до поверхні тіла. Таку силу називають **силою тиску**.

Величину, що визначають відношенням значення сили тиску до площі поверхні, на яку вона діє, називають тиском.

Тиск позначають малою латинською літерою p . Отже, щоб визначити тиск p , треба силу F , що діє перпендикулярно до поверхні, поділити на площу цієї поверхні S , тобто:

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

Одиницею тиску є один паскаль (1 Па), яку названо на честь французького вченого Блеза Паскаля. Тиск 1 Па створює сила тиску 1 Н, що діє на поверхню площею 1 м², тобто $1 \text{ Па} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ м}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$.

На практиці ще використовують кратні одиниці тиску: гектопаскаль (гПа), кілопаскаль (кПа):

$$1 \text{ гПа} = 100 \text{ Па}; \quad 1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}.$$

Знаючи тиск, можна визначити силу тиску, що діє на поверхню тіла. Тиск показує, яка сила тиску діє на одиницю площі, тому ця сила тиску дорівнює добутку тиску й площі поверхні:

$$F = pS.$$

Усім добре відомо, що під час шиття голкою швачки користуються наперстком. Голку роблять дуже гострою, щоб помірною силою пальців створювати великий тиск на тканину і проколювати її. Але під час натискання пальця на голку вона з такою самою силою тисне на палець. Кінець голки з боку вушка роблять притупленим, але під час роботи тиск на шкіру пальця може бути дуже великим, достатнім, щоб її поранити. Міцний металевий наперсток надійно захищає палець.

Чому подушка м'яка? Чому зручно лежати на перині або на надувному матраці, а лежати на дошках або твердій поверхні незручно? Виявляється, відчуття м'якості або твердості залежить не від властивості матеріалу, а від значення тиску на поверхню тіла. Зробимо невеликі розрахунки.

Будемо вважати, що маса дорослої людини дорівнює 60 кг, що відповідає вазі приблизно 600 Н, а поверхня тіла – приблизно 2 м². Якщо людина лежить у ліжку на перині, яка прогинається і ніби охоплює тіло, з нею стикається приблизно чверть усієї поверхні її тіла, тобто 0,5 м². За підрахунком такі дані відповідають тиску 1200 Па. А якщо людина ляже на тверду поверхню, то площа стикання становитиме близько 0,01 м². Це відповідає тиску 60 000 Па, тобто тиск тіла на тверду поверхню більший у 50 разів, звідси й незручності.

У різноманітних галузях сучасної техніки доводиться розв'язувати завдання щодо одержання високих тисків, зниження тиску або збереження його в заданих умовах. Проблема тиску відіграє важливу роль на транспорті. Залізничні й дороги мають надійно витримувати тиск різних транспорт-

них засобів. Цього досягають, зменшуючи вагу транспортних засобів і збільшуючи їх площу опори. Колеса легкового автомобіля чинять на дорогу тиск близько 300 кПа. Щоб зменшити тиск на дорогу вантажних автомобілів, їх роблять багатовісними, з колесами великого діаметра, використовують гусениці. Так, тиск, що створює сучасний трактор, вага якого сотні тисяч ньютонів, дорівнює 27 кПа. Це в 1,5 раза більше від тиску, який чинить на дорогу людина вагою 600 Н.

За допомогою надзвичайно тонкого інструмента – жала – оса створює тиск, сумірний з тиском під час вибуху (33 000 000 000 Па).



Це цікаво знати

В Арктиці й Антарктиці на наукових станціях користуються такими транспортними засобами, як снігоходи «Пінгвін» і «Харків'янка». Снігохід «Харків'янка» має дизельний двигун потужністю 736 кВт і запас пального на 1500 км. При масі 35 т він має гусениці завширшки 1 м, що дає йому змогу долати снігову цілину, льодові тороси, круті схили. Снігохід має утеплену кабінку площею 25 м² з потужною опалювальною системою, спеціальною герметичною обшивкою, тому працювати в ньому можна навіть при морозах нижче від –70 °С. У кабіні є спальні місця, радіорубка, робоча кімната, кухня, сушарка, гардероб, санвузол. Розміри снігохода такі: довжина – 8,5 м, ширина – 3,5 м, висота – 4,2 м. Максимальна швидкість його руху дорівнює 30 км/год. У задній частині снігохода розміщено лебідку для самовитягування і трос завдовжки 100 м. Снігохід може тягнути за собою причіп масою 70 т. Провалюючись в ополонку, снігохід не тоне, він сам за допомогою гусениць може вийти на лід.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Чому по снігу легше рухатися на лижах, ніж без них?
2. Чому гусеничний трактор не грузне у вогкому ґрунті, а легковий автомобіль грузне?
3. Що називають тиском? Як визначають тиск?
4. Як можна визначити силу тиску?
5. Як можна збільшити тиск? Зменшити тиск?



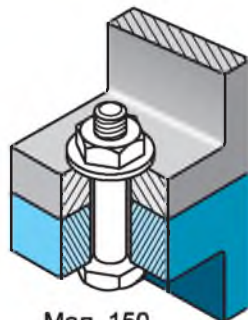
ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

Розв'язуємо разом

1. З якою метою під голівку болта і гайку підкладають широкі металеві кільця – шайби, особливо коли скріплюють дерев'яні деталі (мал. 150)?

Відповідь: щоб уникнути пошкоджень деталей, зменшують на них тиск за рахунок збільшення площі поверхні дотику.

2. Доросла людина, яка має площу підшов взуття 450 см², тисне на підлогу із силою 700 Н. Визначте тиск людини на підлогу.



Мал. 150

Дано:

$$F = 700 \text{ Н}$$

$$S = 450 \text{ см}^2 =$$

$$= 0,0450 \text{ м}^2$$

 $p = ?$

Розв'язання

Визначимо тиск людини на підлогу за формулою

$$p = \frac{F}{S}; \quad p = \frac{700 \text{ Н}}{0,0450 \text{ м}^2} = 15\,556 \text{ Па.}$$

Відповідь: тиск людини на підлогу дорівнює 15 556 Па.**Рівень А**

181. Чому тупим ножем важко застругувати олівець? Чому важко працювати затупленими інструментами під час обробки дерева?

182. Під натиском пальця кнопка порівняно легко входить у дерев'яну стіну. Чому цього не можна зробити із цвяхом? Як діють у цьому разі?

183. З якою метою під залізничні рейки підкладають шпали та металеві підкладки?

184. Для чого зігнуто верхній край лопати, на який натискають ногою?

185. Одне відро з водою має на дужці дерев'яну ручку, а інше – ні. Під час піднімання якого з відер створюватиметься більший тиск на руку?

186. Під час шиття сила тиску дорівнює 2 Н, а тиск голки на тканину дорівнює 200 000 000 Па. Яка площа дотику голки?

187. Яке з наведених значень тиску є найбільшим, а яке найменшим: 6 Н/м², 60 кН/см², 600 Па?

188. Тиск вовка на пухкий сніг дорівнює 12 000 Па, а тиск зайця – 1200 Па. Кому легше рухатися по снігу?

189. Тиск штормового вітру на перешкоду досягає 100 Па. Визначте, з якою силою вітер тисне на стіну будинку площею 24 м².

190. Як створити тиск 50 000 Па, діючи силою лише 1000 Н?

Рівень Б

191. Людина провалилася під лід. Як треба діяти, спираючися на знання про тиск, щоб врятувати її?

192. Який тиск чинить на рейки чотиривісний вагон масою 60 т, якщо площа стикання одного колеса з рейкою 10 см²?

193. Як людина, що стоїть на підлозі, може дуже швидко подвоїти тиск на підлогу, не навантажуючи себе ніякими додатковими вантажами?

194. Площа ступні людини – 180 см². Який тиск створює людина масою 70 кг, якщо вона стоїть на обох ногах? На одній нозі?

195. Тиск на кінчику жала бджоли в момент укусу дорівнює приблизно 3 200 000 000 Па. У скільки разів цей тиск більший за тиск людини на підлогу? (Дивіться умову попередньої задачі).

196. Ейфелева вежа в Парижі, маса якої 9000 т, створює тиск на ґрунт 200 000 Па. Яка площа опори вежі?

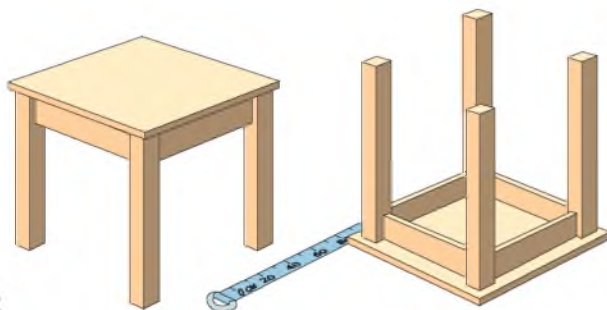
197. У кар'єрах під час добування і перевезення руди застосовуються потужні навантажувачі й вантажні автомобілі (мал. 151). Чому в цих спецавтомобілях використовують широкі шини великих розмірів, які більші за зріст людини? Для чого на колеса навантажувача надівають спеціальні металеві сітки? Яка роль протекторів на колесах автомобілів?



Мал. 151

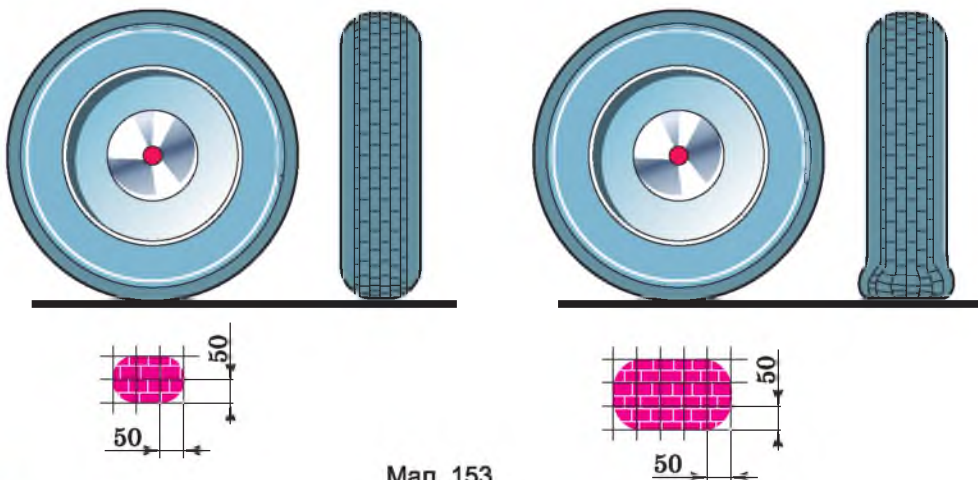
198. Який тиск створюватиме цеглина розміром $26 \times 13 \times 6,5$ см і масою 3,5 кг, коли спиратиметься на різні грані?

199. Коток, який ущільнює покриття під час будівництва доріг, створює тиск 400 000 Па. Площа опори котка $0,12 \text{ м}^2$. Яка маса цього котка?



Мал. 152

200. Стіл масою 60 кг має ніжки квадратної форми. Спочатку стіл стояв правильно, а потім його перевернули (мал. 152). Визначте тиск, який створює на горизонтальну поверхню стіл у першому й другому положеннях. У скільки разів і чому змінився тиск стола на горизонтальну поверхню? Стіл і рулетку зображено в одному і тому самому масштабі.



Мал. 153

201. Для збільшення прохідності автомобіля по м'якому ґрунту рекомендується зменшувати тиск у шинах. По сліду (протектора) шини визначте, у скільки разів змінився тиск шини на поверхню дороги (мал. 153).

202. Хлопчик, маса якого 30 кг, стоїть на дерев'яному щитку (мал. 154), вагою якого можна знехтувати. Визначте тиск, який створює хлопчик на болотисту поверхню, стоячи на щиті.



Мал. 154

§ 32. ТИСК РІДИН І ГАЗІВ. ЗАКОН ПАСКАЛЯ

Дослід 1. Візьмемо три циліндричні посудини: в одну покладемо дерев'яний брусок, у другу насиплемо вівсяних пластівців або піску, а в третю наллємо води (мал. 155).

Дерев'яний брусок унаслідок дії на нього сили тяжіння тиснутиме лише на дно посудини.

Вівсяні пластівці тиснутимуть не тільки на дно, а й на стінки посудини в усіх точках дотику пластинок. Кожна пластинка всередині стиснена з усіх боків сусідніми пластинками і внаслідок дії сил пружності сама буде тиснути в усі боки на пластинки. Що глибше лежить пластинка, тобто що більший шар пластинок тисне на неї зверху, то більшими будуть сили тиску.

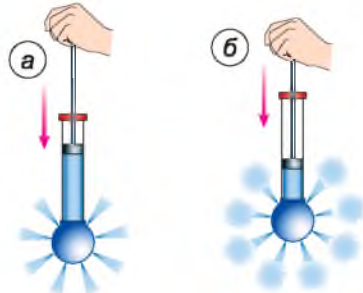
Вода, налита в посудину, через велику рухливість молекул тиснутиме на дно та стінки посудини. Кожна частинка всередині води буде стиснута з усіх боків сусідніми частинками і внаслідок пружності буде з такою самою силою тиснути на сусідні частинки. Ці сили будуть тим більші, чим глибше буде розміщуватися частинка.

На малюнку 156, а зображено кулю, яку називають кулею Паскаля. Вона має в різних місцях поверхні вузькі отвори. До неї приєднано трубку-циліндр, у яку вставлено поршень. Якщо набрати води в кулю й натиснути на поршень, то побачимо, що струмені води крізь отвори б'ють у всі боки з однаковою силою.

Це пояснюється тим, що поршень тисне на поверхню рідини в трубці. Частинки води передають тиск поршня іншим частинкам, що лежать



Мал. 155



Мал. 156

глибше. Таким способом тиск поршня передається на всі частинки води в кулі. Унаслідок цього частина води виштовхується з кулі у вигляді струменів, що витікають з усіх отворів.

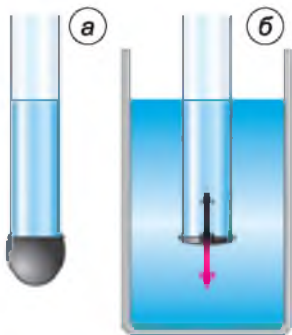
Якщо кулю заповнити димом, то з усіх отворів кулі почнуть виходити струмені диму (мал. 156, б). Це підтверджує, що й гази передають тиск, який чиниться на них, в усі боки однаково.

Тиск, створюваний на нерухому рідину або газ зовнішніми силами, передається рідиною або газом однаково в усіх напрямках.

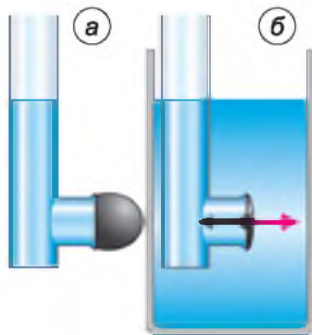
Це твердження називають **законом Паскаля**.

На законі Паскаля ґрунтується дія шприца: тиск пальця лікаря на поршень шприца передається без змін рідині, що міститься в ньому, і ліки виходять через голку шприца.

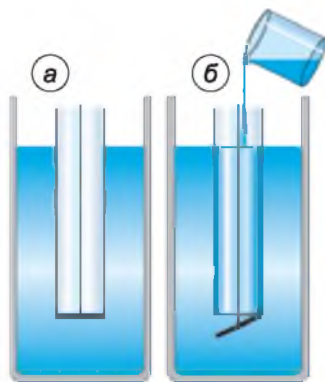
Дослід 2. У скляну трубку, нижній отвір якої закритий тонкою гумовою плівкою, наллємо воду (мал. 157, а). Гумове дно трубки прогинається. Отже, на нього діє сила тиску води. Що більше наливаємо води, то більше прогинається плівка. Але щоразу після того, як гумове дно прогинається, вода в трубці перебуває в рівновазі, бо, крім сили тяжіння на воду, діє сила пружності гумової плівки.



Мал. 157



Мал. 158



Мал. 159

Опустимо трубку з гумовим дном, у яку наливо воду, у ширшу посудину з водою. Бачимо, що в міру опускання трубки вниз гумова плівка поступово випрямляється (мал. 157, б). Повне випрямлення плівки показує, що тиск на неї згори і знизу однаковий. Отже, у рідині існує тиск, спрямований знизу вгору, і на цій глибині він дорівнює тиску згори вниз.

Якщо виконати дослід з трубкою, у якій гумова плівка закриває боковий отвір, як це показано на малюнку 158, а, б, то ми переконуємося, що бічний тиск рідини на гумову плівку також буде однаковим з обох боків.

Дослід 3. Трубку, дно якої може від'єднуватися, опускаємо в посудину з водою (мал. 159, а). Дно при цьому щільно притискається до краю трубки тиском води знизу вгору. Потім у трубку обережно наллємо води. Коли рівень води в ній збігається з рівнем води в посудині, дно від'єднується від трубки (мал. 159, б). У момент від'єднання на дно тисне зверху стовп рідини в трубці, а знизу – стовп води, що є в посудині. Ці тиски однакові

за значенням, проте дно «від'єднується» від трубки під дією на нього сили тяжіння.

Відповідно до закону Паскаля, тиск усередині рідини на тому самому рівні однаковий в усіх напрямках. Тиск збільшується з глибиною.

Тиск рідин, зумовлений силою тяжіння, називають *гідростатичним*.

А як розрахувати тиск рідини на дно й стінки посудини?

Повернемося до малюнка 157 у досліді 2. Визначимо тиск, який створює стовпчик рідини висотою h на дно циліндричної посудини. Ми вже знаємо, що тиск p дорівнює відношенню сили тиску F до площі поверхні S , на яку вона діє:

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

У нашому випадку сила тиску дорівнює вазі рідини P :

$$P = gm,$$

де m – маса рідини, яку можемо визначити через густину рідини ρ і об'єм рідини V :

$$m = \rho V.$$

Об'єм циліндричного стовпа рідини V дорівнює добутку площі дна посудини S і висоти рівня рідини над дном h : $V = Sh$.

З урахуванням цих співвідношень формула для тиску набуде остаточного вигляду:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{gm}{S} = \frac{g\rho V}{S} = \frac{g\rho Sh}{S} = g\rho h.$$

Бачимо, що гідростатичний тиск на будь-якій глибині всередині рідини залежить тільки від її густини ρ і висоти рівня h ; він дорівнює добутку цих величин і сталої g :

$$p = g\rho h.$$

Гідростатичний тиск рідини не залежить ані від форми посудини, ані від маси рідини в посудині, ані від площі її дна. Згідно із законом Паскаля цей тиск на одному рівні рідини однаково діє і на дно, і на стінки посудини.



Це цікаво знати

У 1648 р. Блез Паскаль провів цікавий дослід. Він устаткував у закриту дерев'яну бочку, наповнену водою, вузьку трубку і, піднявшись на балкон другого поверху, влив у цю трубку кварту ($\approx 0,9 \text{ дм}^3$) води. Через малу товщину трубки вода в ній піднялася на значну висоту, і тиск в бочці збільшився настільки, що кріплення бочки не витримало, і вона лопнула.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

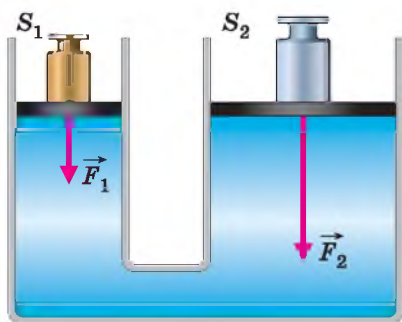
1. Чим пояснити, що рідини і гази передають тиск в усіх напрямках однаково?
2. У чому полягає закон Паскаля?
3. Як на дослідах можна продемонструвати передавання тиску в рідинах і газах?
4. Який тиск називають гідростатичним?
5. Від чого залежить тиск на дно посудини?



§ 33. ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ

На законі Паскаля ґрунтується будова і дія гідравлічних машин. Гідравлічні машини (з грец. *гідравлікос* – водяний) – це машини, для роботи яких використовується рідина. Подібно до інших простих машин і механізмів, які ви вивчатимете в наступному розділі, призначення гідравлічної машини – це перетворення значення сили та напрямку її дії. Головною частиною гідравлічної машини є дві циліндричні посудини різного діаметра, сполучені між собою трубкою (мал. 160). У середині посудин вільно переміщуються добре припасовані до стінок поршні. Посудини під поршнями зазвичай заповнюють машинним маслом.

На обох поршнях стоять гири; бачимо, що на більшому правому поршні гири має значно більшу вагу, ніж на лівому малому. Тому сила тиску F_2 на рідину, що створює правий поршень, значно більша за силу тиску F_1 , що створює лівий поршень. З'ясуємо, за якої умови поршні залишатимуться в рівновазі, тобто будуть нерухомими.



Мал. 160

Тиск під малим поршнем p_1 дорівнюватиме відношенню сили тиску F_1 до площі поршня S_1 :

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}.$$

Так само тиск p_2 під великим поршнем дорівнюватиме відповідно:

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2}.$$

За умови рівноваги рідина в машині має перебувати в спокої, тобто не перетікати з одного циліндра в інший. Це можливо тільки тоді, коли тиск рідини зліва дорівнюватиме тиску рідини справа, тобто:

$$p_1 = p_2, \text{ або } \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}.$$

Користуючися властивістю пропорції, цьому співвідношенню можна надати такого вигляду:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Звідси випливає, що в стані рівноваги сила тиску F_2 під великим поршнем у стільки разів більша за силу тиску F_1 під малим поршнем, у скільки площа великого поршня S_2 більша за площу малого S_1 . Це означає, що, діючи малою силою на малий поршень, можна врівноважити велику силу на великому поршні, наприклад утримати або підняти важкий вантаж.

Бачимо, що гідравлічна машина дає змогу збільшити силу й змінити напрям її дії.

Гідравлічна машина дає вигоду в силі в стільки разів, у скільки площа її великого поршня більша за площу малого.

Гідравлічну машину, призначену для пресування (стискування) пористих тіл (порожнистих), називають **гідравлічним пресом**. Тіло, яке треба спресувати, кладуть на платформу, що розміщується на великому поршні (мал. 161). Коли поршень піднімається, тіло впирається в нерухому верхню платформу і стискається.

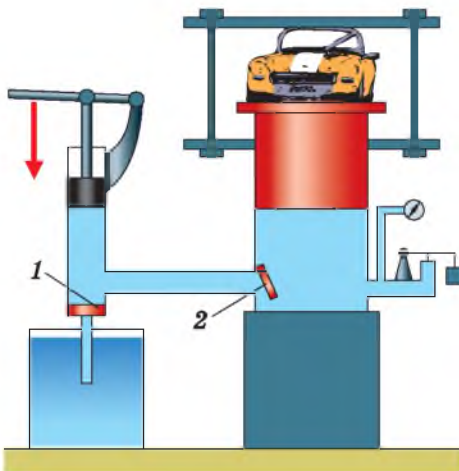
З малої посудини у велику масло перекачується повторними рухами малого поршня. Коли він піднімається вгору, то під поршень засмоктується масло з посудини. При цьому клапан *1* відкривається, а клапан *2* закривається під дією тиску масла. Під час опускання малого поршня, навпаки, клапан *1* закривається, а відкривається клапан *2*, і рідина переходить у велику посудину.

Наприклад, якщо площа малого поршня $S_1 = 5 \text{ см}^2$, а площа великого поршня $S_2 = 500 \text{ см}^2$, то виграш у силі становитиме 100 разів. Установивши цей дивний факт, Паскаль написав, що за допомогою машини, яку він винайшов, «одна людина, натискуючи на малий поршень, зрівноважить силу ста людей, які натискують на поршень, у сто разів більший, і тим самим подолає силу дев'яносто дев'яти людей».

Уперше гідравлічні преси почали застосовуватися на практиці наприкінці XVIII – на початку XIX ст. Гідравлічні преси використовують під час виготовлення сталевих валів і кузовів машин, залізничних коліс, різноманітних металевих і пластмасових виробів. Для віджимання соку з винограду, олії – із соняшникового насіння, виготовлення халви також використовують преси.

Сучасні гідравлічні преси можуть створювати тиск до 41 700 МПа (мал. 162).

В автомобілях використовують **гідравлічні гальма**. Схему будови такого гідравлічного гальма показано на малюнку 163. Якщо водій тисне на педаль *1*, то поршень у циліндрі *2* створює тиск на рідину, яка заповнює циліндр-трубку і гальмівні циліндри *3*. Цей тиск згідно із законом Паска-

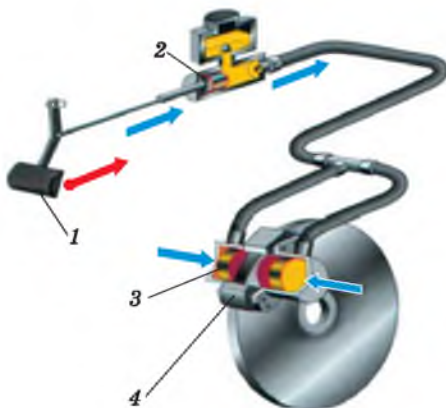


Мал. 161



Мал. 162

ля передається без зміни рідиною на поршні гальмівних циліндрів 3. Поршні під дією сили тиску розходяться і притискають гальмівні колодки 4 до гальмівних барабанів – колеса автомобіля гальмуються, автомобіль зменшує швидкість і зупиняється. Якщо водій припиняє тиснути на педаль, то пружина стискається і повертає гальмівні колодки в початкове положення.



Мал. 163



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке гідравлічна машина?
2. Для чого використовують гідравлічний прес?
3. Який виграш у силі дає гідравлічний прес?
4. Як працюють гідравлічні гальма?

ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ



Розв'язуємо разом



Мал. 164

1. Чим пояснити, що відра у формі зрізаного конуса дуже поширені (мал. 164), хоч вони менш стійкі й з них під час перенесення більше розхлюпується води порівняно з відрами циліндричної форми такої самої висоти? Крім того, конусоподібні відра незручно нести, бо доводиться широко розставляти руки.

Відповідь: виявляється, у більшості випадків відра виходять з ладу через те, що в них випадає дно. Отже, міцність дна визначає довговічність відра. У відрі конічної форми площа дна менша, ніж у відрі циліндричної форми тієї самої місткості, а тому сила тиску на дно менша. Ця єдина властивість конічних відер переважає всі інші їх недоліки.

2. Найбільша глибина, на якій вчені з корабля «Витязь» виловили рибу, дорівнює 7200 м. Який тиск створює вода на цій глибині?

Дано:

$$\begin{aligned} h &= 7200 \text{ м} \\ \rho &= 1030 \text{ кг/м}^3 \\ g &= 10 \text{ Н/кг} \end{aligned}$$

$p = ?$

Розв'язання

Тиск, який створює морська вода на глибині, визначимо за формулою:

$$p = \rho g h.$$

Підставивши значення величин, отримаємо:

$$\begin{aligned} p &= 10 \text{ Н/кг} \cdot 1030 \text{ кг/м}^3 \cdot 7200 \text{ м} = \\ &= 74\,160\,000 \text{ Па} = 74\,160 \text{ кПа} = 74,16 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Відповідь: $p = 74,16 \text{ МПа}$.

3. Воду перелили з вузької і високої посудини в широку й низьку. Чи змінилася при цьому вага води, тиск на дно посудини, сила тиску?

Відповідь: вага й сила тиску не змінилися, а тиск води зменшився, оскільки зменшилася висота стовпа рідини.

Рівень А

203. Тонкостінну вщерть наповнену водою пляшку намагаються щільно закрити корком. Що може статися при цьому і чому?

204. Чому вибух під водою нищить живі істоти, які там живуть?

205. Чому водолази на великих глибинах користуються скафандрами, що виготовлені з кращих сортів сталі?

206. На якому поверсі будинку вода з кранів витікає під більшим тиском: нижньому чи верхньому?

207. Навіщо труби для подання води на велику висоту роблять з міцного матеріалу і з товстими стінками?

208. Обчисліть тиск рідини густиною 1800 кг/м^3 на дно циліндричної посудини, якщо висота рідини в ній дорівнює 10 см.

209. Який тиск створює гас на дно бочки, висота якої 1,2 м?

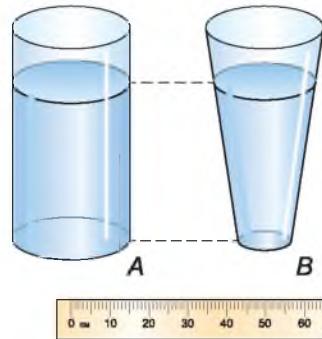
210. Для намівання піску на будівельні майданчики використовують земснаряд, насос якого створює тиск 785 кПа . На яку висоту він може подати пульпу (суміш води і піску), якщо її густина дорівнює 1080 кг/м^3 ?

211. Чому стінки внутрішніх органів глибоководних риб, яких швидко витягнули на поверхню, виявляються розірваними?

212. Поясніть, що відбувається на малюнку 165.



Мал. 165



Мал. 166

213. Визначте тиск води на дно посудини А і посудини В. Усі предмети на малюнку 166 зображено в однаковому масштабі. Тиск виразити в паскалях.

Рівень Б

214. Під час пострілу в круто зварене яйце в ньому утворюється отвір. Чому ж під час пострілу в сире яйце воно розлітається в усіх напрямках?

215. Чому коли стискувати тюбик із зубною пастою, вона виходить через отвір? Що станеться, якщо, заклавши отвір, стискувати тюбик?

216. В одну з трьох однакових мензурок до однієї висоти налито воду, в другу – гас, у третю – ртуть. У якій мензурці тиск на дно буде найбільшим, а в якій – найменшим?



Мал. 167

217. У циліндричну посудину, частково заповнену водою, опустили дерев'яний брусок. Чи зміниться тиск води на дно посудини?

218. Чи буде однаковим час, потрібний для наповнення окропом з крана самовара склянки у випадках, якщо самовар повністю заповнений водою або якщо з нього вже витікають рештки води?

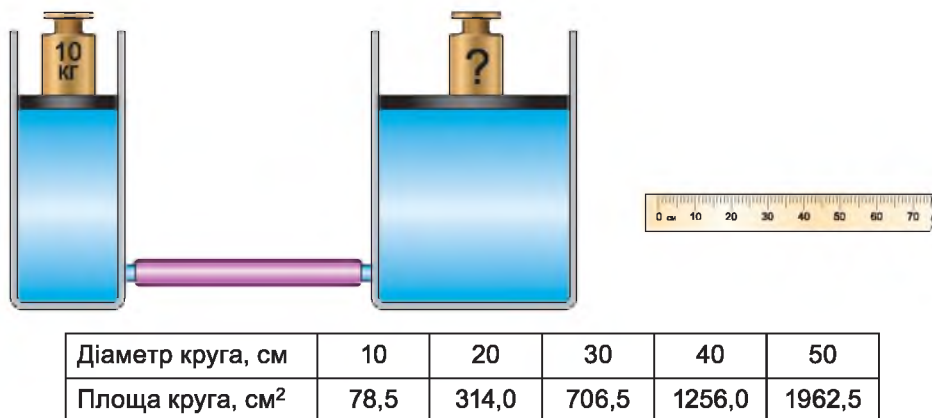
219. Виконайте такий дослід: наповніть склянку по вінця водою, виконайте відповідні вимірювання і визначте тиск води на дно склянки. Який тиск на дно склянки створювала б налита до такої самої висоти ртуть?

220. Молоко вилили з пляшки в каструлю. Які із зазначених нижче фізичних величин змінили своє значення, а які – не змінили: маса молока; сила тяжіння; вага молока; об'єм молока; сила тиску; тиск?

221. Для спостереження за рослинним і тваринним світом морів та океанів використовують батискафи (мал. 167). Який тиск створює вода на поверхню батискафа на глибині 1 км? З якою силою тисне на цій глибині вода на батискаф, якщо площа її поверхні дорівнює $1,1 \text{ м}^2$, а густина морської води – 1030 кг/м^3 ?

222. У посудині містяться один над одним три шари рідин, які не змішуються: вода, олія, ртуть. Висота кожного шару дорівнює 5 см. Виконайте пояснювальний малюнок і зазначте на ньому порядок розміщення шарів. Визначте тиск на дно посудини.

223. Два циліндри сполучаються між собою за допомогою трубки. Циліндри закриті поршнями, вагою і тертям об стінки яких можна знехтувати. На малий поршень поставили гирю так, як показано на малюнку 168. Визначте масу гирі, яку потрібно поставити на великий поршень для того, щоб система залишалася в рівновазі. Усі елементи малюнка зображено в однаковому масштабі.



Мал. 168

§ 34. СПОЛУЧЕНІ ПОСУДИНИ

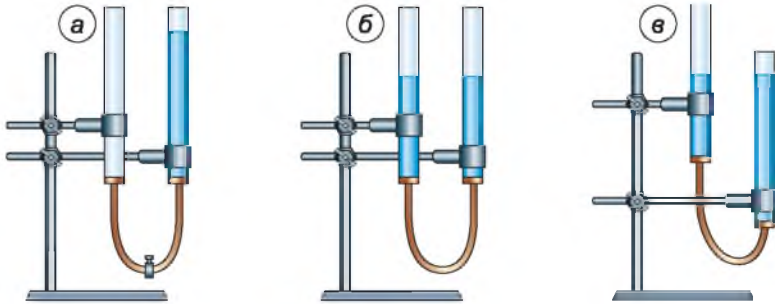
Спостереження. На столі стоїть наповнений прозорий чайник (мал. 169). Що треба зробити, щоб налити чай у чашку?

Можна побачити, що чайник і носик – посудини, сполучені між собою отвором у нижній частині, тому рідина заповнює їх і перебуває на одному рівні, а верхній отвір носика розташований вище від рівня рідини в повному чайнику. Якщо чайник нахилити в бік носика, то його отвір опуститься нижче від рівня рідини, і вона витікатиме із чайника в чашку.



Мал. 169

Дослід. Візьмемо дві скляні трубки, з'єднаємо їх гумовою трубкою, яку перекриємо затискачем, і наллємо в одну із трубок води (мал. 170, а). Коли затискач заберемо, то побачимо, що рідина в трубках розмістилася на

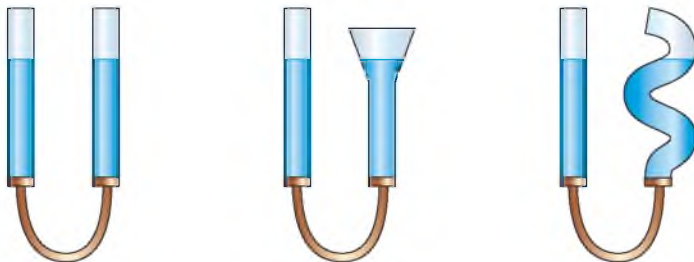


Мал. 170

однаковому рівні (мал. 170, б). Піднімемо одну із трубок – рівень рідини у трубках не зміниться (мал. 170, в).

З'єднані між собою посудини, у яких рідина може вільно перетікати з однієї посудини в іншу, називають *сполученими посудинами*.

Замінюватимемо одну із трубок сполучених посудин трубками іншого діаметра та іншої форми (мал. 171). У результаті досліду переконаємося, що вільні поверхні нерухокої однорідної рідини у сполучених посудинах будь-якої форми перебувають на однаковому рівні. Звідси випливає **закон сполучених посудин**.



Мал. 171

У сполучених посудинах вільні поверхні однорідної рідини встановлюються на одному рівні.

Для пояснення цього закону розглянемо малі об'єми рідини в ділянці поперечного перерізу внизу з'єднувальної трубки. У стані рівноваги ці об'єми перебувають у спокої. Це означає, що сили тиску, які діють на них у правій і лівій частинах перерізу, однакові. Оскільки площа перерізу в лівого й правого стовпів рідини однакова, то й гідростатичні тиски, які створюють ці стовпи рідин, мають бути однаковими. Разом з ними, за законом Паскаля, однаковою буде й висота обох стовпів, тобто $h_1 = h_2$.

Якщо в одну із сполучених посудин налити, наприклад, воду густиною ρ_1 , а в другу – гас густиною ρ_2 , то вільні поверхні цих рідин установаляться на різних рівнях, причому рівень гасу буде вищий, ніж рівень води (мал. 172). Оскільки рідини в рівновазі перебувають у спокої, то згідно із законом Паскаля можна стверджувати, що тиск, який створюється лівим і правим стовпами рідини, наприклад на рівні розділу рідин AB , однаковий, тобто:

$$p_1 = p_2.$$

Звідси за допомогою формули гідростатичного тиску одержимо співвідношення:

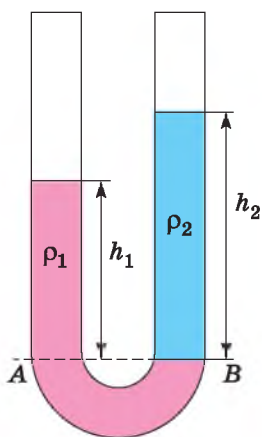
$$g\rho_1 h_1 = g\rho_2 h_2,$$

або після скорочення на g :

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2.$$

Із цієї рівності випливає пропорція:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$



Мал. 172

Бачимо, що висоти різнорідних рідин, відлічувані від рівня поверхні їх стикання, у сполучених посудинах обернено пропорційні їх густинам. Для встановлення рівноваги висота стовпа легшої рідини має бути більшою.

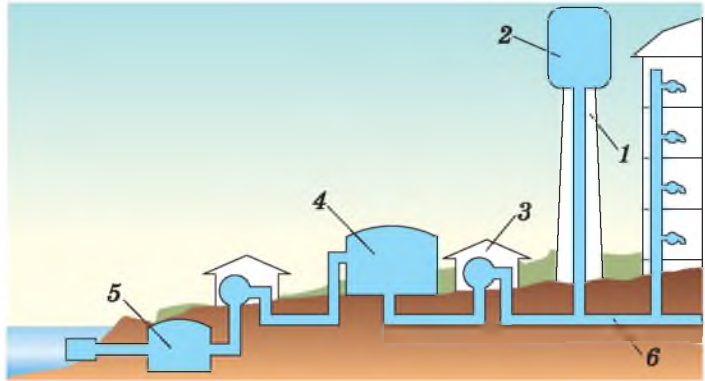
Прикладами сполучених посудин є: лійка, яку використовують для поливання рослин; водомірне скло парового котла – для визначення рівня води в котлі; водяний рівень – для проведення горизонтальної лінії на горбистій місцевості.

За законами сполучених посудин працюють артезіанські колодязі або свердловини. Свердловину роблять у найнижчому місці водяного шару, і вода піднімається на поверхню, б'ючи фонтаном.

Водонапірна мережа є розгалуженою системою сполучених посудин. Щоб вода витікала в найвищому місці водонапірної мережі, треба бак водонапірної башти розміщувати не нижче від цього місця.

Розглянемо, як працює така система водопроводу (мал. 173).

На водонапірній башті 1 встановлюють великий бак 2 для води. За допомогою потужних насосів 3 з водойми (річки, озера) або свердловини воду закачують для очищення у відстійник 5, потім подають для фільтру-



Мал. 173

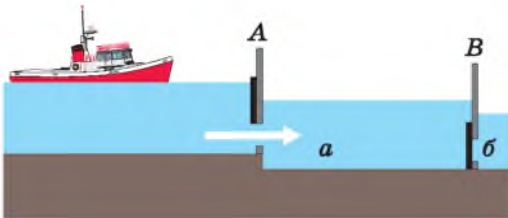
вання у резервуар 4, а далі – у магістраль і у водонапірну башту. До магістралі 6 приєднано водопровідні труби окремих будинків. Щоб вода в них узимку не замерзала, їх ізолюють і укладають під землю. У кожному будинку в квартирах на трубах установлюють водяні крани. Коли відкривається кран, вода починає виливатися, тому що рівень рідини в башті вищий, ніж у квартирі.

Прикладом сполучених посудин є шлюзи.

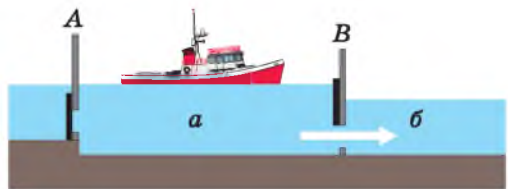
Шлюзи (з лат. *шлеузе* – утримую, відокремлюю) – це гідротехнічна споруда для переведення суден на річці або каналі з одного рівня на інший.

Шлюзи є одним з яскравих прикладів застосування сполучених посудин у техніці. Будь-який шлюз складається із шлюзової камери, яка має верхні й нижні ворота. Камера сполучена з річкою або каналом широкими трубами, які закривають висувними щитами. На малюнках 174, 175 зображено схему роботи шлюзу, коли корабель пливе за течією річки.

Коли корабель підпливає до шлюзу, ворота А шлюзу закриті (мал. 174). Відкривають щит труби, яка сполучає верхню частину річки з камерою. Вода з річки поступово перетікає в камеру *a*. Коли рівень води в камері *a* зрівняється з рівнем її у верхній частині річки, верхні ворота А відкривають, і корабель входить у камеру *a*. Після цього верхні ворота закривають (мал. 175) і відкривають щит труби, яка сполучає камеру *a* з нижньою частиною річки *б*. Камера шлюзу *a* поступово звільняється від води до рівня її в нижній частині річки *б*. Потім відкривають нижні ворота В, і корабель виходить у річку.



Мал. 174



Мал. 175



Мал. 176

При великій різниці верхнього й нижнього рівнів річки будують кілька шлюзових камер, які працюють послідовно.

Якщо будете пливти на теплоході по Дніпру з Києва до Чорного моря, то обов'язково побачите, наприклад, шлюзи Запорізької ГЕС (мал. 176).



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Які посудини називають сполученими?
2. У чому полягає закон сполучених посудин?
3. Як установлюються поверхні однорідної рідини у сполучених посудинах?
4. Як установлюються поверхні різнорідних рідин у сполучених посудинах?
5. Наведіть приклади сполучених посудин.
6. Чому водонапірні башти будують завжди на найвищих місцях і піднімають їх вище за всі будівлі, що живляться від башти водою?

§ 35. АТМОСФЕРНИЙ ТИСК. БАРОМЕТРИ

Нашу планету Земля оточує потужна газова оболонка, яку називають **атмосферою** (з грец. *атмос* – пара і *сфера* – куля).

Дослідження навколоземного простору за допомогою штучних супутників Землі показали, що її атмосфера сягає тисячі і більше кілометрів у висоту. Різкої межі вона не має. Її верхні шари дуже розріджені і поступово переходять у безповітряний міжпланетний простір (вакуум). Зі зменшенням висоти густина повітря збільшується. Майже 80 % усієї маси повітряної оболонки Землі зосереджено в межах 15 км над Землею.

Дослідами встановлено, що при температурі 0°C маса 1 м^3 повітря на рівні моря дорівнює 1,29 кг. На повітряні шари діє сила тяжіння, тому верхні шари тиснуть на середні, а середні – на нижні. Найбільшого тиску, зумовленого вагою всієї атмосфери, зазнають земна поверхня, а також усі тіла, які на ній розміщуються.

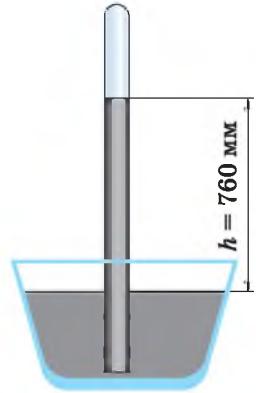
Тиск, який створює атмосфера на всі тіла, що в ній перебувають, а також на земну поверхню, називають *атмосферним тиском*.

З'ясуємо, наскільки великий цей тиск.

Формула гідростатичного тиску $p = \rho gh$ для розрахунку атмосферного тиску не підходить, тому що атмосферне повітря не має сталої густини (вона на різних висотах різна) і не має певної висоти (атмосфера не має чіткої межі).



Як виміряти тиск атмосфери, уперше здогадався італійський учений Е. Торрічеллі. Дослід, який він запропонував, здійснив у 1643 р. В. Вавані – учень Г. Галілея. У цьому досліді було використано запаяну з одного кінця скляну трубку завдовжки близько 1 м. Її заповнювали ртуттю, а потім, закривши відкритий кінець, перевертали отвором униз і занурювали в широкую посудину із ртуттю. Після того як трубку відкривали, частина ртуті з неї виливалася в посудину, а у верхній частині трубки утворювався безповітряний простір – «торрічеллева пустота» (мал. 177). При цьому висота стовпа ртуті в трубці дорівнювала приблизно 760 мм.



Мал. 177

Результати цього досліді Торрічеллі пояснив так: «До цього часу існувала думка, ніби сила, яка не дає змоги ртуті, проти її природної властивості, падати вниз, міститься всередині верхньої частини трубки, тобто – або в пустоті, або в розрідженій речовині. Однак я стверджую, що ця сила – зовнішня і що ця сила береться ззовні. На поверхню рідини, яка знаходиться в посудині, діють своєю важкістю 50 миль повітря. Що ж дивного, якщо ртуть піднімається настільки, щоб урівноважити важкість зовнішнього повітря».

Отже, атмосферний тиск згідно із законом Паскаля дорівнює тиску стовпа ртуті в трубці:

$$p_{\text{атм}} = p_{\text{ртуті}}$$

Коли б ці тиски не дорівнювали один одному, то ртуть не перебувала б у рівновазі: при збільшенні тиску ртуті вона виливалася б з трубки в посудину, а при зменшенні – піднімалася б по трубці вгору.

Отже, тиск атмосфери можна виміряти висотою відповідного ртутного стовпа. Його висоту вимірюють у міліметрах.

Якщо, наприклад, кажуть, що в деякому місці атмосферний тиск дорівнює 760 мм рт. ст., то це означає, що повітря в цьому місці створює такий самий тиск, що й вертикальний стовп ртуті висотою 760 мм.

Щоб визначити цей тиск у паскалях, скористаємося формулою гідростатичного тиску: $p = \rho gh$. Підставивши в цю формулу значення $\rho = 13\,595,10 \text{ кг/м}^3$ (густина ртуті при 0°C), $g = 9,81 \text{ Н/м}$ і $h = 760 \text{ мм} = 0,76 \text{ м}$ (висота стовпа ртуті), отримаємо таке значення нормального атмосферного тиску: $p = 101\,325 \text{ Па}$.

Тиск атмосфери, що дорівнює тиску стовпа ртуті висотою 760 мм при температурі 0°C , називають нормальним атмосферним тиском.

Одиницями атмосферного тиску є 1 мм рт. ст., один паскаль (1 Па) і один гектопаскаль (1 гПа), між ними є такі співвідношення:

$$\begin{aligned} 1 \text{ мм рт. ст.} &= 133,3 \text{ Па} = 1,33 \text{ гПа}; \\ 760 \text{ мм рт. ст.} &= 101\,325 \text{ Па} \approx 1013 \text{ гПа}. \end{aligned}$$

Французький учений Блез Паскаль повторив дослід Торрічеллі (див. с. 133) з різними рідинами (олією, вином і водою). Стовп води, який урівноважував тиск атмосфери, у його досліді також був набагато вищим за стовп ртуті. Однак Паскаль вважав, що для остаточного доведення факту існування атмосферного тиску потрібен ще один вирішальний дослід. Розглянемо його.

Паскаль виконав дослід Торрічеллі один раз біля підніжжя гори, а вдруге – на її вершині. Результати здивували всіх присутніх. Тиск повітря на вершині гори був майже на 100 мм рт. ст. менший, ніж біля підніжжя. Цим було доведено, що ртуть у трубці справді підтримується атмосферним тиском.

Якщо виміряти атмосферний тиск на різних висотах, то отримаємо такі результати.

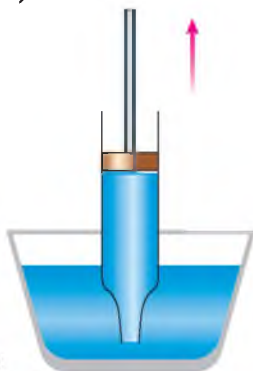
Тиск, мм рт. ст.	760	674	596	526	462	405
Висота над рівнем моря, км	0	1	2	3	4	5

Спостерігаючи щоденно за висотою ртутного стовпа в трубці, можна виявити, що ця висота змінюється: то збільшується, то зменшується.

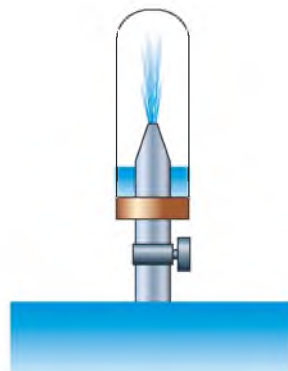
Існуванням атмосферного тиску можна пояснити багато явищ. На малюнку 178 зображено скляну трубку, всередині якої є поршень, що щільно прилягає до стінок трубки. Кінець трубки опущено у воду.

Якщо піднімати поршень, то за ним підійматиметься і вода. Між поршнем і водою внаслідок піднімання поршня утворюється безповітряний простір, у якому немає тиску атмосфери. У цей простір під тиском зовнішнього повітря і входить за поршнем вода. Це явище використовують у роботі шприца, водяного насоса.

Дослід 1. Візьмемо циліндричну посудину, закриту пробкою, через яку пропущено трубку з краном. Викачаємо з неї повітря, закриємо кран, трубку зануримо у воду й відкриємо кран. Тиск у посудині буде менший, ніж атмосферний, тому під дією атмосферного тиску вода буде бити фонтаном (мал. 179).



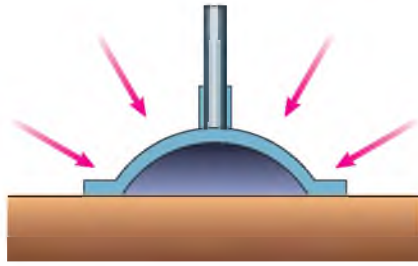
Мал. 178



Мал. 179



Мал. 180



Мал. 181

Дослід 2. Візьмемо склянку, наллємо в неї води й накриємо аркушем паперу, розміри якого трохи більші за діаметр склянки. Тримаючи склянку за нижню частину, притиснемо папір до склянки долонею і перевернемо склянку догори дном, як це показано на малюнку 180. Вода буде триматися в перевернутій склянці. Чому? Тому що тиск атмосферного повітря на папір більший, ніж тиск води на нього.

Спостереження. Вплив атмосферного тиску проявляється дуже помітно під час ходьби по в'язкому ґрунті (засмоктувальна дія болота). Під час піднімання ноги під нею утворюється розріджений простір, і внаслідок присмокткування нога тягне за собою важке трясовиння (наче поршень рідину в насосі).

Мал. 182

Завдяки тиску атмосферного повітря працюють присоски для кріплення предметів на гладеньких плоских поверхнях. Якщо витиснути повітря з-під присоски, то вона буде притиснута силою тиску атмосфери, і щоб її відірвати, потрібно прикласти надзвичайно великі зусилля (мал. 181).

Якщо виконаєте прості обчислення, то впевнитесь, що сила тиску атмосферного повітря на поверхню звичайного зошита дорівнює 3000 Н. Тоді чому ж ви так легко можете підняти зошит? Річ у тому, що сили тиску повітря зверху і знизу зошита врівноважуються, і під час піднімання вам доводиться долати лише вагу самого зошита.

Для вимірювання атмосферного тиску використовують **ртутний барометр, барометр-анероїд і барограф.**

Якщо до трубки, подібно до тієї, яку використовував у своєму досліді Торрічеллі, прикріпити шкалу, то отримаємо найпростіший прилад для вимірювання атмосферного тиску – ртутний барометр (з грец. *барос* – вага, тяжкість; *метрео* – вимірюю) (мал. 182).

Барометр-анероїд (з грец. *барос*, *метрео*, *анероїд*) зображено на малюнку 183. Основною частиною приладу є круглі гофровані металеві коробочки (1), які з'єднані між собою (див. схему). Усередині коробочок створено розрідження (тиск у них менший, ніж атмосферний). Із збільшенням атмосферного тиску коробочки стискаються і тягнуть прикріплену до них пружину (3). Переміщення кінця пружини

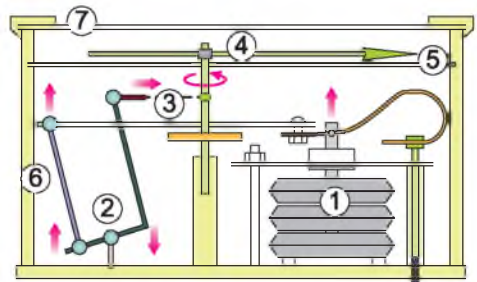


Схема барометра-анероїда



Мал. 183



Мал. 184

ни через спеціальні пристрої передається стрілці (4), яка рухається по шкалі. На шкалі нанесено поділки і значення атмосферного тиску. Наприклад, якщо стрілка зупиняється навпроти позначки 765 (мал. 183), то кажуть, що атмосферний тиск дорівнює 765 мм рт. ст. При зменшенні тиску коробочки піднімаються і пружина послаблюється, а стрілка рухається в бік зменшення значень тиску.

Барометр-анероїд є одним з основних приладів, який використовують метеорологи для прогнозування погоди на найближчі дні, тому що зміна погоди пов'язана зі зміною атмосферного тиску.

Для автоматичного і безперервного записування змін атмосферного тиску використовують барограф (з грец. *барос*, *графо* – пишу). Крім металевих гофрованих коробочок у цьому приладі є механізм для руху паперової стрічки, на якій нанесено сітку значень тиску і дні тижня (мал. 184).

За такими стрічками можна з'ясувати, як змінювався атмосферний тиск протягом будь-якого тижня.



Це цікаво знати

- Висновок про існування атмосферного тиску незалежно від Е. Торрічеллі зробив німецький фізик Отто фон Геріке (1602–1686). Відкачуючи повітря з тонкостінної металевої кулі, він побачив, що куля сплющилася. Аналізуючи причини сплюснення кулі, він зрозумів, що це відбулося під дією тиску навколишнього середовища.

- Відкривши атмосферний тиск, Геріке побудував біля фасаду свого будинку в м. Магдебурзі водяний барометр, у якому на поверхні рідини плавала фігурка людини, що вказувала на поділки, нанесені на склі.

- У 1654 р. Геріке, бажаючи переконати всіх в існуванні атмосферного тиску, виконав знаменитий дослід з «магдебурзькими півкулями». На демонстрації досліду були присутні члени Регенсбурзького рейхстагу та імператор Фердинанд III. У їх присутності з порожнини між двома складеними разом металевими півкулями викачали повітря. При цьому сили атмосферного тиску так міцно притиснули ці півкулі одну до одної, що їх не змогли роз'єднати вісім пар коней (мал. 185).

- У природі є понад 400 рослин-барометрів. Квітковий барометр можна знайти і на городі. Це маленька гілляста травиця-мокрець. По її дрібних білих



Мал. 185

квітках можна передбачити погоду протягом усього літа: якщо вранці віночки не розкриваються, удень буде дощ.

- Дивлячись на павутину, можна дізнатися, якою буде погода: якщо павук сидить, забившись у схованці, і не виходить, – це на дощ. Якщо він виходить зі схованки і робить нові павутини, – це на ясну погоду.

- На тіло людини масою 60 кг і зростом 160 см, площа поверхні якої становить $1,6 \text{ м}^2$, діє сила 160 000 Н, обумовлена атмосферним тиском. Організм витримує такі навантаження за рахунок того, що тиск рідин, які заповнюють судини тіла, дорівнює зовнішньому тиску. Із цією особливістю тісно пов'язана можливість знаходитися під водою на великій глибині. Якщо організм знаходиться в названому середовищі, відбуваються розлади його функцій: деформуються стінки судин, які розраховані на певні тиски зсередини і ззовні; змінюється швидкість проходження багатьох хімічних реакцій, унаслідок чого змінюється і хімічна рівновага організму, під час збільшення тиску відбувається посилене поглинання газів рідинами тіла. Під час швидкого зменшення тиску внаслідок інтенсивного виділення газів кров ніби закипає, що призводить до закупорювання судин, у результаті чого людина може померти. Цим і визначається 50-метрова глибина, на якій можуть виконуватися водолазні роботи. Опускання і піднімання водолазів повинно здійснюватися дуже повільно, щоб виділення газів відбувалося тільки в легенях, а не одразу в усій кровоносній системі.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Унаслідок чого створюється атмосферний тиск?
2. Що доводить дослід Торрічеллі?
3. Що означає запис: «Атмосферний тиск дорівнює 780 мм рт. ст.»?
4. Який тиск називають нормальним атмосферним тиском? Чому він дорівнює?
5. Як змінюється атмосферний тиск при збільшенні висоти над Землею? Чому?
6. Наведіть приклади існування атмосферного тиску.
7. Які прилади використовують для вимірювання атмосферного тиску?

§ 36. МАНОМЕТРИ

Як ви знаєте, барометри слугують для вимірювання атмосферного тиску. Якщо потрібно визначити який-небудь інший тиск, що створює рідина або газ, то застосовують прилади, які називають **манометрами**.

Манометри – це вимірювальні прилади, які призначені для вимірювання тиску або різниці тисків.

Манометри (з грец. *манос* – рідкий; *метрео* – вимірюю) бувають рідинні й деформаційні.

Манометри для вимірювання тиску заповнюють ртуттю. Ними вимірюють тиск у межах від 100 до 160 мм рт. ст. Манометри, за допомогою яких вимірюють різницю тисків у межах від 10 до 100 мм рт. ст., заповнюють водою або іншою рідиною (мал. 186).



Мал. 186

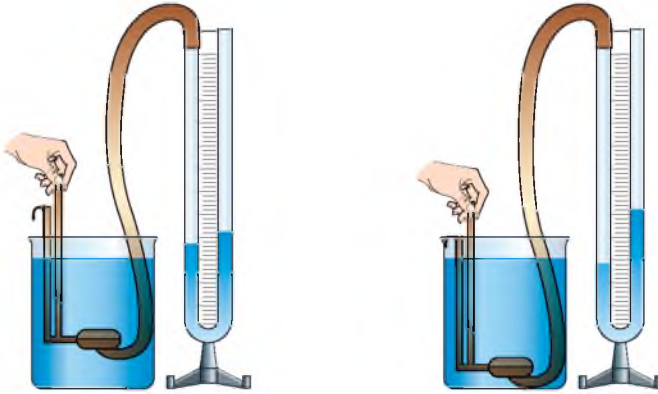
Найпоширенішими є деформаційні манометри, загальний вигляд яких показано на малюнку 187, а. Манометр винайшов у 1848 р. французький учений Е. Бурдон. У таких манометрах вимірюваний тиск або різницю тисків визначають за деформацією пружного чутливого елемента.

Чутливим елементом може бути трубчаста пружина (мал. 187, в). Такі манометри називають трубчасто-пружинними. Пружина – це металева трубка, яка закрита з одного кінця, а другий кінець приєднується до середовища, тиск у якому потрібно виміряти. Якщо збільшувати тиск всередині трубки, вона почне розгинатися. Цей рух трубки через спеціальні пристрої буде передаватися до стрілки, яка фіксуватиме на шкалі манометра значення тиску.

На сьогодні використовують також цифрові манометри (мал. 187, б).



Мал. 187



Мал. 188

На малюнку 188 зображено рідинний U-подібний манометр. Він складається зі скляної трубки, яка має форму латинської літери U і в яку налито рідину (воду або спирт). За допомогою гнучкої трубки одне з колін манометра з'єднують з круглою плоскою коробочкою, зтягнутою гумовою плівкою. Якщо тиск у лівому й правому колінах однаковий, то рідина встановлюється на одному рівні. Якщо натиснути на плівку, то рівень рідини в коліні манометра, з'єднаному з коробочкою, знизиться, а в другому – на стільки само підвищиться. Пояснюється це тим, що при натисканні на плівку тиск повітря в коробочці підвищується. Цей надлишковий тиск передається рідині у відповідному коліні, і її рівень знижується. Зниження рівня в цьому коліні буде відбуватися доти, доки надлишкова сила тиску не зрівноважиться вагою надлишкового стовпа рідини в другому коліні манометра. Тому за різницею висот стовпів рідини в манометрі можна бачити, наскільки тиск на плівку відрізняється від атмосферного.

Дослід. У посудину з рідиною (мал. 188) будемо опускати манометричну коробочку U-подібного манометра. Ми бачимо: що глибше опускаємо коробочку манометра, то більша різниця висот рідини всередині приладу.

Так і має бути: зі збільшенням глибини занурення гідростатичний тиск рідини збільшується.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

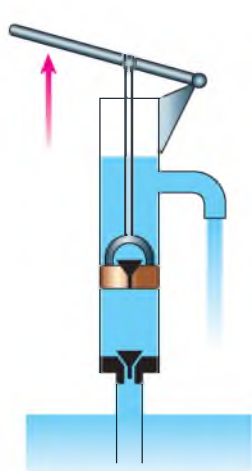
1. Як називають прилади для вимірювання тисків, більших або менших за атмосферний?
2. Які бувають манометри?
3. Чим відрізняється трубчасто-пружинний манометр від рідинного?
4. Що показує дослід, зображений на малюнку 188?



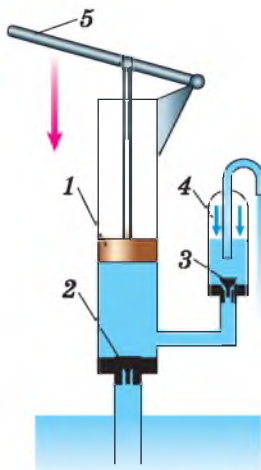
§ 37. РІДИННІ НАСОСИ

Поршневий рідинний насос, схему якого зображено на малюнку 189, складається із циліндра й поршня, що вільно рухається в циліндрі, щільно прилягаючи до його стінок. У нижній частині циліндра й в поршні є клапани, які відкриваються тільки вгору. Якщо поршень рухається вгору, то вода під

дією атмосферного тиску входить у трубу, піднімає нижній клапан і рухається за поршнем. Під час руху поршня вниз вода тисне на нижній клапан, і він при цьому закривається. Водночас під тиском води відкривається клапан у середині поршня, і вода переходить у простір над поршнем. Під час наступного руху поршня вгору разом з ним піднімається вода, що є над поршнем, і виливається у відповідну трубу. Одночасно за поршнем піднімається нова порція води, яка під час наступного опускання поршня буде вже над ним.



Мал. 189



Мал. 190

Такі процеси повторюватимуться доти, доки триватиме качання води.

На практиці використовують також поршневий рідинний насос із повітряною камерою. Такий насос схематично зображено на малюнку 190. Після того як воду набрано через всмоктувальний клапан 2 в циліндр насоса, за допомогою ручки 5 натискають на поршень 1. Під дією води закривається всмоктувальний клапан 2, водночас відкривається нагнітальний клапан 3, вода поступає в посудину з повітряною камерою 4 і через трубу виходить назовні. Якщо ручку починають рухати вгору, закривається клапан 3 і відкривається клапан 2 – вода поступає в циліндр. Далі процеси повторюються доти, доки не накачали води стільки, скільки потрібно.

А на яку висоту або з якої глибини можна підняти воду за допомогою таких насосів? Ви вже знаєте, що густина ртуті в 13,6 раза більша, ніж води. Ртуть у трубці піднімається на 760 мм. Тоді вода підніметься на висоту, що в 13,6 раза більша: вона становитиме 10 336 мм. Отже, поршневими рідинними насосами можна качати воду лише з глибини до 10 м.



Це цікаво знати

Серце людини є дивним насосом, який працює упродовж життя людини. Воно перекачує за одну хвилину 6 л крові, за добу – 8600 л, за 1 рік – близько 3 млн л, а за 70 років життя – близько 220 млн л. Якби серце не переганяло кров по замкнутій системі, а накачувало в який-небудь резервуар, то можна було б заповнити басейн завдовжки 100 м, завширшки 100 м і глибиною 22 м.



ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які типи поршневих рідинних насосів ви знаєте?
2. Які їх будова і принцип дії?
3. На яку максимальну висоту можна підняти воду поршневим рідинним насосом?



ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

Розв'язуємо разом

1. Кому легше витягувати ногу з багнюки: корові чи коню? Чому?

Відповідь: легше витягувати ногу з багнюки корові, тому що в неї, на відміну від коня, роздвоєне копито.

2. На малюнку 191 зображено морську зірку. За рахунок чого вона може легко чіплятися до морського дна або інших предметів?

Відповідь: за рахунок великої кількості присосок у нижній частині зірки.

3. Однаковою чи різною буде висота ртутного стовпчика у двох ртутних барометрах із трубками різних діаметрів?

Відповідь: висота буде однакова, оскільки тиск ртуті, який зрівноважується атмосферним, не залежить від площі перерізу трубки, а лише від густини рідини й висоти стовпа.

4. Манометр, приєднаний на водонапірній станції до труби, якою подається вода до бака в башті, показує тиск 303 000 Па. Яка висота води в башті?



Мал. 191

Дано:

$$p = 303\,000 \text{ Па}$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$h - ?$

Розв'язання

Щоб визначити висоту води в башті, скористаємося формулою $p = \rho gh$, з якої визначимо

$$h = \frac{p}{\rho g}$$

$$h = \frac{303\,000 \text{ Па}}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг}} = 30,3 \text{ м.}$$

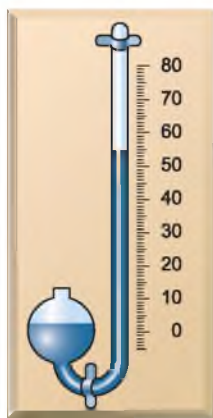
Відповідь: висота води у водонапірній башті дорівнює 30,3 м.

Рівень А

224. Якщо шийку пляшки, наповненої водою, занурити в посудину з водою, то вода з пляшки не вилитиметься. Чому?

225. Чому важко пити з перехиленої пляшки, якщо щільно обхопити її шийку губами?

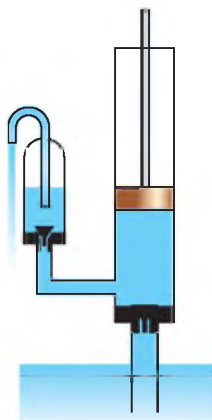
226. Підраховано, що на поверхню тіла дорослої людини (маса 60 кг, зріст 160 см), яка дорівнює $1,6 \text{ м}^2$, діє сила 160 000 Н, що зумовлена атмосферним тиском. Як же організм витримує такі великі навантаження?



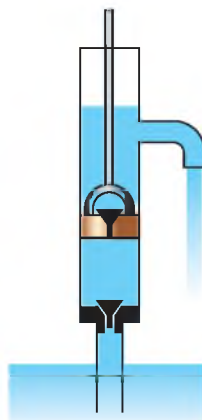
Мал. 192



Мал. 193



Мал. 194



Мал. 195

227. Чому під час підйому літака на велику висоту пасажери починають відчувати біль у вухах?

228. Площа поверхні першого супутника Землі дорівнювала 8820 см^2 . Якою була сила тиску на його поверхню на висоті 300 км , якщо тиск повітря там дорівнює приблизно $0,00006 \text{ Па}$?

229. Який тиск показує ртутний барометр (мал. 192)? Виразіть цей тиск у паскалях.

230. Який прилад зображено на малюнку 193? Яку фізичну величину він вимірює? Яка ціна поділки його шкали?

231. На малюнку 194 схематично зображено будову поршневого рідинного насоса з повітряною камерою. Опишіть, як працює цей насос.

232. Піднімається чи опускається поршень рідинного насоса, зображеного в розрізі на малюнку 195?

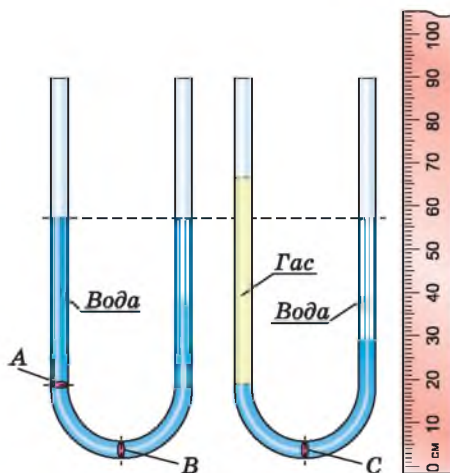
233. Як потрібно користуватися піпетками для переливання невеликої кількості рідини? Поясніть дію цих піпеток.

Рівень Б

234. Визначте тиск рідини у площині перерізу A (мал. 196) і в центрі перерізу B . Визначте тиск у центрі перерізу C (мал. 197). Тиск виразіть у паскалях. Усі предмети на малюнку зображено в однаковому масштабі.

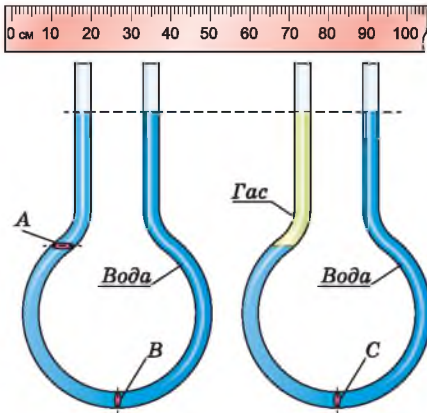
235. Визначте тиск рідини у площині перерізу A (мал. 198) і в центрі перерізу B . Визначте тиск у центрі перерізу C (мал. 199). Тиск виразіть у паскалях. Усі предмети на малюнку зображено в однаковому масштабі.

236. На малюнку 200 зображено футбольний м'яч із сірого граніту, який було встановлено перед стадіоном «Донбас Арена» (м. Донецьк).



Мал. 196

Мал. 197



Мал. 198

Мал. 199



Мал. 200

М'яч було встановлено на чашу, з якої струменями біла вода, і він міг вільно рухатися (обертатися).

Поясніть, чому вода вільно втримує такий важкий м'яч. Чому гранітний м'яч можна легко обертати? Яке фізичне явище при цьому спостерігається?

237. Учень, відповідаючи на уроці, сказав: «Атмосферний тиск дорівнює тиску стовпа ртуті завдовжки 760 мм». Яких помилок припустився учень у своїй відповіді?

238. Для чого в кришках бідонів для мастильних матеріалів роблять не один, а два отвори: один великий, а другий – менший – на протилежному боці кришки? Яке призначення малого отвору при наповненні бідона і при виливанні з нього мастил?

239. Чому склянка, помита теплою водою і перевернута на покритий поліетиленовою скатертиною стіл, щільно прилягає до неї і трохи втягує її всередину?

240. У металевій кришці, що закриває верхній отвір паливного бака автомобіля, є маленький отвір. Якщо цей отвір випадково засмітиться, то пальне не потече по нижній трубці до двигуна. Чому?

241. Чи діятиме барометр-анероїд, якщо в стінці його металевої гофрованої коробочки з'явиться тріщина?

242. Яка сила атмосферного тиску діє на тіло людини, площа поверхні якої дорівнює приблизно $1,6 \text{ м}^2$?

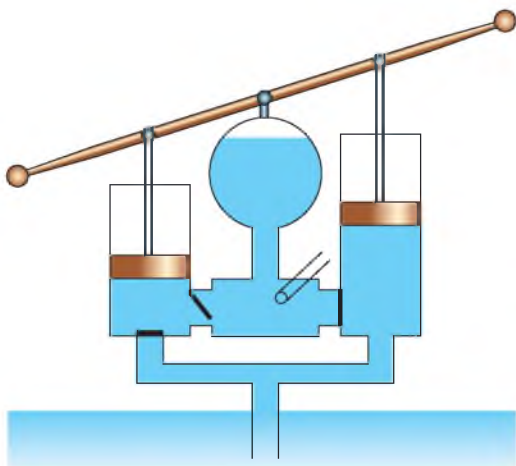
243. Обчисліть, з якою силою тисне повітря на долоню вашої руки. Атмосферний тиск виміряйте барометром-анероїдом.

244. З якою силою тисне атмосфера на поверхню сторінки зошита, розміри якого $16 \times 20 \text{ см}$, при атмосферному тиску $100\,000 \text{ Па}$?

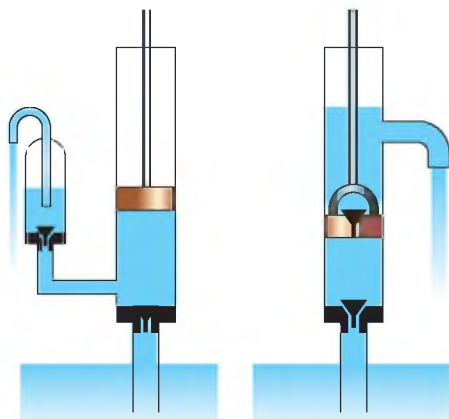
245. У кінці першої половини XVII ст. у Флоренції – багатому на той час торговому місті Італії – збудували всмоктувальні насоси, щоб піднімати воду на велику висоту, але вода піднімалася тільки на висоту до 10 м. Чому?

246. Який насос використовують у гідравлічних пресах: всмоктувальний чи нагнітальний?

247. Чому рідина, яку качають всмоктувальним насосом, тече переривчастим струменем?



Мал. 201



Мал. 202

248. Розгляньте будову та дію пожежного насоса, зображеного на малюнку 201. Скільки тут насосів? Які вони: всмоктувальні чи нагнітальні? Яке призначення повітря, закритого в камері? Чи можна було б кидати струмінь води цим насосом на значну відстань без повітряної «подушки»?

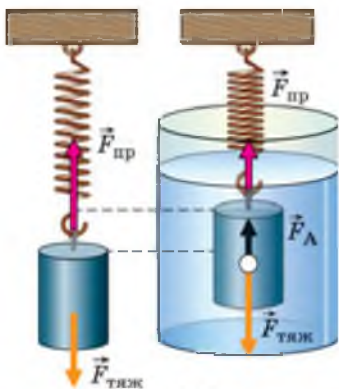
249. Який тиск створює поршень нагнітального насоса, що подає воду на висоту 15 м? Атмосферний тиск нормальний.

250. Яким із двох насосів (мал. 202) можна підняти воду на висоту 30 м?

251. Чому гумові трубки, що з'єднують повітряні насоси з посудинами, з яких викачують повітря, мають товсті стінки?

§ 38. ВИШТОВХУВАЛЬНА СИЛА. ЗАКОН АРХІМЕДА

Спостереження. Чому важко занурити м'яч у воду і чому, як тільки ми його відпустимо, він вистрибує з води? Чому в морі легше плавати, ніж в озері? Чому у воді ми можемо підняти камінь, а в повітрі – ні?



Мал. 203

Дослід 1. Підвісимо до пружини тіло (мал. 203). У зв'язку з тим, що на тіло діє сила тяжіння $F_{\text{тяж}}$, пружина розтягнеться. Тіло перебуватиме в рівновазі, тому що сила тяжіння й сила пружності $F_{\text{пр}}$, що діють на тіло, однакові за значенням, але протилежні за напрямом. Зануримо це тіло у воду. Видовження пружини зменшиться. Маса тіла не змінювалася, відтак сила тяжіння, що діє на тіло, також не змінилася. Отже, зменшилася сила пружності.

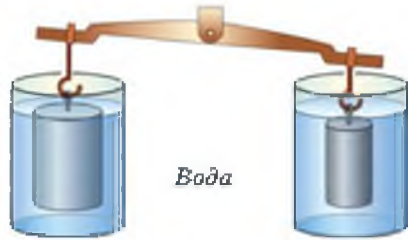
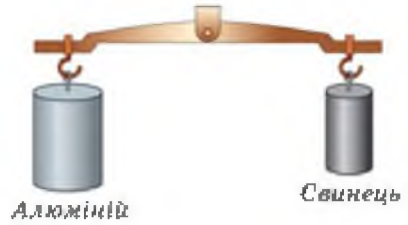
Звідси можна зробити висновок, що з боку води на тіло діє сила, яка його виштовхує з води. Цю силу називають виштовхувальною силою.

Цим самим можна пояснити, чому ми під водою можемо легко підняти камінь, який з великим зусиллям утримуємо в повітрі. Якщо занурити м'яч під воду, то він вистрибне з води.

Гази багато в чому подібні до рідин. На тіла, розміщені в газах, також діє виштовхувальна сила. Саме під дією цієї сили повітряні кулі, метеорологічні зонди, дитячі кульки, наповнені воднем, піднімаються вгору.

А від чого залежить виштовхувальна сила?

Дослід 2. Два тіла різного об'єму, але однакової маси зануримо повністю в одну й ту саму рідину (воду). Ми бачимо, що тіло більшого об'єму виштовхується з рідини (води) з більшою силою (мал. 204).

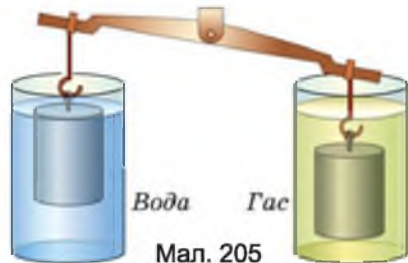


Мал. 204

Виштовхувальна сила залежить від об'єму зануреного в рідину тіла. Що більший об'єм тіла, то більша виштовхувальна сила діє на нього.

Дослід 3. Зануримо повністю два тіла однакового об'єму й маси в різні рідини, наприклад воду й гас (мал. 205).

Порушення рівноваги в цьому разі свідчить про те, що у воді на тіло діє більша виштовхувальна сила, це можна пов'язати з тим, що густина води більша, ніж густина гасу.



Мал. 205

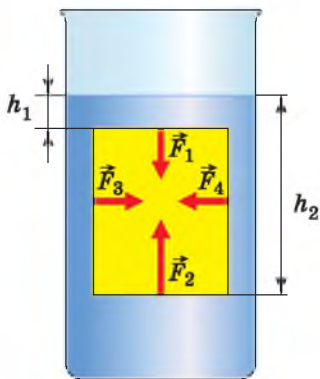
Виштовхувальна сила залежить від густини рідини, у яку занурене тіло. Що більша густина рідини, то більша виштовхувальна сила діє на занурене в неї тіло.

Узагальнюючи результати спостережень і дослідів, можна зробити такий висновок.

На тіло, занурене в рідину (газ), діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини (газу), витиснутої цим тілом.

Це твердження назвали **законом Архімеда**, на честь давньогрецького вченого, який його відкрив, за легендою, шукаючи шляхи розв'язування практичної задачі: він мав визначити, чи містяться в золотій короні царя Гієрона домішки срібла. Силу, що виштовхує тіло з рідини або газу, називають ще **архімедовою силою**.

На основі закону Архімеда можна одразу записати формулу для обчислення виштовхувальної сили, але, щоб краще зрозуміти, унаслідок чого вона виникає, виконаємо прості розрахунки. Для цього розглянемо тіло у формі



Мал. 206

прямокутного бруска, зануреного в рідину так, що його верхня і нижня грані розташовані паралельно поверхні рідини (мал. 206). Подивимось, яким буде результат дії сил тиску на поверхню цього тіла.

Відповідно до закону Паскаля горизонтальні сили F_3 і F_4 , що діють на протилежні бічні грані бруска, попарно рівні за значенням і протилежно напрямлені. Вони не виштовхують брусок угору, а тільки стискають його з боків. Розглянемо сили гідростатичного тиску на верхню і нижню грані бруска.

Нехай верхня грань площею S розташована на глибині h_1 , тоді сила тиску F_1 на неї дорівнюватиме:

$$F_1 = g\rho_p h_1 S,$$

де ρ_p – густина рідини.

Нижня грань бруска площею S розташована на більшій глибині h_2 , тому сила тиску F_2 на неї буде також більшою за F_1 :

$$F_2 = g\rho_p h_2 S.$$

Обидві сили тиску F_1 і F_2 діють уздовж вертикалі, їх рівнодійна й буде силою Архімеда F_A , яка напрямлена вгору в бік більшої сили F_2 , а її значення дорівнюватиме різниці сил F_2 і F_1 :

$$F_A = F_2 - F_1 = g\rho_p h_2 S - g\rho_p h_1 S = g\rho_p S(h_2 - h_1).$$

Оскільки різниця $h_2 - h_1$ є висотою бруска, то добуток $S(h_2 - h_1)$ дорівнює об'єму тіла V_T , і ми остаточно одержуємо формулу, яка є математичним виразом закону Архімеда:

$$F_A = g\rho_p V_T.$$

Дійсно, оскільки рідина не стискається, то об'єм витиснутої тілом рідини дорівнює об'єму цього тіла і добуток $\rho_p V_T$ дорівнює масі рідини m_p в об'ємі тіла V_T . У свою чергу, добуток $g m_p$ є вагою цієї рідини.

З наведеного розрахунку наочно видно, що виштовхувальна (архімедова) сила виникає внаслідок того, що значення гідростатичного тиску на різних глибинах неоднакові й збільшуються з глибиною.



Мал. 207



Мал. 208

Архімедову силу можна визначити експериментально.

Дослід 4. Підвісимо тіло до динамометра (мал. 207). На тіло діє сила тяжіння майже 10 Н. Зануримо тіло в рідину (мал. 208). Динамометр показує 6 Н. Визначимо різницю показів динамометра. Вона дорівнює 4 Н. Отже, на тіло діє сила Архімеда, яка дорівнює 4 Н.



Це цікаво знати

Одного разу в імператора Цао-Цао, який правив у Китаї понад 2000 років тому, виникла думка зважити слона. Хоч як метушилися сановники, ніхто з них не міг нічого придумати, адже ніде не було таких гігантських терезів, щоб на них можна було зважити слона. Коли всі сановники визнали свою безпорадність, прийшов чоловік на ім'я Чао Чун і сказав, що він може зважити слона. Він попросив: «Накажіть завести слона у великий човен, після чого позначте рівень занурення човна у воду, потім виведіть слона, а човен завантажте камінням так, щоб він занурився до вашої позначки. Вага каміння дорівнюватиме вазі слона». Талановитий самородок, який на багато років випередив великого Архімеда, отримав за свою пропозицію «щедру» винагороду – прихильний кивок імператора Цао-Цао.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Які відомі вам із життя явища вказують на існування виштовхувальної сили?
2. Що є причиною виникнення виштовхувальної сили?
3. Від чого залежить виштовхувальна сила?
4. Як можна виміряти силу Архімеда?
5. Чи буде діяти сила Архімеда на тіло, яке щільно прилягає до дна?

§ 39. УМОВИ ПЛAVАННЯ ТІЛ

Ви вже знаєте, що на занурене в рідину тіло діють дві сили: сила тяжіння $F_{\text{тяж}} = gt$, напрямлена вертикально вниз, і архімедова сила $F_A = g\rho_p V_t$, напрямлена вертикально вгору.

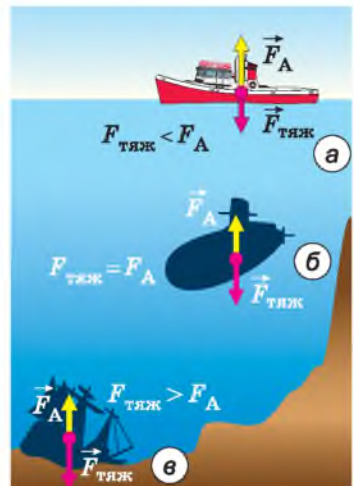
Під дією цих сил тіло рухатиметься в бік більшої сили. При цьому можливі такі випадки:

1. Якщо сила тяжіння менша від архімедової сили ($F_{\text{тяж}} < F_A$), то тіло спливатиме (мал. 209, а). На поверхні воно буде плавати, частково занурившись на глибину, якої достатньо для виникнення архімедової сили, що врівноважує вагу тіла.

2. Якщо сила тяжіння дорівнює архімедовій силі ($F_{\text{тяж}} = F_A$), то тіло буде в рівновазі в будь-якому місці рідини (мал. 209, б).

3. Якщо сила тяжіння більша за архімедову силу ($F_{\text{тяж}} > F_A$), то тіло потоне (мал. 209, в).

Розглянуті умови плавання тіл кожного разу визначаються співвідношенням між густинами рідини й зануреного тіла.



Мал. 209



Жак-Ів Кусто

1. Якщо густина суцільного тіла менша, ніж густина рідини ($\rho_t < \rho_p$), то тіло буде плавати на поверхні, частково занурившись у воду.

2. Якщо густина суцільного тіла дорівнює густині рідини ($\rho_t = \rho_p$), то спостерігатиметься стан **байдужої** (індиферентної) **рівноваги**, коли тіло може зависнути на будь-якій глибині (у водоямах це становить небезпеку для судноплавства через можливе зіткнення).

3. Якщо густина суцільного тіла більша, ніж густина рідини ($\rho_t > \rho_p$), то тіло тонутиме.

Підводний човен, опустившись на мулисте дно, іноді ледь-ледь може відірватися від нього. Таке присмоктування човна до дна виникає тоді, коли човен притискується до ґрунту так, що між ним і ґрунтом немає води. Отже, вода не тисне на його нижню частину, тобто не виникає виштовхувальної сили.

Для виконання підводних робіт використовують водолазні костюми (мал. 210). Вони мають масу до і більше 50 кг, тому що їх підосви роблять свинцевими, щоб збільшити вагу водолаза і надати йому більшої стійкості під час роботи у воді.

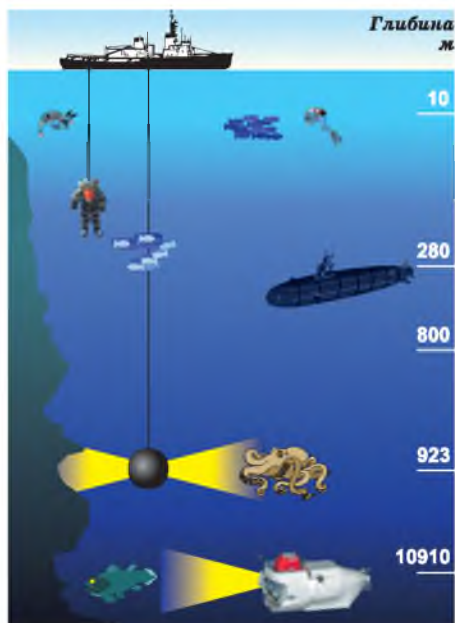
Як же може водолаз пересуватися в такому важкому костюмі? Завдяки значному об'єму костюма виштовхувальна сила води зрівноважує майже всю його вагу, тому водолаз має можливість вільно пересуватися у воді. Користуючись аквалангом, який винайшов відомий дослідник морських глибин французький учений Жак-Ів Кусто, людина може

довго перебувати у воді й вільно плавати (мал. 211).

Для дослідження морів і океанів на великих глибинах використовують батисфери й батискафи. Батисфера (з грец. *батис* – глибокий і *сфера*) – це дуже міцна сталева куля з ілюмінаторами (вікнами) з товстого скла. У середині кулі перебувають дослідники, які підтримують зв'язок з кораблем. Батисферу опускають на сталевому тросі (мал. 210).

Батискаф (з грец. *батис* – глибокий; *скафос* – судно) відрізняється від батисфери тим, що він не утримується на тросі, має власний двигун і може вільно переміщатися на великих глибинах (до 11 км) у будь-яких напрямках (мал. 210, 212).

Тіло, яке має меншу густину, ніж деякі рідини, по-різному заглублюється в



Мал. 210



Мал. 211



Мал. 212

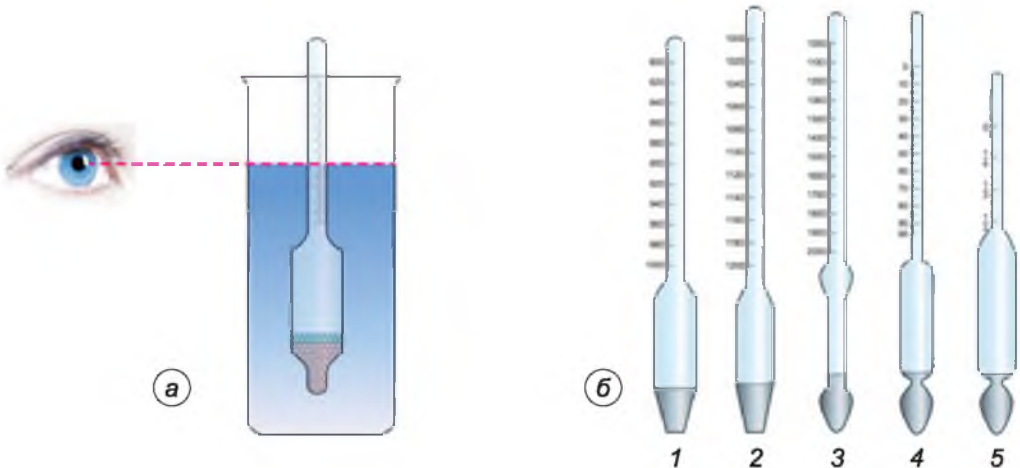
них. Це явище використовують у ареометрах (з грец. *αραίος* – рідкий і *μετρο* – міряю) – приладах для вимірювання густини рідини за глибиною їх занурення. Будь-який ареометр є скляним поплавком у вигляді трубки з поділками й тягарем унизу (мал. 213, *а*). Він занурюється в рідину тим глибше, чим менша густина рідини. У нижній частині ареометра може бути термометр для вимірювання температури досліджуваної рідини.

Ареометри мають ще й іншу назву, їх називають денсиметрами (з лат. *денсус* – густий і *μετρο* – міряю). Денсиметрами можна виміряти густину рідин від 0,7 до 2,0 г/см³.

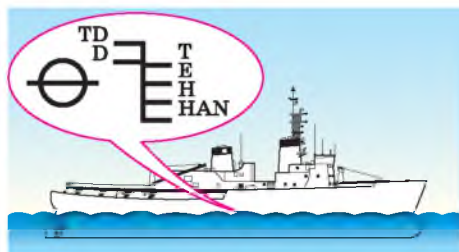
На малюнку 213, *б* показано денсиметри різних видів:

1 – денсиметр для вимірювання густини рідин, які мають густину меншу, ніж вода. Межі вимірювання: 800–1000 кг/м³;

2 – денсиметр для вимірювання густини рідин, які мають більшу густину, ніж вода. Межі вимірювання: 1000–1200 кг/м³;



Мал. 213



TD – тропічна тепла вода;
 D – тепла вода;
 T – тропічна солоня вода;
 E – літня солоня вода;
 H – зимова холодна вода;
 HAN – зимова Північна Атлантика

Мал. 214

3 – денсиметр для вимірювання густини рідин, які мають густину більшу, ніж вода. Межі вимірювання: 1000–2000 кг/м³;

4 – спиртометр. Межі вимірювання: 0–95 %;

5 – лактометр. Має позначки: «Чисте молоко», « $\frac{1}{4}$ води», « $\frac{1}{3}$ води», « $\frac{1}{2}$ води».

Тіло, яке плаває, своєю підводною частиною витискує воду. Вага цієї води дорівнює силі тяжіння, що діє на тіло. Це справедливо й для будь-якого судна. Вага води, яку витискує підводна частина судна, дорівнює силі тяжіння, що діє на судно з вантажем.

Усі судна занурюються у воду на певну глибину, яку називають **осадкою**. Найбільш допустиму осадку позначають на корпусі судна червоною лінією, яку називають **ватерлінією** (з голланд. *ватер* – вода). Крім ватерлінії, на суднах роблять інші позначки, які визначають рівень занурення судна в різних морях і океанах та залежно від пори року (мал. 214). Це пов'язано з тим, що густина води в різних місцях Світового океану різна, окрім того, вона залежить ще й від температури води (улітку густина менша, ніж узимку).

Кожне судно має свою **водотоннажність**, або **тоннажність**. Водотоннажність судна – це вага витиснутої судном води, яка дорівнює силі тяжіння, що діє на судно з вантажем, при його зануренні у воду.

Найбільші судна використовують для перевезення нафти, їх називають **танкерами**. Водотоннажність таких суден сягає 5 000 000 000 Н.



Мал. 215



Понад 200 років відділяють нас від перших повітряних польотів людини. 5 травня 1783 р. відбулася перша прилюдна демонстрація польоту оболонки, наповненої гарячим повітрям. 21 листопада того самого року французькі винахідники брати Жозеф і Етьєнн Монгольф'є здійснили перший політ повітроплавців (мал. 215). А через 10 днів французький фізик Жак Шарль помандрував у повітряному океані на аеростаті власної конструкції, оболонка якого була наповнена воднем. Цей аеростат став прообразом дирижаблів.

Для дослідження верхніх шарів атмосфери на метеорологічних станціях



Мал. 216



Мал. 217

запускають невеликі, діаметром 1–2 м, повітряні кулі-зонди (мал. 216). Вони піднімаються на висоту до 35–40 км. До них підвішують прилади, які посилають по радіо сигнали про висоту польоту, тиск, температуру повітря. За напрямом і швидкістю польоту кулі можна визначати напрям і силу вітру на різних висотах. Відомості, які отримують з таких зондів, дуже важливі для прогнозування погоди.

На малюнку 217 зображено керований літальний апарат, легший від повітря, – дирижабль. Цьому апарату надають руху гвинти, які обертаються двигунами. Великим недоліком апаратів такого типу є те, що їх оболонка наповнюється воднем, а цей газ вогненебезпечний.

Повітряні кулі, стратостати, дирижаблі, зонди піднімаються вгору за рахунок того, що вони наповнені газами, які легші від повітря, і на них діє виштовхувальна сила.



Це цікаво знати

У червні 1893 р. канадський пароплав «Порція» робив рейс з порту Сент-Джон (Ньюфаундленд) у Нью-Брансуїк. Повз судно пропливали величезні льодові гори – айсберги. Пасажири захотіли краще роздивитися айсберг й умовили капітана наблизитися до одного з них. «Порція» застопорила машини за 70 м від айсберга. Довжина плавучої гори дорівнювала майже 250 м, а висота – 60 м. Несподівано льодове громаддя, що іскрилося на сонці, швидко відійшло від пароплава, і водночас корпус судна зазнав різкого поштовху. Здивовані матроси й пасажери побачили, що пароплав лежить на величезній крижині і з кожною секундою піднімається дедалі вище над поверхнею води.

Стався неймовірний випадок! Відомо, що час від часу айсберги перевертаються. Пароплав був підхоплений щілиною в підводній частині айсберга і залишався на вершині льодової гори впродовж кількох хвилин. Потім айсберг хитнувся і знову зайняв попереднє положення, а судно благополучно опинилося у воді. А втім, не зовсім благополучно: у його обшивці утворилася тріщина і «Порція» ледве дісталася найближчого порту.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Сформулюйте умови плавання тіл.
2. У якому випадку тіло плаває, частково виступаючи над поверхнею рідини?
3. У якій з рідин плаватиме лід: у гасі, воді чи спирті?
4. Для чого використовують денсиметри (ареометри)?
5. Чому тоне корабель, який отримав пробоїну?
6. Що таке осадка? Ватерлінія? Водотоннажність судна?
7. Хто вперше здійснив політ на повітряній кулі?
8. Назвіть повітряні літальні апарати.



Лабораторна робота № 10

З'ясування умов плавання тіла

Мета роботи: з'ясувати умови, за яких тіло плаває і за яких тоне.

Прилади і матеріали: терези, набір важків, вимірювальний циліндр або мензурка, пробірка, корок, дротяний гачок, сухий пісок, паперові серветки.

Хід роботи

1. Насипте в пробірку стільки піску, щоб вона, закрита корком, плавала в мензурці з водою у вертикальному положенні й частина її була над поверхнею води.

2. Визначте виштовхувальну силу, що діє на пробірку. Ця сила дорівнює вазі води, витісненої пробіркою. Щоб обчислити цю вагу, треба спочатку визначити об'єм витісненої води. Для цього позначте рівні води в мензурці до і після занурення пробірки у воду. Знаючи об'єм та густину витісненої води, обчисліть силу за формулою $F_{\text{в}} = \rho g V$.

3. Вийміть пробірку з води, протріть її паперовою серветкою. Визначте на терезах масу пробірки з точністю до 1 г та обчисліть силу тяжіння, яка діє на неї, за формулою $F_{\text{тяж}} = P = mg$.

4. Насипте в пробірку ще трохи піску. Знову визначте виштовхувальну силу й силу тяжіння. Повторюйте досипання доти, доки закрита корком пробірка не потоне.

5. Результати вимірювань і обчислень запишіть у таблицю.

№ досліду	Виштовхувальна сила, яка діє на пробірку, $F_{\text{в}}$, Н	Вага пробірки з піском P , Н	Поводження пробірки у воді (плаває пробірка чи тоне)
1			
2			
3			

6. Зробіть висновки про умови плавання тіл у рідині.

**Для допитливих**

1. Визначте, яка виштовхувальна сила діє на дерев'яний брусок, що вільно плаває на поверхні води. Порівняйте цю силу з вагою бруска.
2. Яка виштовхувальна сила діятиме на дерев'яний брусок, якщо його повністю занурити у воду? Що можна сказати про густину деревини, з якої виготовлено брусок, і густину води?
3. Зробіть підрахунки, вантаж якої маси може витримати брусок, залишаючись на поверхні води.

**ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ****Розв'язуємо разом**

1. Купаючись у річці з мулким дном, можна помітити, що ноги більше грузнуть у мул на мілких місцях, ніж на глибоких. Поясніть чому.

Відповідь: тому що на глибоких місцях діє більша виштовхувальна сила.

2. Визначте, яка архімедова сила діє на тіло об'ємом 5 м^3 , занурене повністю у воду?

Дано:

$$V_T = 5 \text{ м}^3$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$\rho_p = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$F_A = ?$$

Розв'язання

За формулою $F_A = g \rho_p V_T$ визначаємо архімедову силу:

$$F_A = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 5 \text{ м}^3 = 50\,000 \text{ Н.}$$

Відповідь: $F_A = 50 \text{ кН}$.

3. Чи потрібно враховувати завантаженість судна під час його переміщення з моря в річку? Довантажувати чи розвантажувати потрібно судно, щоб воно було занурене по ватерліній?

Відповідь: під час переміщення судна з моря в річку потрібно враховувати завантаженість судна, тому що густина води зменшується. Судно потрібно розвантажувати.

4. Як зміниться рівень води в посудині, у якій плаває чашка, якщо, зачерпнувши нею воду із цієї ж посудини, потопити чашку?

Відповідь: плаваючи, чашка витісняє значно більшу масу води, ніж потонувши. Вода, яка заповнила при зануренні чашку, залишалася в цій самій посудині. Рівень води знизиться.

Рівень А

252. Чому по кам'янистому дну річки не так боляче ходити босими ногами, як по кам'янистому берегу?

253. Два хлопчики легко підняли під водою в озері камінь, піднесли його до поверхні води й винесли на берег. На березі камінь виявився набагато важчим, ніж під водою. Чому?



Мал. 218



Мал. 219

254. Для чого водолази надівають черевики із свинцевими підопшвами, а іноді ще й на груди й спину чіпляють важкі свинцеві пластинки (мал. 218)?

255. Відомо, що, набираючи з річки або озера воду, відро легко підняти доти, доки воно перебуває у воді, і важче – у міру витягування його з води. Поясніть це явище.

256. Чи однаковим є натяг якірного ланцюга корабля, коли якір висить у повітрі або коли перебуває в товщі води?

257. Яка виштовхувальна сила діє на тіло об'ємом 2 м^3 , що повністю занурене у воду? У гас?

258. Який об'єм має тіло, занурене повністю у воду, якщо на нього діє виштовхувальна сила 40 Н ?

259. У яку рідину повністю занурили тіло, якщо його об'єм дорівнює 200 см^3 і на нього діє виштовхувальна сила $1,60 \text{ Н}$?

260. Спливе чи потоне: виливок свинцю у ртуті; дубовий брусок у бензині; шматок льоду в гасі; олія у воді?

261. Чому жир у супі збирається на поверхні?

262. Чому порожня пляшка плаває на поверхні води, а наповнена водою – тоне?

263. Поясніть, чому гідролітаки плавають на воді (мал. 219).

264. Судно важить $100\,000\,000 \text{ Н}$. Який об'єм води воно витісняє?

265. Манометр, установлений на батискафі, показує, що тиск води дорівнює $9,8 \text{ МПа}$. На якій глибині перебуває батискаф?

Рівень Б

266. До терезів підвішено два однакових алюмінієвих тіла. Чи порушиться рівновага терезів, якщо обидва ці тіла занурити у воду? Одне – у воду, а друге – у гас?

267. Більшість водоростей має тонку гнучку стеблину. Чому їм не потрібні міцні, тверді стеблини? Що станеться з водяними рослинами, якщо випустити воду з водоймища, у якому вони ростуть?

268. Чому виштовхувальна сила, що діє на тіло в будь-якому газі, у багато разів менша від виштовхувальної сили, що діє на те саме тіло в рідині?

269. Яке призначення плавального міхура в риб?

270. Визначте шляхом досліду більшою чи меншою за густину води є густина учнівської гумки.

271. Почистіть картоплину. Шматок її покладіть у воду. Насипайте у воду сіль (розмішуючи її) доти, доки картоплина не спливе. Як пояснити це явище?

272. Виконайте такий дослід: у нижню частину стеаринової свічки встроміть цвях так, щоб свічка плавала у воді вертикально. Запаліть свічку. Чи довго горітиме свічка, плаваючи у воді?

273. Як найпростішим способом відокремити вершки від молока? Що важче: склянка молока чи склянка вершків?

274. Існує такий спосіб очищення зерна від різних домішок: у розчин кухонної солі (20 %) висипають, наприклад, жито, засмічене насінням бур'янів. Насіння бур'янів спливає на поверхню розчину, а зерно тоне. Як це пояснити?

275. Чи потоне у воді сталевий ключ в умовах невагомості, наприклад на борту орбітальної станції, усередині якої підтримується нормальний тиск повітря? Чи діє закон Паскаля в умовах невагомості?

276. У якому молоці – незбираному чи збираному – лактометр занурюється глибше?

277. Які прилади зображено на малюнку 220? Для чого вони призначені? Чому шкали в цих приладах неоднакові?

278. Як за допомогою олівця або лінійки зробити прилад для порівняння густини рідин, що містяться у двох різних посудинах?

279. Виготовте модель денсиметра з пробірки (мал. 221). Для цього у пробірку покладіть стільки шматочків свинцю (сталевих кульок або цвяхів), щоб пробірка трималася на воді вертикально. Позначте напилком



Мал. 220



Мал. 221



Мал. 222

межу (рівень води) між підводною і надводною частинами пробірки. Вико-
найте те саме, занурюючи пробірку в
інші рідини.

280. Якщо на занурене в рідину тіло діє стала сила $F_A = g \rho_p V_t$, то яким чи-
ном підводний човен (мал. 222) занурю-
ється у воду на велику глибину, а потім
спливає?

281. Іноді підводний човен, який
опустився на мулисте дно, не може під-
нятися, незважаючи на те, що відсіки

його спорожніли. Інколи доводиться робити холостий постріл з мінного
апарата, щоб зірвати човен з місця. Чому?

282. Підводний апарат (мал. 210), призначений для дослідження мор-
ського дна й підводного світу, може занурюватися на глибину до 10 910 м.
Розрахуйте тиск морської води на цій глибині.

283. На малюнку 223 зображено човен на підводних крилах. Чому човен
тримається на воді? Чому він може розвивати швидкість до 120 км/год?

284. Для переправи кораблів через штучні канали використовують бук-
сири (мал. 224). Чому саме для цієї операції необхідно використовувати
буксири? Для чого до корабля закріплюють два троси, а не один?

285. Легкі гумові кулі, наповнені воднем, можуть швидко підніматися
вгору. Чому ці кулі піднімаються? Чому на певній висоті вони лопаються?

286. Чи змінюється підймальна сила аеростата зі збільшенням висоти
його підйому? Обчисліть цю силу, якщо об'єм аеростата дорівнює 20 000 м³
і він наповнений воднем. Висота підйому 2 км.

287. Кулю-зонд, об'ємом 10 м³, перед запуском у верхні шари атмосфе-
ри наповнили гелієм. Яка виштовхувальна сила діятиме на кулю-зонд?
Чи буде вона змінюватися з висотою?



Мал. 223



Мал. 224

ІСТОРИЧНА ДОВІДКА

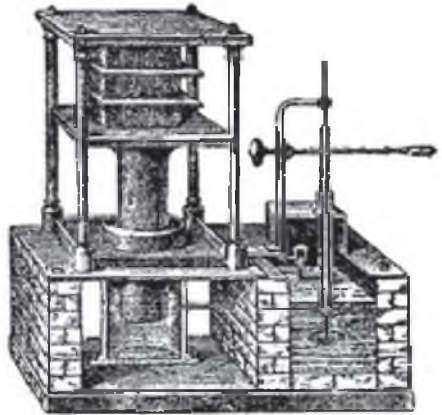
Вимірювання атмосферного тиску. Галілео Галілей (1564–1642) першим довів, що повітря має вагу. Він зважував скляну кулю. Потім накачував у неї повітря і знову зважував. Різницю між отриманими результатами вчений правильно пов'язав з вагою повітря, яке накачали в кулю. Але Галілей ніяк не міг пояснити іншого досліду. Чому у всмоктувальному насосі з підведеною трубкою заввишки 12 м вода піднімається лише до 10 м? І хоч би скільки далі качали, вода вище не піднімалася!

Учень Галілея **Еванджеліста Торрічеллі** (1608–1647) дійшов висновку, що рідину «змушує» підніматися не сила наших легенів, а тиск повітря на її поверхню. У 1643 р. він провів експеримент із ртуттю, густина якої у 13,6 раза більша, ніж густина води. Торрічеллі розрахував, що стовп ртуті висотою 760 мм створить такий самий тиск, як і 10-метровий стовп води.

У 1648 р. французький математик і фізик **Блез Паскаль** (1623–1662) провів досліді із трубкою на схилі гори. Для цього під його керівництвом було проведено серію експериментів з барометром під час піднімання на вершину гори Пюї-де-Дон (її висота близько 1300 м). Із збільшенням висоти зменшувалася кількість повітря над головою, а тому й тиск повітря ставав меншим порівняно з тиском над рівнем моря. Що вище вгору йшов Паскаль, то нижче опускався стовпчик ртуті в його трубці. На основі цих експериментів було вперше доведено, що з висотою атмосферний тиск знижується.

Винайдення гідравлічного преса. Паралельно із Сімоном Стевіном закони гідростатики відкрив Галілео Галілей. Учений вважав, що рідина складається з маленьких кульок, подібно до частинок твердого тіла. Ці частинки зазнають дії сили тяжіння, але вони досить рухливі. Галілей доходить цікавого висновку: якщо рідина міститься в закритій пляшці й одна частина поверхні зазнає певного тиску (за допомогою корка), то цей тиск поширюється в рідині так, що вся інша частина поверхні такого самого розміру зазнаватиме точно такого тиску. Звідси випливає, що тиск, якого зазнає поверхня пляшки, відноситься до тиску на корок так, як площа поверхні пляшки відноситься до поперечного перерізу корка. Тому пляшку, що наповнена водою, легко розбити одним ударом по корку. Якщо під корком є повітря, то воно послаблює удар. Усі ці результати Галілей використав для конструювання гідравлічного преса, на який у 1594 р. отримав патент терміном на 20 років.

Але гідравлічний прес Галілея не знайшов будь-якого суттєвого застосування. І лише через 200 (!) років англійський механік **Джозеф Брама** (1749–1814) у Лондоні отримав патент на прес, що був призначений для пресування сіна й бавовни. Тому гідравлічний прес зазвичай називають пресом Брама (мал. 225). У вузькому циліндрі з міцними стінками рухається за допомогою важеля поршень. Цей циліндр з'єднано вузькою трубкою з іншим, широким циліндром, у якому рухається товстий циліндричний поршень.



Мал. 225

ПЕРЕВІРТЕ СВОЇ ЗНАННЯ



Контрольні запитання

1. Що відбувається під час взаємодії двох тіл?
2. Як урахують явище інерції під час скидання з літака парашутиста в заданий пункт?
3. Що таке маса тіла?
4. Що дають знання про густину речовини?
5. Що характеризує сила?
6. Чому м'яч, кинутий вертикально вгору, падає на Землю? Які сили при цьому діють?
7. У чому відмінність між вагою тіла й силою тяжіння, яка на нього діє?
8. Сила тертя кочення менша від сили тертя ковзання. Чому взимку їздять саньми, а не возом?
9. Що таке тиск і сила тиску?
10. Від чого залежить гідростатичний тиск?
11. Яка властивість атмосферного тиску?
12. У чому полягає особливість рідинних насосів?

Що я знаю і вмію робити

Я вмію визначати масу, густину і вагу тіл.

1. Кит завдовжки 33 м має вагу 1 500 000 Н, що відповідає вазі 30 слонів. Визначте масу кита і вагу слона.

2. Об'єм латунної деталі 400 см³, а маса 2,5 кг. Визначте густину деталі. Чи збігається отриманий результат з табличним значенням густини латуні? Чи суцільна деталь?

Я знаю, у яких випадках діють ті чи інші сили.

3. Чим пояснити наведені нижче явища: 1) наявністю інерції; 2) дією сили тяжіння; 3) дією сили пружності; 4) існуванням ваги; 5) невагомністю?

А людина, яка спіткнулася, падає вперед

Б Місяць обертається навколо Землі

В кладка через струмок прогинається, коли на неї стати

Г космонавти «плавають» у космічному кораблі

Д пружина, до якої підвісили вантаж, розтягується

4. Під дією якої сили відбуваються зазначені явища: 1) земного тяжіння; 2) пружності; 3) тертя?

А яблуко падає з яблуні

Б припиняється рух автомобіля після вимкнення двигуна

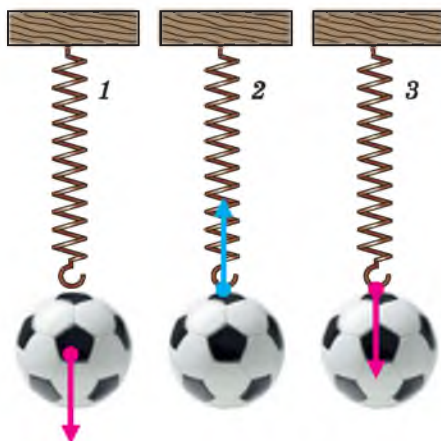
В м'яч змінює напрям швидкості при ударі в штангу

Я знаю, як на малюнках зображують сили.

5. У якому випадку (мал. 226) зображено: а) вагу тіла; б) силу тяжіння; в) силу пружності?

Я вмію пояснювати явища.

6. На малюнку 227 зображено конусоподібні ямки, які вириває мурашиний лев – досить сильна комаха-хижак, яка харчується іншими різноманітними комахами. Різкими рухами



Мал. 226

своїх кінцівок він вигрібає з-під себе пісок. Під час зсування вниз викинутий пісок утворює конусоподібну ямку. Сам же хижак потім ховається в піску під вершиною такого конуса, підчищаючи час від часу свою споруду викиданням вгору піску. Рухаючися по поверхні ґрунту, майбутня жертва потрапляє на поверхню такого конуса й вже не може вилізти вгору. Разом з піском, що зсувається вниз, комаха потрапляє в полон до мурашиного лева. Які фізичні явища можна знайти в описаному випадку?

За яких умов кут нахилу піску буде іншим?

7. Умань – одне із старовинних міст України. Минуле Уманщини багате на історичні події. На її території відбувалися запеклі бої українського народу з польською шляхтою та татарами. Так, у січні 1655 року польська шляхта напала на Україну. Оборонці міста розмістилися в найбільш укріпленому місці, оточеному валами. Але воїни розуміли, що однієї їхньої хоробрості буде замало, тому облили вали водою, які на морозі покрилися льодом. Поясніть, як це могло допомогти оборонцям? Чому?



Мал. 227

Я знаю, які є прилади для вимірювання сил, і вмю ними користуватися.

8. Які прилади зображено на малюнку 228? Визначте масу і вагу зображених предметів.

9. За малюнком 229 визначте силу тяжіння, яка діє на баклажан, і вагу баклажана. Зобразіть це графічно. Яка маса баклажана?

Я вмю визначати значення сил.

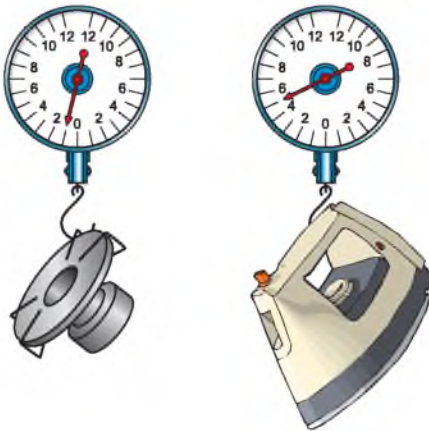
10. Яка сила тяжіння діє на тіло масою 1 кг 300 г?

11. Парашутист, маса якого 70 кг, рівномірно рухається. Визначте силу опору повітря, яка діє на парашутиста.

Я знаю, які тіла плавають, а які – тонуть.

12. Чому залізний циліндр тоне у воді, а лід – плаває?

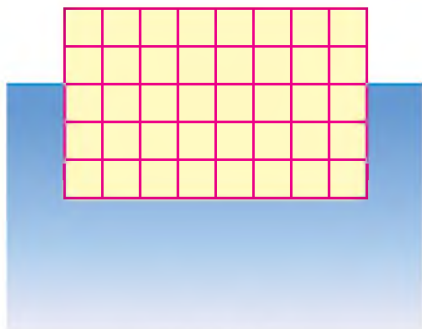
13. Лід плаває у воді. Чи буде він плавати в бензині?



Мал. 228



Мал. 229



Мал. 230

14. Поплавок масою m_0 у формі прямокутного паралелепіпеда заввишки h , завширшки й завдовжки $2h$ плаває у воді, як показано на малюнку 230. Визначте:

а) густину речовини поплавка, вважаючи його суцільним;

б) глибину занурення поплавка, коли він буде плавати в олії;

в) якою повинна бути шкала, яку можна прикріпити до поплавка, щоб за глибиною занурення поплавка можна було б визначити густину рідини, у якій він плаває;

г) дія яких засобів вимірювання ґрунтується на залежності глибини занурення приладу від

густини рідини;

д) масу найбільшого залізного вантажу, який поплавок може втримати на плаву. Запропонуйте, як його потрібно прикріпити до поплавка;

е) як буде змінюватися глибина занурення поплавка у воді, коли наливати в посудину гас.

Я вмію конструювати.

15. «Молоток без віддачі». До найпоширеніших інструментів належить звичайний молоток. Він пройшов шлях розвитку від кам'яного до сталевого й залежно від призначення може мати різну вагу, форму тощо. Проте одним з його недоліків залишається те, що під час удару по масивному тілу з пружного матеріалу, наприклад виготовленого зі сталі, виникає віддача – молоток відскакує назад. Це створює певні труднощі в його експлуатації. Запропонуйте конструкцію молотка, який не мав би такого недоліку.

16. «Запобігання потопу». Для того щоб вода не вилівалася з переповненої ванни, у її верхній частині зроблено отвір, який сполучається з каналізаційною трубою, у яку й починає виливатися «зайва» вода. Очевидно, що таке запобігання потопу призводить до значних втрат води. Запропонуйте пристрій, який давав би сигнал про наповнення ванни, а за необхідності ще й припиняв її витікання з крана.



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Варіант 1

1. Якщо два тіла взаємодіють між собою і перше з них після взаємодії зазнає більшої зміни швидкості руху, то кажуть, що...
 - А маси цих тіл однакові
 - Б маса першого тіла більша, ніж другого
 - В маса першого тіла менша, ніж другого
2. Чи може рухатися тіло, якщо на нього не діють інші тіла?
 - А може, якщо воно вже рухалося
 - Б не може
 - В може, але згодом зупиниться
3. Чи однакову масу мають однакові відра з питною і морською водою?
 - А однакову
 - Б різну
4. Чи зміниться сила тяжіння, що діє на мідну деталь, якщо її розплавити?
 - А зміниться
 - Б не зміниться
5. Яка вага кулі масою 2 кг?
 - А 19,6 Н
 - Б 29,4 Н
 - В 21 Н
 - Г 18 Н
6. Які з указаних причин впливають на значення сили тертя?
 - А природа поверхонь, які труться
 - Б сили, які притискають поверхні, що труться, одну до одної
 - В шорсткість поверхонь тіл
7. Які величини потрібно знати, щоб розрахувати тиск на дно посудини?
 - А висоту стовпа й густину рідини
 - Б силу тиску на дно і площу дна
 - В вагу рідини і її об'єм
8. Якому тиску в паскалях відповідає 1 мм рт. ст.?
 - А 1013 Па
 - Б 133,3 Па
 - В 133,3 гПа
 - Г 10,13 Па
9. У гідравлічному пресі площа малого поршня дорівнює 4 см^2 , великого – 400 см^2 . У скільки разів виграш у силі дає цей прес?
 - А 100
 - Б 400
 - В 10
 - Г 16 000
10. Визначте силу, з якою повітря тисне на поверхню столу, довжина якого 1,2 м, ширина – 60 см. Атмосферний тиск нормальний.
 - А 13 888 Н
 - Б 7,2 кН
 - В 7200 кН
 - Г 72 кН
11. Чи зміниться значення архімедової сили, яка діє на підводний човен, якщо він з моря зайде в дельту річки?
 - А не зміниться
 - Б збільшиться
 - В зменшиться
12. Тіло плаває всередині рідини, якщо...
 - А сила тяжіння більша за архімедову силу
 - Б сила тяжіння дорівнює архімедовій силі
 - В сила тяжіння менша від архімедової сили

Варіант 2

1. Якщо на рухоме тіло не діють інші тіла, то швидкість його руху...
А зменшується **Б** збільшується **В** не змінюється
2. У відро вагою 19,6 Н налили 10 л води. Якою стала загальна маса відра з водою?
А 29,6 кг **Б** 117,6 кг **В** 12 кг **Г** 20,6 кг
3. Чи може тіло рухатися, якщо сила тяги й сила тертя рівні між собою?
А тіло обов'язково перебуватиме у спокої
Б тіло може рухатися рівномірно
В може рухатися, але швидкість тіла буде зменшуватися
4. Яка сила тяжіння діє на тіло масою 3 кг?
А 30 Н **Б** 29,43 Н **В** 31 Н **Г** 29 Н
5. Визначте жорсткість пружини динамометра, до якого підвісили тіло масою 100 г, якщо вона видовжилася на 1 см.
А 100 Н/мг **Б** 102 Н/м **В** 98,1 Н/м **Г** 97 Н/м
6. Чи залежить сила тертя від площі поверхні тіл, які труться?
А залежить **Б** не залежить
7. Чи залежить тиск рідини на дно посудини від площі її дна?
А не залежить
Б залежить, що більша площа, то більший тиск
В залежить, що менша площа, то менший тиск
8. При нормальному атмосферному тиску вода за поршнем насоса піднімається не більше ніж на 10,3 м. На яку висоту за одних і тих самих умов піднімається за поршнем нафта? Густина нафти дорівнює 800 кг/м³.
А 10,3 м **Б** 12,9 м **В** 11,3 м **Г** 8 м
9. Визначте висоту рівня води у водонапірній башті, якщо манометр, установлений біля її основи, показує тиск 22 кПа.
А 2,2 м **Б** 10,3 м **В** 12 м **Г** 22 м
10. У воду кидають дві однакові закриті пляшки – з водою і порожню. Чи однакова архімедова сила діятиме на них, якщо вони будуть під водою?
А більша на порожню пляшку
Б більша на пляшку з водою
В однакова
11. Тіло вагою 20 Н при зануренні у воду витискує об'єм води, який важить 15 Н. Чи потоне тіло?
А потоне
Б буде плавати всередині рідини
В буде плавати на поверхні рідини
12. Пробірку помістили в мензурку з водою. Рівень води при цьому підвищився від поділки 100 до 120 мл. Скільки важить пробірка, яка плаває у воді?
А 2 Н **Б** 0,2 Н **В** 0,02 Н **Г** правильної відповіді немає

Розділ 4

МЕХАНІЧНА РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ



- Механічна робота • Потужність • Механічна енергія та її види • Закон збереження та перетворення енергії в механічних процесах • Машини та механізми • Прості механізми • Момент сили • Умови рівноваги важеля
- «Золоте правило» механіки • Коефіцієнт корисної дії механізмів

§ 40. МЕХАНІЧНА РОБОТА

У повсякденному житті слово «робота» вживається дуже часто. Роботою називають будь-яку корисну працю робітника, ученого, учня.

У фізиці поняття роботи значно вужче. Насамперед розглядають **механічну роботу**.

Механічна робота виконується під час переміщення тіла під дією прикладеної до нього сили.

Розглянемо приклади механічної роботи.

Автомобіль тягне з певною силою причіп і переміщує його на деяку відстань, при цьому виконується механічна робота.

Одна людина піднімає пакунки, переносить (мал. 231) і складає їх, а друга завантажує автомобіль мішками (мал. 232). Обидві людини виконують механічну роботу.



Мал. 231



Мал. 232

Шайба, після удару хокейною ключкою (мал. 233), рухається по льоду, під дією сили тертя вона через певний час зупиняється. У цьому разі також виконується механічна робота.

Розглянемо, від чого залежить значення механічної роботи.

Для того щоб підняти вантаж масою 1 кг на висоту 1 м, потрібно прикласти силу 9,8 Н. При цьому виконується механічна робота. А для того щоб підняти тіло масою 10 кг на таку саму висоту, потрібно прикласти силу, в 10 разів більшу. Виконана робота в цьому разі буде в 10 разів більшою.

Якщо піднімати тіло масою 1 кг не на 1 м, а, наприклад, на 10 м, то робота, виконана під час піднімання вантажу на 10 м, буде в 10 разів більшою за роботу, яку виконали під час піднімання тіла на 1 м.



Мал. 233

Отже, механічна робота прямо пропорційна прикладеній до тіла силі й відстані, на яку це тіло переміщується.

Щоб визначити виконану механічну роботу, треба значення сили помножити на шлях, пройдений тілом у напрямі дії сили, тобто:

$$A = Fl,$$

де A – механічна робота; F – сила; l – шлях, пройдений тілом у напрямі дії сили.

Одиницею роботи в СІ є один джоуль (1 Дж).

1 джоуль – це робота, яку виконує сила 1 Н, переміщуючи тіло на 1 м у напрямі дії сили: $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Цю одиницю названо на честь англійського фізика Джеймса Джоуля. Одиницями механічної роботи є також кілоджоуль (кДж) і мегаджоуль (МДж):

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж}; \quad 1 \text{ МДж} = 1000 \text{ 000 Дж.}$$

Розглянемо випадки, коли механічна робота не виконується.

Ми хочемо пересунути важку шафу, діємо на неї із силою, але не можемо зрушити її з місця (тобто $l = 0$) – робота не виконується.

Якщо тіло рухається за інерцією (тобто $F = 0$), то робота також не виконується.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Яку роботу називають механічною?
2. Наведіть приклади, коли тіла виконують механічну роботу.
3. Як визначають механічну роботу?
4. Назвіть одиниці механічної роботи.
5. У яких випадках робота не виконується?

§ 41. ПОТУЖНІСТЬ

Розглянемо такі приклади виконання механічної роботи.

Двом учням однакової маси потрібно піднятися по канату вгору на одну й ту саму висоту (мал. 234), тобто виконати однакоvu механічну роботу. Один з них може виконати це швидше.

Гектар землі сильним конем можна зорати за 10–12 год, а трактор з багатолемішним плугом цю роботу виконає за 40–50 хв (мал. 235).

Підйомний кран на будівництві за кілька хвилин піднімає на потрібну висоту, наприклад, 400 цеглин. Якби цю роботу виконував робітник, переносючи цеглу вручну, то він затратив би на це весь робочий день.

У цих прикладах один з учнів виконує ту саму роботу швидше, ніж інший, трактор – швидше, ніж кінь, а підйомний кран – швидше, ніж робітник. Швидкість виконання роботи характеризують фізичною величиною, яку називають **потужністю**.



Мал. 234



Мал. 235

Потужність – це фізична величина, яку визначають відношенням виконаної роботи до затраченого часу.

Щоб визначити потужність, треба роботу поділити на час її виконання:

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

де N – потужність; A – механічна робота; t – час.

Одиницею потужності в СІ є один ват (1 Вт). Її названо на честь англійського винахідника парової машини Джеймса Уатта.

1 ват – це потужність, при якій за 1 с виконується робота 1 Дж:

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}.$$

Використовують й інші одиниці потужності: кіловат (кВт) і мегават (МВт):

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}; \quad 1 \text{ МВт} = 1\,000\,000 \text{ Вт}.$$

Знаючи потужність двигуна N , можна визначити роботу A , яку виконує цей двигун протягом певного інтервалу часу t , за формулою:

$$A = Nt.$$



Це цікаво знати

- Потужність серця у спокої в різних людей має межі від 0,7 до 1,8 Вт, тобто співрозмірна з потужністю електричного дзвінка. Під час навантаження вона може збільшуватися у 2–6 разів, у тренуваних людей навіть у 10 разів. Довгий час людина здатна працювати із середньою потужністю 75 Вт (0,1 кін. сил), а короткочасно, наприклад під час бігу, – до 600 Вт.
- Хвіст голубого кита має горизонтальні лопаті (мал. 236). Кит розвиває потужність 368 кВт. Ця потужність тільки вдвічі менша від потужності двигуна літака Ан-2 (мал. 237) і в 7 разів більша за потужність двигуна трактора ДТ-75.
- Тепловоз має потужність 4400 кВт, а ракета-носій «Протон» – понад 44 000 МВт.



Мал. 236



Мал. 237



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що таке потужність?
2. За якою формулою визначають потужність?
3. Які є одиниці потужності?
4. Як можна визначити механічну роботу, знаючи потужність двигуна і час, протягом якого він працював?



ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ

Розв'язуємо разом

1. Яку роботу виконує трактор, який перетягує причіп із силою 15 000 Н на відстань 300 м?

Дано:

$$F = 15\,000\text{ Н}$$

$$l = 300\text{ м}$$

$A = ?$

Розв'язання

За формулою $A = Fl$ визначаємо роботу, яку виконує трактор:

$$A = 15\,000\text{ Н} \cdot 300\text{ м} = 4\,500\,000\text{ Дж.}$$

$$A = 4500\text{ кДж} = 4,5\text{ МДж.}$$

Відповідь: трактор виконує роботу, що дорівнює 4500 кДж, або 4,5 МДж.

2. Яку роботу потрібно виконати, щоб підняти мішок цукру масою 50 кг на другий поверх заввишки 3 м?

Дано:

$$m = 50\text{ кг}$$

$$l = h = 3\text{ м}$$

$$g = 10\frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$A = ?$

Розв'язання

Роботу для піднімання тіла на певну висоту визначаємо за формулою:

$$A = Fl = Fh.$$

Якщо сила тяжіння $F = mg$, тоді $A = mgh$. Підставивши значення величин, отримаємо:

$$A = 50\text{ кг} \cdot 10\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 3\text{ м} = 1500\text{ Дж.}$$

$$A = 1500\text{ Дж.}$$

Відповідь: щоб підняти мішок цукру на другий поверх, потрібно виконати роботу, що дорівнює 1500 Дж.

3. Визначте потужність двигуна, якщо він за 10 хв виконав роботу 7200 кДж.

Дано:

$$A = 7200\text{ кДж} =$$

$$= 7\,200\,000\text{ Дж}$$

$$t = 10\text{ хв} = 600\text{ с}$$

$N = ?$

Розв'язання

За формулою $N = \frac{A}{t}$ визначаємо потужність двигуна:

$$N = \frac{7\,200\,000\text{ Дж}}{600\text{ с}} = 12\,000\text{ Вт} = 12\text{ кВт.}$$

Відповідь: потужність двигуна дорівнює 12 кВт.

Рівень А

288. Які сили виконують роботу у випадках: а) падіння каменя на Землю; б) зупинки автомобіля після вимкнення його двигуна; в) піднімання штанги спортсменом; г) піднімання повітряної кулі.

289. Виберіть з наведених прикладів тіла, які виконують роботу: а) штангіст тримає над головою штангу; б) жінка тримає в руках сумку; в) дівчинка їде на санках з гори; г) учень сидить за столом і розв'язує задачу; д) робітник складає деталі в ящик; е) трактор оре землю.

290. Підйомники однакової потужності підняли вантажі (один – 200 кг (мал. 238, а), другий – 400 кг (мал. 238, б)) на однакову висоту. Який з підйомників виконав більшу роботу? У скільки разів?



Мал. 238

291. Ящик пересувають по підлозі на відстань 5 м. Сила тертя дорівнює 100 Н. Яку роботу виконують при цьому?

292. Хлопчик підняв вантаж на висоту 50 см, приклавши силу 60 Н. Яку роботу він виконав?

293. Людина масою 70 кг піднімається вгору на висоту 5 м. Яку роботу вона виконує?

294. Яструб, маса якого дорівнює 0,4 кг, піднятий повітряним потоком на висоту 70 м (мал. 239). Визначте роботу сили, що підняла птаха.

295. Літак (мал. 240), який побудував 1882 року інженер Олександр Можайський, мав два парових двигуни загальною потужністю 22 кВт. Визначте, яку роботу виконували ці двигуни за 0,5 год.



Мал. 239



Мал. 240

296. Під час піднімання тіла масою 20 кг виконано механічну роботу 80 Дж. На яку висоту підняли тіло?

297. Вода, вага якої 45 кН, подається за допомогою насоса на висоту 5 м за 5 хв. Яка потужність насоса?

298. Потужність автомобіля і трактора майже однакова, а рухаються вони з різними швидкостями. Чому? Сила тяги більша в трактора чи в автомобіля?

299. Самоскид під час перевезення вантажу розвиває потужність 30 кВт. Яку роботу він виконує протягом 45 хв?

Рівень Б

300. Електрокар тягне візок зі швидкістю 3 м/с, долаючи силу опору 400 Н. Яку роботу виконує двигун електрокара за 8 хв?

301. Щосекунди насос подає 20 л води на висоту 10 м. Яку роботу виконує насос за 1 год?

302. Крокуючий екскаватор (мал. 241) викидає за один раз 14 м³ ґрунту, піднімаючи його на висоту 20 м. Вага ковша без ґрунту – 20 кН. Визначте роботу, виконану для піднімання ґрунту й ковша. Густина ґрунту – 1500 кг/м³.

303. Екскаватор (мал. 242) піднімає ківш на висоту 2,5 м за 10 с. Маса ковша разом з вантажем 2000 кг. Визначте потужність двигуна, що розвивається під час піднімання навантаженого ковша.

304. Відро води з колодязя хлопчик рівномірно піднімає спочатку за 20 с, а потім за 30 с. Чи однакова робота була виконана в цих випадках?

305. Ліфт, піднімаючи на шостий поверх 6 людей, виконав роботу 84 000 Дж. Маса однієї людини – 70 кг. На якій висоті розташований шостий поверх?

306. У якому випадку виконується більша робота: при переміщенні тіла на відстань 8 м під дією сили 25 Н чи при переміщенні тіла на відстань 20 м під дією сили 5 Н?

307. Канат, довжина якого дорівнює 5 м, а маса – 8 кг, лежить на землі. Канат за один кінець підняли на висоту, що дорівнює його довжині. Яку при цьому виконали механічну роботу?

308. Дві подружки, що мають різну масу, наввипередки вибігали сходами й піднялися на третій поверх будинку одночасно. Чи однакову потужність розвивали вони при цьому? Відповідь обґрунтуйте.



Мал. 241



Мал. 242

309. Хто розвиває більшу потужність: людина, яка повільно піднімається сходами, чи спортсмен такої самої маси, що робить стрибок із жердиною?

310. Під час піднімання санок на гору за 16 с виконано роботу 800 Дж. Яка потужність була розвинута при переміщенні санок?

311. Визначте потужність машини, яка піднімає 120 разів за одну хвилину молот масою 200 кг на висоту 0,75 м.

312. Хлопчик, маса якого 30 кг, за 20 с піднявся сходами на висоту 10 м. Яку потужність розвинув хлопчик?

313. Підйомний кран працював 10 хв. За цей час він виконав роботу 20 МДж. Яку потужність розвинув підйомний кран?

314. Визначте потужність, що її розвиває трактор, якщо він, рухаючись рівномірно зі швидкістю 3,6 км/год, долає силу опору 42 500 Н.

315. Підйомний кран рівномірно піднімає вантаж на висоту 10 м за 20 с. Яку потужність розвиває кран, якщо на вантаж діє сила тяжіння 5000 Н?

316. На гирю настінного маятникового годинника діє сила тяжіння 8 Н. Яка потужність годинникового механізму, якщо за 24 год гиря опускається на 120 см?

317. Скільки часу має працювати насос потужністю 50 кВт, щоб із шахти завглибшки 150 м відкачати 200 м³ води?

318. Для витягування невода неводовибіркова машина з електричним приводом (мал. 243) розвиває потужність 2 кВт. За який час вона витягне невід завдовжки 500 м при силі тяги 5 кН?



Мал. 243



Мал. 244

319. Учені підраховали, що кит, плаваючи під водою зі швидкістю 27 км/год, розвиває потужність 150 кВт. Визначте силу опору води руху кита.

320. Двигун токарного верстата (мал. 244) за швидкості різання 720 м/хв розвиває потужність 6 кВт. Визначте силу опору стружки.

§ 42. МЕХАНІЧНА ЕНЕРГІЯ ТА ЇЇ ВИДИ

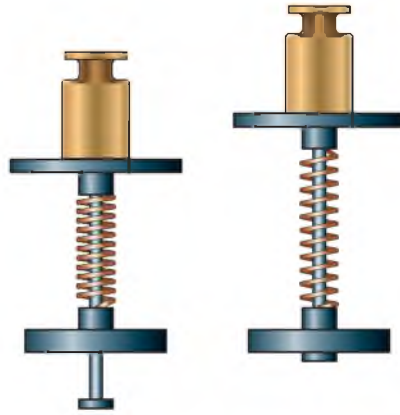
Для роботи двигунів, які надають руху автомобілям, тракторам, тепло-возам, літакам, потрібне паливо, яке є джерелом енергії. Електродвигуни надають руху верстату завдяки електроенергії. За рахунок енергії води,

яка падає з висоти, обертаються гідротурбіни, які з'єднані з електричними машинами, що виробляють електричний струм. Людині, для того щоб існувати і працювати, також потрібне джерело енергії. Кажуть, що для того, щоб виконувати будь-яку роботу, потрібна енергія. **Що ж таке енергія?**

Дослід 1. Піднімо над землею м'яч (мал. 245). Поки він перебуває у стані спокою, механічна робота не виконується. Відпустимо його. Під дією сили тяжіння м'яч падає на землю з певної висоти. Під час падіння м'яча виконується механічна робота.



Мал. 245

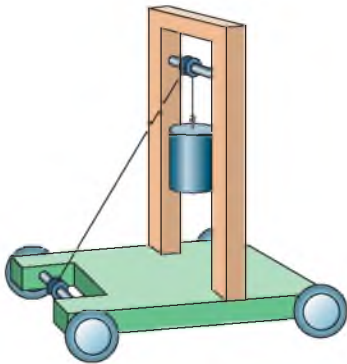


Мал. 246

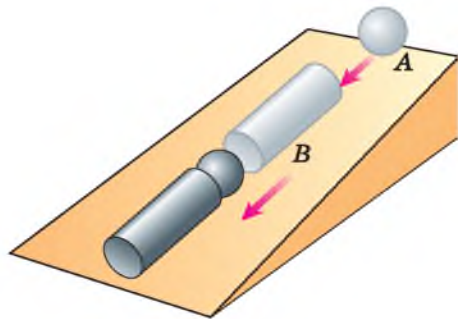
Дослід 2. Стиснемо пружину, зафіксуємо її ниткою і поставимо на пружину гиру (мал. 246). Перепалимо нитку, пружина розпрямиться і підніме гиру на деяку висоту. **Пружина виконала механічну роботу.**

Дослід 3. На візку закріпимо стержень з блоком на кінці (мал. 247). Через блок перекинемо нитку, один кінець якої намотано на вісь візка, а на другому висить тягарець. Відпустимо тягарець, під дією сили тяжіння він опускатиметься вниз і надасть руху візку. **Тягарець виконав механічну роботу.**

Дослід 4. Сталева куля *A*, яка скотилася з похилої площини (мал. 248), також виконала механічну роботу: вона перемістила циліндр *B* на деяку відстань.



Мал. 247



Мал. 248

Якщо тіло або кілька тіл під час взаємодії виконують механічну роботу, то кажуть, що вони мають механічну енергію, або енергію.

М'яч, піднятий над землею, стиснена пружина, рухома сталева кулька мають енергію.

Енергія – фізична величина, що характеризує здатність тіл виконувати роботу.

Енергію (з грец. *енергія* – діяльність) позначають літерою *E*. Одиницею енергії, а також і роботи в СІ є один джоуль (1 Дж).

З наведених дослідів видно, що тіло виконує роботу тоді, коли переходить з одного стану в інший: піднятий над землею м'яч опускається, стиснута пружина розпрямляється, рухома кулька зупиняється. Енергія тіла при цьому змінюється (зменшується), а виконана тілом механічна робота дорівнює зміні його механічної енергії.

Розрізняють два види механічної енергії – потенціальну і кінетичну.

Потенціальна енергія (з лат. *потенціал* – можливість) – це енергія, яка визначається взаємним положенням тіл, що взаємодіють, або частин того самого тіла.

Оскільки будь-яке тіло й Земля притягують одне одного, тобто взаємодіють, то потенціальна енергія тіла, піднятого над землею, залежатиме від *h* – висоти підняття. Що більша висота підйому тіла, то більша його потенціальна енергія.

Дослідами встановлено, що потенціальна енергія тіла залежить не тільки від висоти, на яку його піднято, а й від маси тіла. Якщо тіла піднято на однакову висоту, то тіло більшої маси матиме й більшу потенціальну енергію.

Під час падіння піднятого тіла на поверхню Землі сила тяжіння виконала роботу, яка відповідає зміні потенціальної енергії тіла від її значення на висоті *h* до значення на поверхні Землі. Якщо для зручності прийняти, що потенціальна енергія тіла на поверхні Землі дорівнює нулю, то потенціальна енергія піднятого тіла дорівнюватиме виконаній під час падіння роботі:

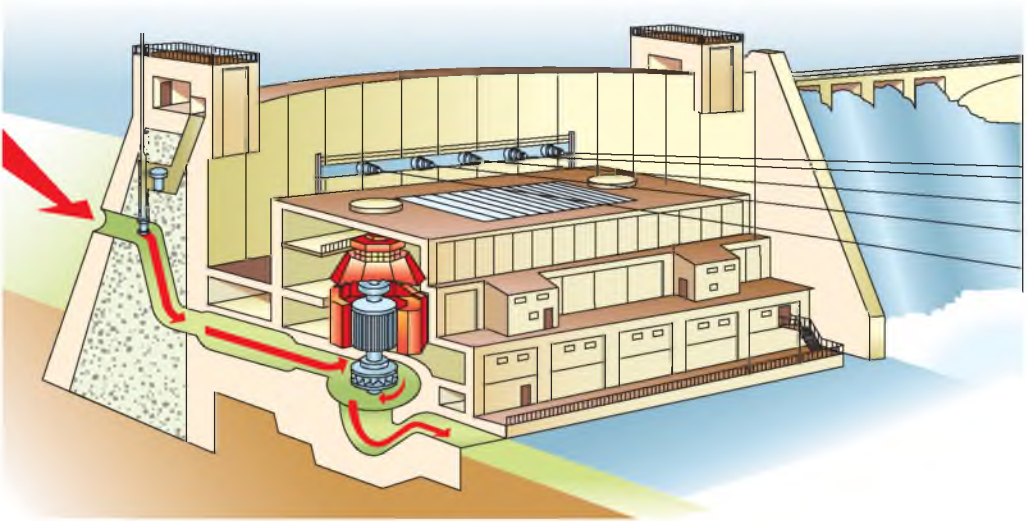
$$E_{\text{п}} = A = F_{\text{тяж}} h = mgh.$$

Отже, потенціальну енергію тіла, піднятого на деяку висоту, будемо визначати за формулою:

$$E_{\text{п}} = mgh,$$

де $E_{\text{п}}$ – потенціальна енергія піднятого тіла; *m* – маса тіла; $g = 9,81 \text{ Н/кг}$; *h* – висота, на яку підняли тіло.

Великий запас потенціальної енергії має вода гірських або рівнинних річок, піднята греблями. Падаючи з висоти вниз, вода виконує роботу: надає рух турбінам гідроелектростанцій. В Україні на Дніпрі побудовано кілька гідроелектростанцій, у яких використовують енергію води для вироблення електроенергії.



Мал. 249

На малюнку 249 зображено переріз такої станції. Вода з вищого рівня падає вниз і обертає колесо гідротурбіни. Вал турбіни з'єднано з електричною машиною, яка виробляє електричний струм.

Потенціальну енергію мають літак, який летить високо в небі; дощові краплі у хмарі; молот копра під час забивання паль (мал. 250).

Відчиняючи двері з пружиною, ми розтягуємо її, долаючи силу пружності, тобто виконуємо роботу. Внаслідок цього пружина набуває потенціальної енергії. За рахунок цієї енергії пружина, скорочуючись, виконує роботу – зачиняє двері.

Потенціальну енергію пружин використовують у годинниках, різноманітних заводних іграшках. В автомобілях, вагонах пружини амортизаторів (мал. 251) і буферів, деформуючись, зменшують поштовхи.

Потенціальна енергія пружини залежить від її **видовження** (зміни довжини під час стискання або розтягування) і **жорсткості** (залежить від



Мал. 250



Мал. 251

конструкції пружини і пружності матеріалу, з якого вона виготовлена). Що більше видовження (деформація) пружини та що більша її жорсткість, то більшої потенціальної енергії вона набуває під час деформації. Така залежність властива будь-якому пружно деформованому тілу. Потенціальну енергію пружно деформованого тіла визначають за формулою:

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2},$$

де $E_{\text{п}}$ – потенціальна енергія пружно деформованого тіла (пружини); k – жорсткість тіла (одиниця жорсткості – $1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$); x – видовження (деформація) тіла (пружини).

Але тіла можуть мати енергію не тільки тому, що вони займають певне положення або деформуються, а й тому, що вони знаходяться в русі.

Кінетична енергія (з грец. *кінетікос* – той, що надає руху) – це енергія, яку має тіло внаслідок власного руху.

Кінетичну енергію має вітер, її використовують для надання руху вітряним двигунам. Рухомі маси повітря чинять тиск на похилі площини крил вітряних двигунів і змушують їх обертатися. Обертальний рух крил за допомогою системи передач передається механізмам, які виконують певну роботу.

Вітряні двигуни відомі з давніх-давен. На малюнку 252 зображено вітряк, у якому за рахунок енергії вітру мелють зерно. Сучасні досить потужні вітряні двигуни (мал. 253) використовують для того, щоб виробляти електроенергію, піднімати зі свердловин воду й подавати її у водонапірні башти. Такі вітродвигуни побудовано в Криму й Закарпатті, тому що там найчастіше дмуть вітри.

Рухома вода або нагріта пара, обертаючи турбіни електростанції, втрачає частину своєї кінетичної енергії і виконує роботу. Літак, який летить високо в небі, крім потенціальної енергії, має кінетичну енергію.

Якщо тіло перебуває у стані спокою, тобто його швидкість відносно Землі дорівнює нулю, то і його кінетична енергія відносно Землі дорівнюватиме нулю.



Мал. 252



Мал. 253

Дослідами встановлено: що більша маса тіла і швидкість, з якою воно рухається, то більша його кінетична енергія. Виявлена залежність математично виражається такою формулою: $E_k = \frac{mv^2}{2}$,

де E_k – кінетична енергія тіла; m – маса тіла; v – швидкість руху тіла.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Що називають енергією?
2. Яку енергію називають потенціальною? Кінетичною?
3. Від чого залежить потенціальна енергія піднятого над Землею тіла?
4. Як визначають потенціальну енергію пружно деформованого тіла?
5. Як визначають кінетичну енергію тіла?

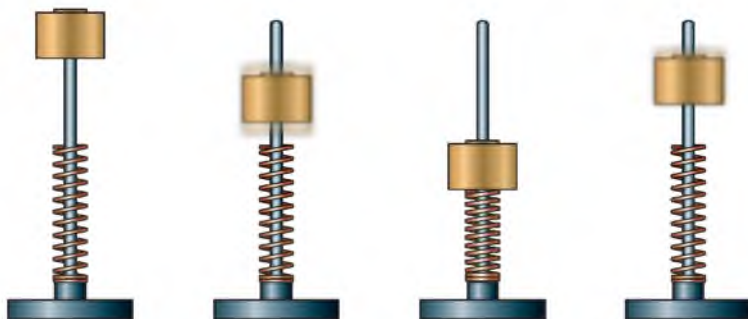
§ 43. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В МЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ТА ЙОГО ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

З розглянутих прикладів випливає, що всі тіла в природі мають або потенціальну, або кінетичну енергію. Але в більшості випадків тіло (наприклад, літак у польоті) має одночасно і потенціальну, і кінетичну енергії.

Суму потенціальної і кінетичної енергій тіла називають **повною механічною енергією**.

У природі, техніці й побуті можна спостерігати взаємний перехід потенціальної і кінетичної енергій тіл.

Дослід 1. Розглянемо прилад з важком і пружиною (мал. 254), з'ясуємо, які зміни енергії цих тіл відбуватимуться під час дії приладу. Коли ми підніmemo важок масою m на висоту h над пружиною, то надамо йому запас повної механічної енергії E потенціального виду: $E = E_{п1} = mgh$. Під час падіння важка його потенціальна енергія зменшується, але збільшується швидкість v , а разом з нею і кінетична енергія $E_k = \frac{mv^2}{2}$. На рівні пружини вся потенціальна енергія перетвориться на кінетичну, а за її рахунок пружина стиснеться і набуде потенціальної енергії $E_{п2} = \frac{kx^2}{2}$.



Мал. 254

При цьому кінетична енергія важка зміниться на потенціальну енергію пружно деформованого тіла (пружини). Коли згодом пружина розпрямиться і надасть важку швидкості v , її потенціальна енергія знову зміниться на кінетичну енергію важка, за рахунок якої він підніметься на висоту h . Далі процес мав би повторюватися нескінченно, при цьому значення запасу повної механічної енергії важка й пружини було б сталим і в будь-який момент руху дорівнювало б сумі всіх видів енергії:

$$E = E_{п1} + E_{п2} + E_k = \text{const.}$$

Насправді рух затухатиме і згодом припиниться, оскільки початковий запас енергії затратиться на подолання сил тертя й опору повітря.

Дослід 2. Зміну потенціальної і кінетичної енергій можна спостерігати також за допомогою приладу, який називають маятником Максвелла (мал. 255).

Якщо накрутити на вісь нитку, то диск приладу підніметься на деяку висоту h і матиме запас повної механічної енергії потенціального виду $E = E_{п1} = mgh$. Якщо диск відпустити, то він, обертаючися, почне падати. Під час падіння потенціальна енергія диска зменшується, але водночас збільшується його кінетична енергія, тобто відбувається зміна потенціальної та кінетичної енергій. У кінці падіння диск набуває такої кінетичної енергії $E_k = \frac{mv^2}{2}$, якої досить для того, щоб він знову піднявся майже до попередньої висоти. Якби не було втрат енергії на виконання роботи проти сил опору, то рух маятника повторювався б нескінченно, а його повна механічна енергія мала б сталі значення і в будь-якій точці дорівнювала сумі потенціальної і кінетичної енергій диска:

$$E = E_{п} + E_k.$$

На основі численних досліджень руху і взаємодії тіл, подібних до розглянутих прикладів, було встановлено закон збереження механічної енергії.



Мал. 255

Якщо ізольовані від зовнішнього впливу тіла взаємодіють між собою силами тяжіння і пружності, то їхня повна механічна енергія залишається незмінною під час руху, тобто завжди справджується співвідношення:

$$E = E_{п} + E_k = \text{const.}$$

При цьому енергія не створюється з нічого і не зникає, а тільки переходить з потенціальної в кінетичну енергію і навпаки.

На практиці будь-який рух тіл відбувається за наявності більшого чи меншого опору середовища.

Для прикладу розглянемо рух вантажу, що опускається на парашуті (мал. 256). До розкриття парашута вантаж рухається вниз, збільшуючи власну швидкість падіння. Потенціальна енергія вантажу зменшується, за рахунок чого збільшується кінетична енергія і виконується робота проти сил опору повітря. Після розкриття парашута різко зростає опір повітря і зменшується швидкість падіння, а разом – і кінетична енергія вантажу. Зменшення швидкості падіння вантажу відбувається до певного значення, досягнувши якого він починає рухатися вниз зі сталою швидкістю. Кінетична енергія вантажу при цьому також є сталою, потенціальна ж енергія весь час зменшується разом з висотою.

Повна механічна енергія вантажу в найвищому положенні E_1 дорівнює його потенціальній енергії в цій точці, тобто $E_1 = E_{\text{п1}} = mgh$; повна механічна енергія вантажу в момент приземлення E_2 дорівнює його кінетичній енергії в цей момент, тобто $E_2 = E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$. Робота проти сил опору

повітря під час падіння вантажу була виконана за рахунок зменшення його повної механічної енергії і визначається за формулою:

$$A = E_1 - E_2.$$

Отже, завжди за наявності опору середовища механічна робота рухомого тіла виконується за рахунок зменшення його повної механічної енергії.

Так само відбувається, коли під час руху діють сили тертя між твердими тілами. Наприклад, коли поїзд під'їжджає до станції (мал. 257), двигун тепловоза не працює, робота проти сил тертя виконується за рахунок зменшення кінетичної енергії поїзда, швидкість якого при цьому зменшується.



Мал. 256



Мал. 257



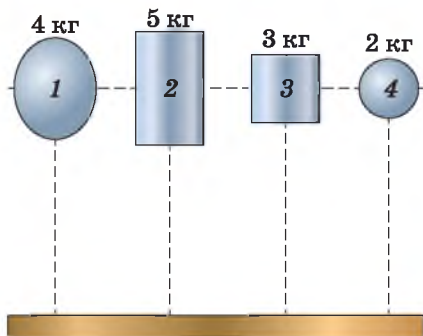
ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Наведіть приклади, коли тіла мають потенціальну і кінетичну енергії.
2. У чому полягає закон збереження механічної енергії?
3. У яких випадках закон збереження механічної енергії не виконується?

ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ



Розв'язуємо разом



Мал. 258

1. Яке з наведених на малюнку 258 тіл має найбільшу потенціальну енергію? Найменшу? Обчисліть їх, якщо всі тіла піднято на висоту 2 м.

Відповідь: усі тіла перебувають на однаковій висоті, тому найбільшу потенціальну енергію має тіло 2, маса якого 5 кг, а найменшу – тіло 4, маса якого 2 кг.

Щоб обчислити значення цих енергій, скористаємося формулою $E_{\text{п}} = mgh$:

$$E_{\text{п}2} = 5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/м} \cdot 2 \text{ м} = 100 \text{ Дж},$$

$$E_{\text{п}4} = 2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/м} \cdot 2 \text{ м} = 40 \text{ Дж}.$$

2. Тіло масою 10 кг підняли на висоту 10 м і відпустили. Яку кінетичну енергію воно матиме на висоті 5 м? Опором повітря знехтувати.

Дано:

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$h = 10 \text{ м}$$

$$h_1 = 5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$E_{\text{к}1} = ?$$

Розв'язання

Тіло певної маси, підняте на деяку висоту, має потенціальну енергію $E_{\text{п}} = mgh$.

Якщо тіло падає, то воно на певній висоті h_1 матиме потенціальну енергію $E_{\text{п}1} = mgh_1$ і кінетичну енергію $E_{\text{к}1}$.

Використовуючи закон збереження енергії, запишемо:

$$E_{\text{п}} = E_{\text{п}1} + E_{\text{к}1}.$$

Тоді $E_{\text{к}1} = E_{\text{п}} - E_{\text{п}1} = mgh - mgh_1 = mg(h - h_1)$. Підставивши значення величин, отримаємо:

$$E_{\text{к}1} = 10 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot (10 \text{ м} - 5 \text{ м}) = 500 \text{ Дж}.$$

Відповідь: $E_{\text{к}1} = 500 \text{ Дж}$.

3. На Тихоокеанському узбережжі Мексики, біля Гуапулько, є підводний грот з отвором у склепінні. Коли хвилі прибою вдаряють у стінку грота, з конусоподібного отвору б'є вгору фонтан води, досягаючи висоти 50 м. Які перетворення енергії відбуваються при цьому?

Відповідь: кінетична енергія хвиль під час прибою перетворюється в потенціальну енергію води, яка піднімається високо вгору.

Рівень А

321. Доповніть речення.

Під час падіння м'яча вертикально вниз збільшується його ... енергія і ... потенціальна енергія.

Енергія – ... величина, що характеризує здатність тіла виконувати..., одиницею енергії є...

322. Замість крапок упишіть назви фізичних величин або їх одиниць:

швидкість руху тіла – ...; ... – 1 Н; ... – 1 Дж; енергія –

323. Визначте, які види механічної енергії (кінетичну, потенціальну, кінетичну і потенціальну) мають тіла (або не мають механічної енергії):

а) їде поїзд; б) летить літак; в) стиснута пружина; г) підвішена до стелі люстра; д) м'яч лежить на футбольному полі (м'яч вважати матеріальною точкою).

324. За рахунок чого ми забиваємо цвях у дерево молотком?

325. Тіла масою 5 кг і 3 кг рухаються з однаковими швидкостями. Яке з них має більшу кінетичну енергію?

326. Поясніть, які зміни енергії відбуваються в таких випадках:

а) під час падіння води у водоспаді (мал. 259); б) під час підкидання м'яча вертикально вгору; в) під час закручування пружини рухомого візка; г) на прикладі пружини дверей (мал. 260).



Мал. 259



Мал. 260

327. Поясніть, навіщо вагони поїзда обладнано буферами (мал. 261).

328. З якою метою крижкі речі перед перевезенням пакують у соломку чи вату?

329. Яку потенціальну енергію має тіло масою 3 кг, підняте на висоту 10 м?

330. Визначте масу тіла, піднятого на висоту 5 м, якщо його потенціальна енергія дорівнює 1000 Дж.

331. Яку потенціальну енергію має пружина, якщо її стиснули на 8 см? Жорсткість пружини 100 Н/м.

332. Велосипедист масою 70 кг рухається зі швидкістю 36 км/год. Яка кінетична енергія велосипедиста?

333. Реактивний літак, маса якого дорівнює 50 т, летить зі швидкістю 300 м/с відносно Землі. Визначте його кінетичну енергію.

334. Куля, маса якої дорівнює 9 г, вилітає з гвинтівки зі швидкістю 800 м/с. Визначте її кінетичну енергію.



Мал. 261

335. На скільки збільшиться потенціальна енергія тіла масою 1 кг, якщо його підняли на висоту 15 м?

336. Який вид енергії використовується під час гальмування електропоїздів за допомогою стисненого повітря? Як вона накопичується?

337. Потенціальна енергія залежить від маси тіла й висоти, на яку його піднято. Придумайте досліди, якими це можна продемонструвати.

338. Кінетична енергія залежить від маси тіла й швидкості їх руху. Придумайте досліди, якими це можна продемонструвати.

Рівень Б

339. Парашутист спускається на парашуті. За рахунок якої енергії рухається парашутист? Які при цьому відбуваються зміни енергії?

340. Якими способами можна збільшити кінетичну й потенціальну енергії тіл?

341. Чи однакову потенціальну енергію матимуть цеглини, покладені на різні грані?

342. Чи можуть два тіла різної маси мати однакову кінетичну енергію? За якої умови?

343. У якого автомобіля мають бути «потужніші» гальма: легкового чи вантажного? Чому?

344. Чому гумовий м'яч підскакує, якщо кинути його на підлогу? Які зміни енергії відбуваються при цьому?

345. Запас якої енергії має пружина заведеного ручного механічного годинника? Що означає «завести пружину годинника»?

346. Чому дрова рубають не малою, а масивною сокирою (мал. 262)? За рахунок якої енергії руйнується деревина?

347. Чому на дорогах легковим автомобілям дозволено їхати з більшою швидкістю, ніж вантажним?

348. Український спортсмен Сергій Бубка, виконуючи стрибки із жердиною (мал. 263), подолав висоту 6 м 20 см. За рахунок якої енергії він піднявся на таку висоту? Які зміни енергії відбувалися під час стрибка?

349. Для акробатичних стрибків, стрибків у воду, стрибків під час виконання деяких гімнастичних вправ застосовують трамплін, який є пружною дошкою, закріпленою з одного кінця. Поясніть принцип дії трампліна й згадайте, які зміни енергії відбуваються при цьому.



Мал. 262



Мал. 263

350. За рахунок якої енергії санки спускаються зі снігової гори? Які зміни енергії відбуваються при цьому? Які види енергії мають санки на середині спуску?

351. Вітер, що дме з великою силою на відкритому місці, значно послаблюється, якщо на його шляху є ліс, і всередині лісу зовсім стихає. На що витрачається при цьому кінетична енергія, яку має повітря, що рухається? Як використовують це явище для боротьби із суховіями в степових районах?



Мал. 264

352. Космічний корабель, маса якого дорівнює 3 т, піднявся на висоту 100 км над Землею. Як змінилася його потенціальна енергія?

353. Сила тяжіння на Місяці в 6 разів менша, ніж на Землі. Як зміниться на Місяці потенціальна енергія тіла порівняно з її значенням на Землі?

354. Камінь, маса якого дорівнює 5 кг, падає з висоти 15 м на дах будинку заввишки 3 м. Обчисліть потенціальну енергію на обох висотах і роботу сили тяжіння.

355. Яка річка – гірська чи рівнинна – має більші енергетичні ресурси? З яким застереженням потрібно дати відповідь на це запитання?

356. Перегороджуючи в Запоріжжі Дніпро греблю (мал. 264) під час спорудження гідроелектростанції, розв'язали три проблеми. Які? Поясніть. Яка роль греблі?

357. Тіло масою 20 кг впало з даху будинку заввишки 25 м. Визначте потенціальну й кінетичну енергії тіла на висоті 10 м.

358. Які види енергії має вантаж масою 2 т у кузові автомобіля, що мчить по дорозі зі швидкістю 72 км/год? Висота кузова – 1,2 м. Визначте їх.

359. Куля, маса якої дорівнює 9 г, пробиває дошку товщиною 5 см, при цьому її швидкість зменшується з 600 до 200 м/с. Визначте зміну кінетичної енергії, роботу і значення сили опору, вважаючи її сталою величиною.

360. Літак, маса якого дорівнює 100 т, піднявся на висоту 1 км, набравши при цьому швидкість 200 м/с. Яка його механічна енергія відносно Землі?

361. Яку роботу треба виконати, щоб запустити на орбіту навколо Землі супутник масою 5 т? Супутник має летіти зі швидкістю 8 км/с на висоті 100 км. Визначте механічну енергію супутника на орбіті.

362. Тіло вільно падає на Землю з висоти 25 м. Яка його швидкість у момент удару об Землю? Зробіть такий розрахунок для Місяця.



§ 44. МАШИНИ ТА МЕХАНІЗМИ

Знаряддя, яке тримає людина під час виконання роботи, повторює ті рухи, які виконує рука. Наприклад, розбиваючи шкаралупу горіха, молоток так само піднімається й опускається, як і кулак. Такі рухи не завжди мають достатню точність і швидкість. Удари молотком, клинком або вістрям не завжди потрапляють на одне й те саме місце оброблюваного



Мал. 265

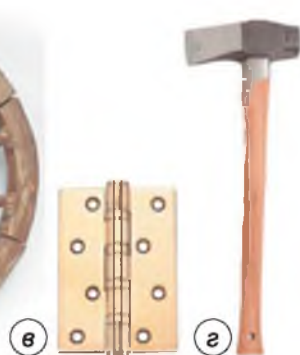
тіла. У процесі шиття легкою голкою з ниткою швачці доводиться рухати в багато разів важчою рукою, виконуючи при цьому зайву роботу.

Потреба зменшити затрати на зайві рухи, збільшити швидкість і точність дії знаряддя праці зумовила необхідність не просто утримувати це знаряддя рукою, а закріплювати його у спеціальних пристроях, які виконували б цілком точні й швидкі рухи. Так, очевидно, виникла потреба людини в **машинах і механізмах**. Наприклад, швачка за одну хвилину виконує близько 50 стібків (мал. 265, а), а сконструйована для цієї самої операції швейна машина з механічним приводом робить 1500 однакових стібків за одну хвилину (мал. 265, б).

У перекладі зі старогрецької слово «механізм» означає знаряддя, пристрій. В епоху розквіту грецького театру (500 р. до н. е.) за допомогою спеціальних пристроїв піднімали й опускали на сцені акторів, які зображали богів. Ці пристрої називали «механе», звідси, мабуть, і походить термін «механізм» та ін.

Коли людині під час виконання роботи потрібно перемістити якесь тіло відносно інших тіл або змінити напрям його руху, вона використовує спеціальні пристрої, які називають **механізмами**.

Як свідчить історія, людина почала використовувати один з перших механізмів – лук – ще за 12 тис. років до нової ери (мал. 266, а). Багато механізмів використовуються в сучасній техніці й побуті, зокрема колесо (мал. 266, б), шестерні, петлі (мал. 266, в), клин (мал. 266, г) тощо.



Мал. 266

Механізм – це пристрій, що передає рух або перетворює один вид руху в інший.

Слово «машина» почали широко вживати лише з XVIII ст. Ним почали називати пристрої, які було винайдено інженерами для виконання основних виробничих операцій (роботи). Людина лише керувала такими пристроями-машинами.

Якщо, наприклад, людина копає землю лопатою (засобом праці) (мал. 267), універсальний екскаватор (машина) (мал. 268) виконує цю саму дію своїм ковшем або іншими пристроями. Металеві заготовки підіймає електромагнітний кран, кранівник тільки керує цим процесом.



Мал. 267



Мал. 268

Машинами є також велосипед (мал. 269), який людина використовує для пересування, космічний корабель (мал. 270), без якого було б неможливе освоєння космічного простору.

Щоб виконати роботу, у кожній машині є відповідний **робочий орган**: в екскаватора – ківш, у підйомного крана – електромагніт, у велосипеда – ведуче колесо.

Робочому органу машини треба надавати руху, затрачаючи енергію: у велосипеда – м'язових зусиль ніг людини, в екскаватора й космічного корабля – енергію згоряння пального, в електромагнітного крана – електричну енергію. Отже, у кожній машині має бути пристрій, у якому той чи інший вид енергії перетворюється в механічний рух. Такий пристрій називають **двигуном**.



Мал. 269



Мал. 270

Механічний рух від двигуна до робочого органу машини передається різними механізмами (наприклад, шестернями, ланцюгами (мал. 271)), які називають **передавальними**.

Отже, у кожній машині є три основні частини – **робочий орган, передавальний механізм і двигун**. Наявність цих трьох частин відрізняє машину від будь-якого іншого технічного пристрою.



Мал. 271

Машина – це поєднання механізмів для перетворення енергії з одного виду в інший.

Нині дедалі ширше використовуються не окремі машини, а системи машин автоматичної дії.

§ 45. ПРОСТІ МЕХАНІЗМИ

Тисячоліття тому люди виконували всі роботи за допомогою сили своїх м'язів. Із часом вони винайшли різні механізми, щоб полегшити свою працю. Люди переконалися в тому, що набагато легше пересувати вантажі, перекочуючи їх на котках. На основі цього вони винайшли колесо.

Уявіть, що вам потрібно підняти, наприклад, ящик, який наповнений інструментами й важить набагато більше, ніж ви (мал. 272). Як це зробити?

Напевне, треба знайти міцну жердину або металеву рейку, нижнім кінцем спертися в ґрунт під ящиком і підняти його, скориставшись механізмом, який називають важелем.

Важіль – це тверде тіло, яке може обертатися навколо нерухомої опори.



Мал. 272

Блоки допомагають піднімати та опускати вантажі.

Блок — це колесо з жолобом, закріплене в обоймі.

Через жолоб блока пропускають мотузку, трос або ланцюг.

Дослід 1. До нитки прикріпимо вантаж. Нитку перекинемо через блок. Вільний кінець нитки прикріпимо до динамометра (мал. 273, а). Під час піднімання та опускання вантажу вісь блока не рухається. Динамометр показує значення сили, з якою ми піднімаємо вантаж (мал. 273, б).



Мал. 273

Нерухомий блок — це блок, вісь якого під час піднімання або опускання вантажів нерухома.

Змінюючи положення динамометра, звертаємо увагу на те, що покази динамометра залишаються сталими. Підвісимо вантаж до гачка динамометра. Покази динамометра будуть ті самі.

Дослід 2. Один кінець нитки прикріпимо, наприклад, до штатива, а другий — до динамометра (мал. 274). На нитці підвішуємо блок з вантажем. Піднімаючи або опускаючи вантаж, ми бачимо, що разом з ним рухається і блок. Отже, цей блок рухомий. Окрім того, покази динамометра вдвічі менші, ніж вага вантажу.

Рухомий блок — це блок, вісь якого піднімається або опускається разом з вантажем. Рухомий блок дає вигоду у силі у два рази.



Мал. 274



Мал. 275

Рухомий блок ви завжди можете побачити в будь-якому підйомному крані. Він з'єднаний з гаком крана (мал. 275).

Коловорот — це різновид важеля. Він призначений для одержання виграшу в силі.

Коловорот можна побачити в будь-якому селі біля криниці (мал. 276, а, б). За допомогою коловорота навіть дитина може витягти з криниці відро води.

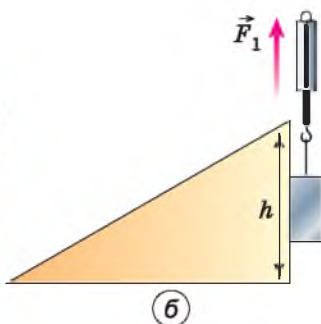
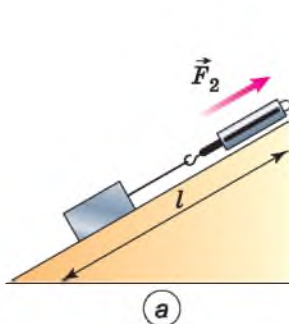
У багатьох випадках замість того, щоб піднімати вантаж на деяку висоту, його вкочують або пересувають на ту саму висоту за допомогою **похилої площини**.



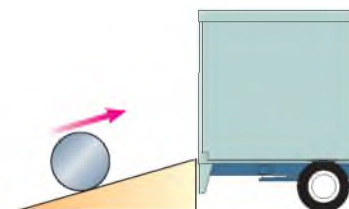
Мал. 276

Піднімаючи вантаж уздовж похилої площини, отримуємо виграш у силі в стільки разів, у скільки разів довжина схилу площини більша за її висоту (мал. 277, а, б).

Похила площина (мал. 278) полегшує підйом вантажів. Хоча йти по ній доводиться довше, але зусиль треба затратити набагато менше, ніж піднімаючи вантаж вертикально вгору.



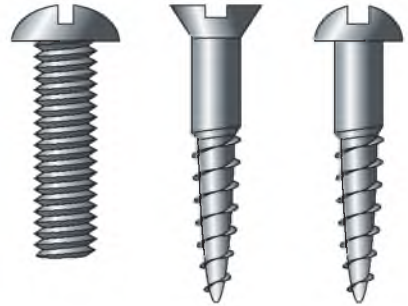
Мал. 277



Мал. 278



Мал. 279



Мал. 280

Гвинтова драбина (мал. 279) є також похилою площиною, що обвиває вісь, подібно до різьби гвинта. По гвинтовій драбині підніматися легше, ніж по вертикальній, але доводиться долати більшу відстань.

Гвинт (мал. 280), як і гвинтова драбина, – похила площина. Гвинти використовують для скріплення деталей.

Клин – різновид похилої площини.

Клин становить основну частину колючих, різальних, стругальних інструментів: голки, ножа, ножиць, сокири, стамески, рубанка, лемеша плуга.

Шестерні – це зубчасті колеса. Їх використовують для регулювання швидкості обертання. Одна шестерня може обертати сусідню з більшою або меншою швидкістю.

Згадані пристрої змінюють силу й використовуються для виконання механічної роботи.

Пристрої, призначені для зміни сили, називають простими механізмами.

Без простих механізмів не обійтися жодного дня (мал. 281, а, б).



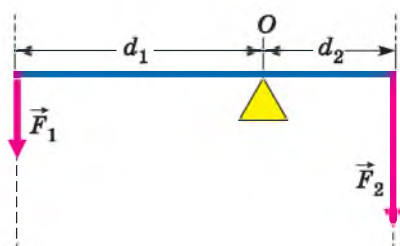
Мал. 281



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Назвіть прості механізми, які людина використовує у своїй діяльності.
2. Що таке важіль?
3. Чим відрізняється рухомий блок від нерухомого?
4. Для чого використовують похилу площину?
5. Назвіть різновиди похилої площини.
6. Який виграш у силі дає рухомий блок? Похила площина?

§ 46. МОМЕНТ СИЛИ. УМОВИ РІВНОВАГИ ВАЖЕЛЯ



Мал. 282

Як уже зазначалося, важіль – тверде тіло, яке може обертатися навколо нерухомої опори. Його застосовують для зміни напрямку й значення сили, наприклад для зрівноваження великої сили малою. Важіль (мал. 282) має такі характеристики.

Точка прикладання сили – це точка, у якій на важіль діє інше тіло.

Вісь обертання – пряма, що проходить через нерухому точку опори важеля O і навколо якої він може вільно обертатися. Розглянемо випадок, коли вісь обертання розташована між точками прикладання сил F_1 і F_2 .

Лінія дії сили – це пряма, уздовж якої напрямлена сила.

Плече сили – найкоротша відстань від осі обертання тіла O до лінії дії сили. Плече сили позначають літерою d . Одиницею плеча сили в СІ є один метр (1 м).

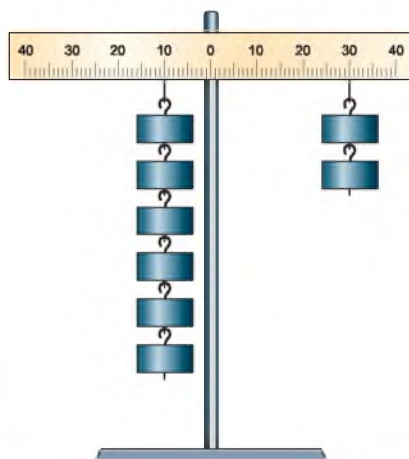
Дослід. Візьмемо важіль, подібний до зображеного на малюнку 283. На відстані 10 см від осі обертання підвісимо до нього 6 важків, кожен масою 100 г. Щоб зрівноважити важіль двома такими самими важками, нам доведеться їх підвісити з іншого боку важеля, але на відстані 30 см.

Отже, для того щоб важіль перебував у рівновазі, потрібно до довшого плеча прикласти силу в стільки разів меншу, у скільки разів його довжина більша за довжину коротшого плеча. Таке правило важеля описують формулою обернено пропорційної залежності:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1},$$

де F_1 і F_2 – сили, які діють на важіль; d_1 і d_2 – плечі відповідних сил. Тому правило (умову) рівноваги важеля можна сформулювати так.

Важіль перебуває в рівновазі тоді, коли значення сил, які діють на нього, обернено пропорційні плечам цих сил.



Мал. 283

З того часу як Архімед установив правило важеля, ним користувалися у первісному вигляді майже 1900 років. І лише в 1687 р. французький вчений П. Варіньйон надав йому більш загальної форми, скориставшись поняттям моменту сили.

Момент сили M – це фізична величина, значення якої визначають добутком модуля сили F , що обертає тіло, та її плеча d :

$$M = Fd.$$

Одиницею моменту сили в СІ є один ньютон-метр ($1 \text{ Н} \cdot \text{м}$), який дорівнює моменту сили 1 Н , прикладеної до плеча 1 м .

Доведемо, що важіль перебуває в рівновазі під дією двох сил, якщо значення моменту M_1 сили, яка обертає важіль проти руху годинникової стрілки, дорівнює значенню моменту M_2 сили, яка обертає його за рухом стрілки годинника, тобто:

$$M_1 = M_2.$$

З правила важеля $\frac{F_1}{F_2} = \frac{d_2}{d_1}$ на основі властивості пропорції випливає рівність:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2.$$

Але $F_1 d_1 = M_1$ – момент сили, яка повертає важіль проти годинникової стрілки (мал. 282), $F_2 d_2 = M_2$ – момент сили, яка повертає важіль за годинниковою стрілкою. Таким чином:

$$M_1 = M_2,$$

що й потрібно було довести. Отже, правило (умову) рівноваги важеля можна ще сформулювати так.

Важіль перебуває в рівновазі під дією двох сил, якщо значення моменту сили, яка обертає важіль проти руху годинникової стрілки, дорівнює значенню моменту сили, яка обертає його за рухом годинникової стрілки.

Момент сили – важлива фізична величина, яка характеризує дію сили, показує, що вона залежить і від модуля сили, і від її плеча. Наприклад, ми знаємо, що дія сили на двері залежить і від модуля сили, і від того, де прикладено силу: що далі від осі обертання прикладено силу, яка діє на двері, то легше повернути їх; гайку легше викрутити довгим гайковим ключем, ніж коротким; що довша ручка коловороту, то легше витягти з колодязя відро.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Назвіть основні характеристики важеля.
2. Що таке плече сили?
3. Що таке момент сили?
4. Від чого залежить момент сили?
5. Сформулюйте правило (умову) рівноваги важеля.



Лабораторна робота № 11

Вивчення умови рівноваги важеля

Мета роботи: перевірити, при якому співвідношенні сил і їх плечей важіль перебуває в рівновазі. Перевірити правило моментів.

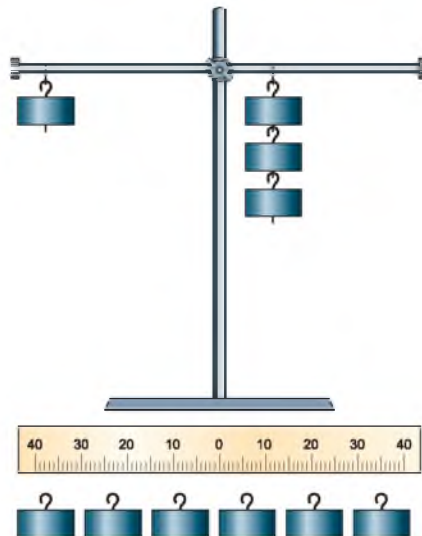
Прилади і матеріали: важіль на штативі, набір важків, динамометр, лінійка з міліметровими поділками.

Хід роботи

1. Зрівноважте важіль, обертаючи гайки на його кінцях так, щоб він розмістився горизонтально (мал. 284).

2. Підвісьте два важки на лівій частині важеля на відстані 10 см від осі обертання. Дослідом установіть, на якій відстані справа від осі обертання треба підвісити: 1) 1 важок; 2) 2 важки; 3) 3 важки; 4) 4 важки.

3. Вважаючи, що кожний тягарець важить 1 Н, запишіть дані та результати вимірювань у таблицю.



Мал. 284

№ досліду	F_1 , Н	d_1 , м	F_2 , Н	d_2 , м	$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{d_2}{d_1}$
1						
2						
3						
4						

4. Обчисліть відношення сил і відношення плечей для кожного з дослідів. Зробіть висновки.

5. Розрахуйте абсолютне значення моментів сил M_1 і M_2 та перевірте правило моментів сил. Зробіть висновки.

6. Підвісьте три важки справа від осі обертання важеля на відстані 6 см. За допомогою динамометра визначте силу, яку треба прикласти на відстані 15 см від осі обертання справа від важків, щоб важіль був у рівновазі. Як направлені в цьому випадку сили, що діють на важіль? Виконайте малюнок.

Обчисліть відношення значень сил і плечей для цього випадку й зробіть висновки.



Для допитливих

1. З'ясуйте, де в домашніх умовах і з якою метою використовують прості механізми і які саме.

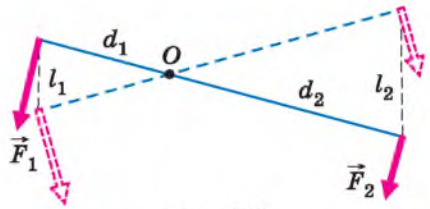
- Визначте, з якою силою будуть діяти леза ножиць на предмет, який розрізують, якщо прикласти силу 10 Н. Величини, яких не вистачає для розв'язання задачі, визначте експериментально.
- Сконструуйте й виготовіть терези, за допомогою яких можна визначити масу тіла, удвічі більшу за масу наявних тягарців.

§ 47. «ЗОЛОТЕ ПРАВИЛО» МЕХАНІКИ. КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ МЕХАНІЗМІВ

Прості механізми, які ми розглянули, застосовують під час виконання роботи в тих випадках, коли треба меншою силою зрівноважити більшу.

Тоді перед нами постає запитання: *Прості механізми дають виграш у силі, а чи дають вони виграш у роботі?*

Зрівноважимо важіль, приклавши до нього дві різні за значенням сили F_1 і F_2 . Надамо важелю руху. При цьому виявиться, що за той самий час точка прикладання меншої сили F_2 проходить більший шлях l_2 , а точка прикладання більшої сили F_1 – менший шлях l_1 (мал. 285). Вимірявши шляхи l_1 і l_2 та порівнявши їх з плечами сил d_1 і d_2 , переконуємося, що



Мал. 285

відношення шляхів дорівнює відношенню відповідних плечей, тобто:

$\frac{d_2}{d_1} = \frac{l_2}{l_1}$. Бачимо, що тепер у правилі важеля можна замінити відношення

плечей сил відношенням шляхів точок прикладання сил, тоді одержимо:

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$. Із властивості пропорції випливає:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

За визначенням механічної роботи: $F_1 l_1 = A_1$, а $F_2 l_2 = A_2$, тобто $A_1 = A_2$, звідси робимо такий висновок.

Важіль виграшу в роботі не дає.

Це стосується й інших простих механізмів.

Жоден із простих механізмів не дає виграшу в роботі: у скільки разів виграємо в силі, у стільки само разів програємо у відстані.

Це правило назвали «золотим правилом» механіки.

Під час дії машин і механізмів завжди, крім необхідної роботи, доводиться виконувати додаткову роботу на подолання тертя в рухомих частинах, а також на переміщення цих частин. Наприклад, застосовуючи рухомий блок, доводиться додатково виконувати роботу, щоб підняти сам

блок, мотузку й подолати силу тертя в осі блока. Тому повна робота, яка виконується прикладеною силою, завжди більша за корисну роботу.

Хоч би який механізм ми взяли, корисна робота, виконана за його допомогою, завжди становить лише частину повної роботи.

Відношення корисної роботи до повної (затраченої) роботи називають коефіцієнтом корисної дії (ККД) механізму.

Визначимо, наприклад, ККД похилої площини, застосувавши «золоте правило» механіки (мал. 286).

Роботу, яка виконується під час піднімання тіла вгору по вертикалі, визначають добутком сили тяжіння F_1 , яка діє на тіло, і висоти похилої площини h : $A_1 = F_1 h$.

На таку саму висоту h можна підняти тіло, рівномірно переміщуючи його вздовж похилої площини завдовжки l , прикладаючи до тіла силу F_2 . Виконану при цьому роботу визначають за формулою: $A_2 = F_2 l$.

Згідно із «золотим правилом» механіки, якщо немає тертя, обидві роботи дорівнюють одна одній: $A_1 = A_2$, або $F_1 h = F_2 l$.

За наявності тертя робота A_2 завжди більша за роботу A_1 : $A_2 > A_1$.

A_2 дорівнює повній роботі, A_1 – корисній роботі. ККД позначають грецькою літерою η (ета) і виражають у відсотках (%). Відношення корисної роботи до повної роботи визначає ККД похилої площини:

$$\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100 \, \%.$$

Аналогічно розраховують ККД будь-якої машини та механізму.



ЗАПИТАННЯ ДО ВИВЧЕНОГО

1. Чи дають прості механізми вигравш у силі? У роботі?
2. У чому полягає «золоте правило» механіки?
3. Що таке коефіцієнт корисної дії механізму?
4. Як визначають коефіцієнт корисної дії механізму?



Лабораторна робота № 12

Визначення ККД простого механізму (похилої площини)

Мета роботи: переконатися на дослідах у тому, що корисна робота, виконана за допомогою похилої площини, менша від повної, і визначити коефіцієнт корисної дії похилої площини.

Прилади і матеріали: дошка, штатив з муфтою і лапкою, дерев'яний брусок, міра кравецька (рулетка) або лінійка з міліметровими поділками, динамометр, важки.

Хід роботи

1. Установіть дошку похило, як показано на малюнку 286, а.



Мал. 286

2. Виміряйте висоту h і довжину l похилої площини. Результати вимірювань запишіть у таблицю.

№ досліду	$h, \text{м}$	$F_1, \text{Н}$	$A_1 = F_1 h, \text{Дж}$	$l, \text{м}$	$F_2, \text{Н}$	$A_2 = F_2 l, \text{Дж}$	$\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100 \%$
1							
2							
3							

3. Динамометром виміряйте силу тяжіння F_1 , що діє на брусок (мал. 286, б).

4. За формулою $A_1 = F_1 h$ обчисліть корисну роботу.

5. Зачепивши брусок динамометром, рівномірно пересувайте брусок угору похилою площиною. Виміряйте силу тяги F_2 .

6. Обчисліть роботу, яку треба виконати, щоб підняти брусок на висоту h похилою площиною завдовжки l , використавши формулу $A_2 = F_2 l$.

7. За формулою $\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100 \%$ обчисліть ККД похилої площини. Результати запишіть у таблицю.

8. Скориставшись «золотим правилом» механіки, визначте, який виграш у силі дає похила площина, якщо не враховувати тертя.

9. Змініть висоту похилої площини й для неї визначте корисну й повну роботу, а також ККД похилої площини.



Для допитливих

- З'ясуйте, де в домашніх умовах і з якою метою використовують похилу площину. Зробіть потрібні вимірювання і визначте, який виграш у силі дає похила площина.

2. Зробіть потрібні розрахунки та сконструйте похилу площину, яка дає виграш у силі вдвічі. Перевірте експериментально, який виграш у силі дає сконструйована похила площина. Поясніть отриманий результат.

ЗАДАЧІ ТА ВПРАВИ



Розв'язуємо разом

1. Розгляньте ножиці для різання листового металу й гострозубці для перерізування дротів (мал. 287). Чому в них ручки набагато довші, ніж леза?

Відповідь: ручки й леза інструментів діють як плечі важеля. Помірні зусилля руки, прикладені до довгих ручок, забезпечують на коротких лезах потрібні для різання металу сили.

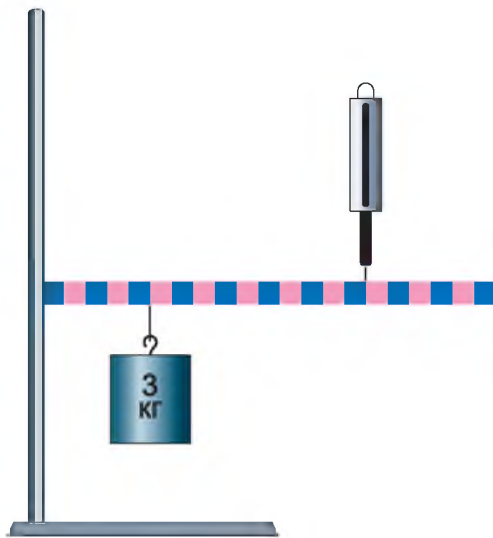
2. Що покаже динамометр, якщо важіль перебуває в рівновазі (мал. 288)? Маса гирі дорівнює 3 кг. Масою важеля нехтуємо.

Відповідь: гиря масою 3 кг підвішена на відстані 5 поділок від осі обертання. Динамометр закріплено на відстані 15 поділок від осі обертання. Відповідно до правила моментів сил: $M_1 = M_2$, або $F_1 d_1 = F_2 d_2$. Оскільки динамометр діє на плече, втричі довше за плече з підвішеною гирею, то він покаже значення сили 10 Н, що втричі менше за вагу гирі 30 Н.

3. На коротке плече важеля підвісили вантаж масою 100 кг. Щоб підняти його, до довшого плеча приклали силу 250 Н. Вантаж піднявся на висоту 8 см, при цьому точка прикладання діючої сили опустилася на 40 см. Визначте ККД важеля.



Мал. 287



Мал. 288

Дано:

$$m = 100 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$F = 250 \text{ Н}$$

$$h_1 = 8 \text{ см} = 0,08 \text{ м}$$

$$h_2 = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$$

 $\eta - ?$

Розв'язання

Для визначення ККД важеля використаємо формулу $\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100 \%$.

Корисна робота – $A_k = mgh_1$.

Затрачена робота – $A_z = Fh_2$.

Тоді $\eta = \frac{mgh_1}{Fh_2} \cdot 100 \%$.

Підставивши значення величин, отримаємо:

$$\eta = (100 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 0,08 \text{ м} : (250 \text{ Н} \cdot 0,4 \text{ м})) \cdot 100 \% = 78 \%$$

Відповідь: $\eta = 78 \%$.

У цьому випадку також виконується «золоте правило» механіки. Частина корисної роботи (78 %) витрачається на подолання тертя на осі важеля, а також на переміщення самого важеля.

ККД будь-якого механізму завжди менший від 100 %. Створюючи механізми, конструктори прагнуть збільшити їх ККД. Для цього вони зменшують тертя в осях механізмів і їх масу.

Рівень А

363. Чому сірник легко розламати посередині й важко відламати маленький шматок від нього?

364. Чому, розрізаючи товстий папір або картон, розміщуємо їх ближче до осі ножиць?

365. Підмітаючи підлогу, щітку тримають двома руками. Яка рука більше працює?

366. Олівець або ручка є важелем. Де розміщується точка опори під час писання?

367. Поясніть, навіщо користуються нерухомим блоком, адже виграти в силі він не дає. Де його зручно використовувати?

368. Поясніть дію весла як важеля (мал. 289).

369. Який простий механізм зображено на малюнку 290? Чи дає він вигреш у силі? У роботі?



Мал. 289



Мал. 290



Мал. 291

370. З якою метою всі підйомні крани обладнують противагами?

371. Чому ножі мають різну конструкцію (мал. 291, а, б)?

372. Як знайти середину бруска, не вимірюючи його довжини?

373. Якщо, використовуючи нерухомий блок, ми не маємо виграшу в силі, то з якою метою його застосовують?

374. Яку силу треба прикласти, щоб за допомогою нерухомого блока підняти вантаж вагою 400 Н?

375. Яку силу треба прикласти, щоб за допомогою рухомого блока підняти вантаж вагою 720 Н?

376. Чому легше котити бочку на машину похилою дошкою, а не підіймати її?

377. Чому дорога в горах має багато поворотів?

378. Роздивіться гвинт для металу (саморіз) і гвинт для дерева (шуруп). Чим зумовлена різниця між ними?

379. Довжина коротшого плеча важеля дорівнює 5 см, довшого – 30 см. На коротше плече діє сила 12 Н. Яку силу треба прикласти до довшого плеча, щоб зрівноважити важіль?

380. За допомогою гострозубців перекушують цвях. Відстань від осі обертання гострозубців до цвяха дорівнює 2 см, а до точки прикладання сили руки – 16 см. Рука стискає гострозубці із силою 200 Н. Визначте силу, що діє на цвях.

381. На коротше плече важеля діє сила 300 Н, на довше – 20 Н. Довжина коротшого плеча – 5 см. Визначте довжину довшого плеча важеля.

382. На кінцях важеля діють сили 40 Н і 240 Н, відстань від точки опори до меншої сили дорівнює 6 см. Визначте довжину важеля, якщо важіль перебуває в рівновазі.

383. За допомогою рухомого блока піднімають вантаж масою 140 кг на висоту 4 м, діючи силою 750 Н. Визначте ККД блока.

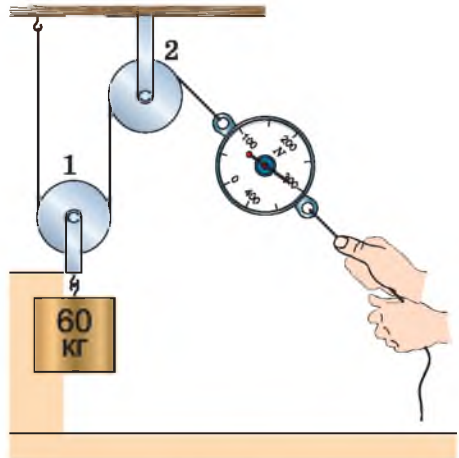
384. Відро з піском, маса якого дорівнює 24,5 кг, піднімають за допомогою нерухомого блока на висоту 10 м, діючи на мотузку силою 250 Н. Обчисліть ККД установки.

385. Ящик із цвяхами, маса якого дорівнює 54 кг, піднімають на п'ятий поверх споруджуваного будинку за допомогою рухомого блока, діючи на мотузку силою 360 Н. Обчисліть ККД установки.

Рівень Б

386. Ломом піднімають вантаж так, що точка опори проходить якраз посередині лома. Який виграш у силі при цьому отримаємо?

387. На малюнку 292 зображено установку, що призначена для піднімання і опускання вантажів. Укажіть, який із блоків рухомий, а який – нерухомий. Зобразіть сили, що діють на рухомий блок і вантаж. Яку силу потрібно прикласти, щоб підняти вантаж? Як зміниться відповідь у задачі, якщо використати не один рухомий блок, а два або чотири?



Мал. 292

388. У яких слюсарних і столярних інструментах використовують властивості клина? Запишіть назви цих інструментів і вкажіть, яка частина інструмента є клином.

389. На малюнку 293 зображено верф Миколаївського кораблебудівного заводу, де будують кораблі різних типів. Розгляньте малюнки й дайте відповіді на запитання. Які прості механізми використовуються під час будівництва кораблів? Чому конструкції зображених кранів відрізняються від конструкції інших підйомних кранів?

390. Розгляньте руль, педаль і передачу велосипеда. У якому із цих механізмів досягають виграшу в силі, а в якому – у швидкості? Поясніть.

391. На кінцях важеля діють сили 2 Н і 18 Н. Довжина важеля дорівнює 1 м. Де міститься точка опори, якщо важіль перебуває в рівновазі?

392. Який виграш у силі дає гідравлічний прес, площі поршнів якого дорівнюють 2 см² і 40 см²? Масло нагнітається за допомогою важеля, плечі якого дорівнюють 10 см і 50 см.

393. Гідравлічний домкрат приводиться в дію за допомогою важеля, плечі якого дорівнюють 10 см і 50 см. Площа більшого поршня в 160 разів перевищує площу меншого поршня. Який вантаж можна підняти цим домкратом, діючи на рукоятку із силою 200 Н?



Мал. 293

394. Користуючись важелем, підняли вантаж на висоту 8 см. При цьому сила, що діє на довше плече, виконала роботу 180 Дж. Визначте вагу піднятого вантажу, а також силу, що діє на довше плече, якщо точка прикладання цієї сили опустилася на 2 м.

395. Прямий шматок дроту, маса якого дорівнює 200 г, підвішено на нитці за середину. Дріт перебуває в рівновазі. Лівий кінець дроту зігнули навпіл так, що він розмістився паралельно іншій частині дроту й кінець його збігався з точкою підвісу. Яку силу треба прикласти до правого кінця дроту, щоб відновити рівновагу?

396. За допомогою нерухомого блока піднімають з води гранітну плиту, об'єм якої дорівнює $0,03 \text{ м}^3$. Яку силу прикладають робітники, коли плита перебуває у воді? Коли плита перебуває над поверхнею води?

397. Вантаж якої маси можна підняти за допомогою рухомого блока, вага якого дорівнює 20 Н, прикладаючи до вільного кінця мотузки силу 210 Н? Тертя не враховувати.

398. Хлопчик везе санки вгору, прикладаючи силу 600 Н. Довжина гори – 60 м, висота – 12 м, вага санок з вантажем – 3600 Н. Визначте ККД гори.

399. Висота похилої площини – 1,2 м, а довжина – 10,8 м. Щоб підняти по цій площині вантаж масою 180 кг, потрібна сила 250 Н. Визначте ККД похилої площини.

400. Яку роботу треба виконати, щоб підняти вантаж масою 150 кг на висоту 5,6 м, використовуючи нерухомий блок, ККД якого дорівнює 84 %?

401. За допомогою рухомого блока піднімають вантаж масою 120 кг на висоту 15 м. Визначте роботу, яка при цьому виконується, якщо ККД блока дорівнює 90 %.

402. Піднімаючи вантаж за допомогою похилої площини на висоту 2,5 м, виконують роботу 6 кДж. Визначте вагу вантажу, якщо ККД похилої площини дорівнює 55 %.

403. Похилою площиною переміщують вантаж, вага якого дорівнює 3,5 кН, на висоту 1,4 м. Обчисліть виконану при цьому роботу, якщо ККД похилої площини становить 60 %.

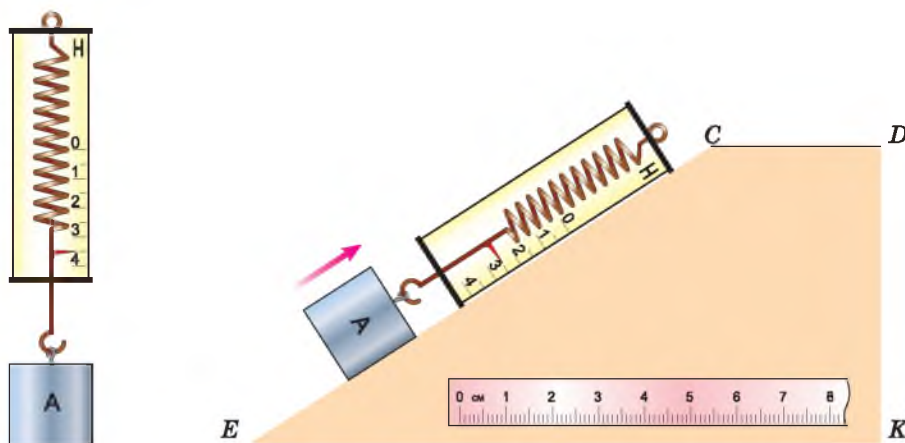
404. Вантаж, маса якого дорівнює 1,2 кг, учень рівномірно перемістив до вершини похилої площини завдовжки 0,8 м і заввишки 0,2 м. При цьому переміщенні сила напрямлена паралельно до похилої площини й дорівнює 5,4 Н. Обчисліть ККД учня.

405. Під час рівномірного переміщення вантажу масою 15 кг по похилій площині динамометр, прив'язаний до вантажу, показував силу 40 Н. Обчисліть ККД похилої площини, якщо довжина її дорівнює 1,8 м, висота – 30 см.

406. Знайдіть ККД гідроелектростанції, якщо витрата води становить $6 \text{ м}^3/\text{с}$, напір води – 20 м, а потужність станції – 880 кВт.

407. Піднімаючи за допомогою рухомого блока відро з піском вагою 200 Н на висоту 5 м, виконують роботу 1020 Дж. Визначте: а) силу тертя в блоці; б) ККД установки.

408. Обчисліть ККД важеля, за допомогою якого вантаж масою 245 кг рівномірно підняли на висоту 6 см, при цьому до довшого плеча важеля приклали силу 500 Н, а точка прикладання цієї сили опустилася на 0,3 м.



Мал. 294

409. За допомогою рухомого блока піднімають вантаж, прикладаючи силу 154 Н. Визначте вагу вантажу, якщо сила тертя дорівнює 16 Н.

410. Тіло А підвісили до динамометра, а потім підняли по похилій площині з рівня EK на рівень CD (мал. 294). Визначте ККД похилої площини. Елементи площини та лінійку на малюнку зображено в однаковому масштабі.

ІСТОРИЧНА ДОВІДКА

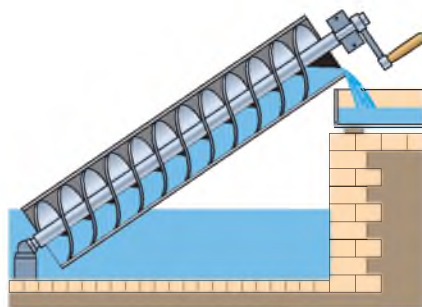
З життя вчених

Одним з найвеличніших механіків світу був знаменитий Архімед (близько 287–212 рр. до н. е.). Ще навчаючись в Александрії (Єгипет), свої чудові наукові знання Архімед застосовував для конструювання багатьох машин. Зокрема, учений винайшов нескінченний гвинт та водопідйомну машину, названу архімедовим гвинтом (мал. 295).

Водопідйомна машина Архімеда – це циліндрична труба завдовжки 4–6 м, відкрита з обох боків. По осі труби розміщено вал із гвинтовою поверхнею. Один кінець гвинта розташовували в тому місці, куди мала підніматися вода, інший кінець опускали в рідину.

Під час обертання гвинта вода піднімалася вздовж труби і виливалася з верхнього отвору. Отже, дія гвинта базується фактично на принципі похилої площини. Гвинт Архімеда мав перевагу над поршнеvim насосом, оскільки давав змогу здійснювати підйом забрудненої гілками води. Цим винаходом Архімеда ми користуємося і донині у звичайних кухонних м'ясорубках.

Після повернення до Греції знаменитий учений жив у рідному місті Сиракузах на о. Сицилія в Середземному морі. За легендою, Архімед, захоплений своїми дослідженнями, одного разу заявив царю Сиракуз Гідрону, що міг би перевернути Землю, якби він мав точку опори. Здивований цар запропонував Архімедові продемонструвати йому, як за допомогою малої сили можна піднімати великі вантажі. Архімед погодився і наказав витягнути на берег царську вантажну



Мал. 295

трієру, посадити на неї увесь екіпаж і завантажити корабель. Розмістившись на певній відстані, Архімед, рухаючи рукою блок, що був сполучений із системою механізмів, почав тягнути до себе корабель так тихо та рівно, немов той плыв по воді. Захоплений побаченим, цар Гідрон запропонував Архімеду сконструювати для нього військові машини, які можна було б використовувати для оборони Сиракуз. На той час Сиракузи брали участь у Другій пунічній, або Ганнібаловій війні, де однією воюючою стороною були римляни, а другою – карфагеняни. У цю війну було втягнуто багато народів Західного Середземномор'я (іспанців, галлів, греків, македонців). Один з визначних полководців світу – Ганнібал здійснив важкий військовий похід з Іспанії через Альпи до Італії, де йому вдалося розгромити три римські армії. У відповідь римляни в 213 р. до н. е. розпочали осаду грецького міста Сиракузи.

Без сумніву, Архімеда можна назвати також родоначальником статистики. Він перший запропонував теорію важеля і, зокрема, сформулював закон важеля: «Вимірювані величини ваг перебувають у рівновазі, якщо відстані від точок їх прикладання до точки опори обернено пропорційні цим вагам». Праці Архімеда дали змогу створити наукову теорію вчення про важелі.

Для захисту рідного міста Архімед винайшов ряд військових машин: катапульти, що викидали на велику відстань каміння різної величини; «журавлині дзьоби», які спускалися на канатах і захоплювали носи ворожих кораблів, розгойдуючи та піднімаючи їх. Елементами всіх цих конструкцій були блоки, гвинти, зубчасті колеса, пружини та водяні двигуни.

Коли римські війська оточили Сиракузи, 75-річний Архімед очолив оборону рідного міста. Механізми, які він сконструював, вразили уяву сучасників. Великі втрати, яких зазнавали римські війська від «залізних лап» і металевих машин Архімеда, призвели, за словами Плутарха, до того, що «римляни стали такі боязкі, що коли помічали, як над стіною рухається канат або колода, то кричали: "Ось, ось воно" – і, думаючи, що Архімед хоче направити на них яку-небудь машину, стрімко тікали».

Кілька місяців тривала облога Сиракуз, і лише через зрадників, які відкрили ворота, римляни змогли увірватися в місто. «Немало прикладів мерзенної злості й мерзенної



Мал. 296

жадоби можна було б пригадати, – пише Тит Лівій (I ст. до н. е.) про пограбування Сиракуз, – але найзначніший між ними – вбивство Архімеда. Серед дикого сум'яття, під крики й тупіт озвірілих солдатів, Архімед спокійно роздумував, розглядаючи накреслені на піску фігури, і якийсь грабіжник заколов його мечем, навіть не підозрюючи, хто це» (мал. 296).



ПЕРЕВІРТЕ СВОЇ ЗНАННЯ

Контрольні запитання

1. У яких випадках можна сказати, що тіло має енергію?
2. Від яких величин залежить потенціальна енергія піднятого над Землею тіла?
3. Від яких величин залежить потенціальна енергія пружно деформованого тіла?
4. Від яких величин залежить кінетична енергія тіла?
5. Які зміни енергії відбуваються під час падіння води з греблі?
6. Для яких фізичних величин одиницею в Сі є 1 джоуль?
7. Що таке машина і механізм? Чим вони різняться? Наведіть приклади використання простих механізмів на будівельному майданчику.
8. Про що свідчить правило рівноваги важеля або правило моментів сил?
9. У чому програвать, користуючись важелем, рухомим блоком, похилою площиною, які дають виграв у силі?
10. У чому полягає «золоте правило» механіки?
11. Чому при застосуванні механізмів для піднімання вантажів і подолання інших опорів корисна робота не дорівнює повній (затраченій)?
12. Що таке коефіцієнт корисної дії (ККД)? Чи може він бути більшим за одиницю?

Що я знаю і вмію робити

Я знаю, які є одиниці фізичних величин.

1. Замість крапок вставте відповідні значення фізичних величин:

$$15 \text{ Дж} = \dots \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad 145 \text{ Вт} = \dots \text{ кВт}; \quad 1 \text{ кВт} = \dots \frac{\text{Дж}}{\text{с}}; \quad 120 \frac{\text{кДж}}{\text{с}} = \dots \text{ Вт};$$

$$12 \text{ МВт} = \dots \text{ Вт} = \dots \frac{\text{Дж}}{\text{с}}; \quad 32 \text{ МДж} = \dots \text{ кДж} = \dots \text{ Дж} = \dots \text{ Вт} \cdot \text{с}.$$

Я вмію визначати механічну роботу, яку виконує тіло, і потужність механізму.

2. Два хлопці масою 40 кг кожен піднялися на гору заввишки 50 м. Один піднімався прямо вгору, а другий ішов угору по спіралі. Який з хлопців виконав більшу роботу? Обчисліть її.

3. Обчисліть «у ватах» потужність серця спортсмена під час змагань, знаючи, що за одне скорочення воно виконує роботу 16 Дж і за одну хвилину робить 240 скорочень.

4. Вітрові електростанції є екологічно чистими й дешевими. Потужність вітродвигуна дорівнює 2 500 000 Вт. Яку роботу може виконати такий двигун за 1 добу?

Я знаю, які є види енергії.

5. За рахунок якої енергії іде годинник, рухається снаряд у стволі гармати, піднімається ракета, тече вода в річці, обертаються крила вітрової електростанції?

Я вмію визначати енергію тіла.

6. Пружину жорсткістю 200 Н/м стиснули на 5 см за допомогою тіла масою 200 г. Якої потенціальної енергії надали пружині? Якої найбільшої швидкості набуде тіло, коли пружина розпрямиться? Якою буде кінетична енергія цього тіла?



Мал. 297

Я знаю, які є прості механізми.

7. Які частини тіл живих організмів можна розглядати як прості механізми?

8. Які прості механізми зображено на малюнку 297? Яке їх призначення?

Я вмю визначати, який виграш у силі дають прості механізми.

9. Визначте виграш у силі під час використання ножиць.

10. Який виграш у силі можна отримати за допомогою важеля завдовжки 2 м, якщо вісь обертання розташована на відстані 20 см від вантажу?

11. Який виграш у силі можна отримати за допомогою системи блоків, яка складається з трьох рухомих і трьох нерухомих блоків?

12. До пружини, закріпленої у штативі, підвісили гирю масою 1 кг (мал. 298). Використовуючи малюнок, визначте: а) видовження пружини; б) які сили діють на гирю; пружину. Зобразіть їх на малюнку; в) значення сили тяжіння, яка діє на гирю; г) коефіцієнт жорсткості пружини; д) значення сили пружності, яка діє на пружину; е) потенціальну енергію гири; є) потенціальну енергію пружини. Порівняйте потенціальну енергію гири та потенціальну енергію пружини. Зробіть висновки.

Я знаю умову рівноваги важеля.

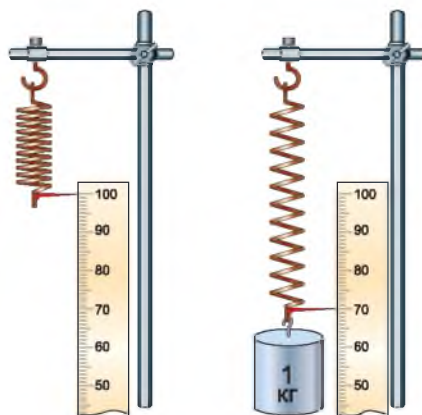
13. До коромисла терезів підвісили два циліндри однакової маси: свинцевий та алюмінієвий. Терези перебувають у рівновазі. Чи порушиться рівновага, якщо обидва циліндри опустити у воду? У гас?

Я вмю визначати ККД простого механізму.

14. У нагнітальному водяному насосі ручка під дією сили 15 Н переміщується на відстань 40 см за один рух поршня. Поршень насоса створює опір 50 Н і піднімається на висоту 10 см. Визначте ККД насоса.

Я вмю конструювати і винаходити.

15. «Бампер». Спереду та позаду легкових автомобілів (мал. 299) встановлюються бампери, які в разі зіткнення транспортних засобів з перешкодами, деформуються, хоча б частково беруть удар на себе і таким чином «гасять» енергію удару. Для кращого поглинання енергії оболонки бамперів можуть наповнюватися пінополіуретаном або іншою пористою речовиною.



Мал. 298

В окремих випадках конструкції бамперів містять у собі пластмасові вставки, пружинні або гідравлічні амортизатори, які пом'якшують удар під час зіткнення автомобіля з перешкодою. Запропонуйте пристрій (бампер, приставку до нього тощо) або ж інші пристрої чи способи, які б максимально убезпечували від травм пасажирів під час зіткнення автомобіля з перешкодою.

16. «ГЕС без греблі». Греблі ГЕС створюють велику кількість екологічних, економічних та інших проблем. Наприклад, підняття греблею рівня води в річці призводить до затоплення значних територій, перешкоджає проходу риби у верхів'я річки під час нересту, створює проблеми для річкового транспорту тощо. Запропонуйте пристрій, який би достатньо ефективно перетворював енергію руху води в інші види енергії, а принцип його дії не потребував би створення гребель.

17. «Енергія вітру». Одним з недоліків вітрових двигунів є шум, що виникає під час обертання їх лопатей, – такої частоти, що дуже негативно впливає на тварин. Запропонуйте свій варіант вітрового двигуна, який би не мав цього недоліку.



Мал. 299



ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Варіант 1

1. У яких з перелічених випадків виконується механічна робота?
А сталева куля котиться по горизонтальному столу
Б цегла лежить на землі
В кран піднімає вантаж
Г вантаж висить на нитці
2. Повітряний потік підняв яструба масою 400 г на висоту 70 м. Яку роботу виконала сила, що підняла птаха?
А 280 Дж **Б** 28 Дж **В** 2,8 Дж **Г** 300 Дж
3. Яку потужність розвиває людина, яка за 15 с піднімає відро води вагою 120 Н з колодязя завглибшки 20 м?
А 160 Вт **Б** 90 Вт **В** 360 Вт **Г** 120 Вт
4. Яку роботу може виконати двигун мопеда потужністю 600 Вт за 5 хв?
А 180 кДж **Б** 3000 Дж **В** 1800 Дж **Г** правильної відповіді немає
5. Якої маси тіло підняли на висоту 10 м над Землею, якщо його потенціальна енергія дорівнює 1200 Дж?
А 120 кг **Б** 1,2 кг **В** 12 кг **Г** 1200 кг
6. Якої потенціальної енергії надали пружині жорсткістю 100 Н/м, якщо її розтягнули на 10 см?
А 10 Дж **Б** 1 Дж **В** 0,1 Дж **Г** 0,5 Дж
7. Автомобіль масою 2 т рухається зі швидкістю 20 м/с. Яка його кінетична енергія?
А 80 кДж **Б** 800 кДж **В** 40 кДж **Г** 400 кДж
8. Яку силу треба прикласти до важеля завдовжки 2 м, щоб підняти камінь масою 100 кг, якщо точка опори розташована на відстані 40 см від каменя?
А 25 Н
Б 250 Н
В 2500 Н
Г правильної відповіді немає
9. Який вантаж можна підняти, використавши рухомий і нерухомий блоки й приклавши силу 200 Н?
А 20 кг **Б** 200 кг **В** 100 кг **Г** 40 кг
10. Який з простих механізмів належить до похилої площини?
А блок **Б** клин **В** важіль **Г** немає таких
11. Яку корисну роботу треба виконати, щоб підняти на висоту 2 м по похилій площині бочку масою 200 кг?
А 200 Дж **Б** 400 Дж **В** 4000 Дж **Г** 40 кДж
12. Висота похилої площини дорівнює 1 м, а довжина – 10 м. Щоб підняти по цій площині вантаж масою 150 кг, потрібна сила 250 Н. Визначте ККД похилої площини.
А 56 % **Б** 60 % **В** 75 % **Г** правильної відповіді немає

Варіант 2

1. У яких з наведених випадків виконується механічна робота?
А сталева кулька, випущена з рук, падає на землю
Б на столі стоїть гиря
В по гладенькій горизонтальній поверхні скла котиться металева кулька
Г людина, яка стоїть на місці, тримає на плечах мішок із цукром
2. Робітник за допомогою рухомого блока підняв вантаж на висоту 1 м, приклавши до вільного кінця мотузки силу 160 Н. Яку роботу він виконав?
А 80 Дж Б 160 Дж В 240 Дж Г 320 Дж
3. Яку потужність розвиває трактор, рівномірно рухаючись на першій швидкості ($v = 3,6$ км/год), якщо сила тяги трактора дорівнює 12 кН?
А 12 кВт Б 43,2 кВт В 120 кВт Г 1,2 кВт
4. Яку роботу виконує серце людини потужністю 1 Вт за 10 хв?
А 1,6 Дж
Б 0,0016 Дж
В 0,016 Дж
Г правильної відповіді немає
5. На яку висоту підняли тіло масою 2 кг над Землею, якщо його потенціальна енергія дорівнює 600 Дж?
А 300 м Б 30 м В 3 м Г 3000 м
6. Пружину жорсткістю 40 Н/м стиснули на 5 см. Яка її потенціальна енергія?
А 2 Дж Б 1 Дж В 0,05 Дж Г 0,9 Дж
7. Трактор масою 10 т рухається зі швидкістю 5 м/с. Яка його кінетична енергія?
А 250 кДж Б 25 кДж В 12,5 кДж Г 125 кДж
8. Яку силу треба прикласти до лома завдовжки 1,2 м, щоб підняти бетонний блок масою 250 кг, якщо точка опори розташована на відстані 20 см від блока?
А 200 Н
Б 2500 Н
В 1000 Н
Г правильної відповіді немає
9. Який вантаж можна підняти, використавши рухомий і два нерухомих блоки та приклавши силу 100 Н?
А 20 кг Б 10 кг В 100 кг Г 40 кг
10. Який із простих механізмів є важелем?
А блок Б клин В гвинт
11. Яку корисну роботу треба виконати, щоб підняти на висоту 3 м по похилій площині колоду масою 400 кг?
А 1200 Дж Б 12 кДж В 4000 Дж Г 120 кДж
12. Висота похилої дороги дорівнює 10 м, а довжина – 100 м. Щоб підняти по цій площині автомобіль масою 1000 кг, потрібно прикласти силу 2500 Н. Визначте ККД похилої дороги.
А 50 % Б 60 % В 40 % Г правильної відповіді немає

ФІЗИЧНІ ЗАДАЧІ НАВКОЛО НАС

1. Чи є у вас удома однакові тіла, виготовлені з різних речовин? Назвіть такі тіла й речовини, з яких їх виготовлено.

2. Яка речовина має різні назви залежно від того, у якому стані вона перебуває?

3. Чому цукор і сіль швидше розчиняються в гарячій воді, ніж у холодній?

4. Чому солоний оселедець, якщо його покласти на деякий час у воду, стає менш солоним?

5. Людина сидить у рухомому автомобілі. Відносно яких тіл вона перебуває в русі, а відносно яких – у спокої?

6. Для економії часу в жнива автомобіль навантажується зерном з комбайна на ходу. Поясніть: а) чи рухається автомобіль відносно комбайна; б) чи рухаються автомобіль і комбайн відносно стерні; в) чи рухається зерно відносно автомобіля.

7. Під час руху комбайна зрізані стеблини вкладаються на транспортер, який переміщує їх перпендикулярно до напрямку руху машини. У якому напрямі рухатимуться зрізані стеблини відносно поверхні землі?

8. Як можна визначити напрям руху хмари на небосхилі?

9. Який вид має траєкторія руху: а) точки на ободі колеса, що вільно обертається; б) найдальшої точки від осі на протекторі колеса автомобіля, що рухається горизонтально без ковзання; в) точки на осі колеса рухомого автомобіля?

10. Чи можна вважати рівномірним рух: а) ескалатора метро; б) трамвая; в) птаха в повітрі; г) велосипедиста; д) стрічки транспортера?

11. Учень уранці пішов з дому до школи, а після уроків тим самим шляхом повернувся. Який шлях пройшов учень і яке він здійснив переміщення?

12. Яких значень набуватимуть шлях і переміщення в попередній задачі, якщо учень тільки прийшов до школи?

13. Середня відстань від Землі до Сонця дорівнює 150 000 000 км. Яке переміщення здійснить у просторі Земля протягом півроку й року?

14. Краплі дощу, які падають вертикально, утворюють на вікнах рухомого трамвая смуги під кутом 45° до вертикалі. Якою є швидкість трамвая порівняно зі швидкістю падіння крапель?

15. З літака скидають контейнер. Якою буде траєкторія руху вантажу, якщо систему відліку пов'язати з: а) літаком; б) контейнером; в) Землею?

16. Восьминоги, кальмари, каракатиці та деякі інші істоти похмурих глибин моря переміщуються подібно до ракети, із силою викидаючи воду, яку набирають через рот. Чи може такий спосіб переміщення забезпечити їм велику швидкість руху в товщі води?

17. Намотуючи нитку на котушку, слід поступово зменшувати швидкість її обертання. Чому?



Мал. 300



Мал. 301

18. На будівництві після заливання бетону у форму в нього занурюють невелике тіло (прилад) і надають йому швидких коливань. Для чого використовується цей вібратор (мал. 300)?

19. Чому лікар може, тримаючи пальці на руці хворого, полічити число ударів серця за хвилину?

20. Щоб гойдатися на гойдалці, слід спочатку довести її коливання до певної амплітуди, а потім уже підтримувати їх. Як це робиться?

21. Для чого в бабки на кінцях крил є потовщення (птеростигми)?

22. Людина стрибнула з великого моторного човна на берег річки. Що можна сказати про швидкості, яких набули човен і тіло людини?

23. Чи однаково стискаються буфери однакових вагонів при зіткненні, якщо: один з них нерухомий; один порожній, а другий навантажений?

24. Чому важко розбити горіх на м'якій опорі й легко – на твердій?

25. Для чого чоботар, прибиваючи підметку, надіває чобіт на залізну лапку (мал. 301)?

26. Веслувальник, стоячи однією ногою на пристані, другу ставить на човен і відштовхується від пристані. У якому випадку йому зручніше сісти в човен: коли човен порожній чи коли в човні є люди?

27. Для чого спортсмен у момент стрибка змахує руками? Чому в кінці стрибка спортсмен опускається на зігнуті ноги (мал. 302)?

28. Є такий цирковий номер: на груди актора кладуть важке ковадло й починають бити по ньому молотом. Чому ж удар молотом по важкому ковадлу виявляється для людини зовсім не шкідливим, тоді як такий самий удар безпосередньо по тілу був би смертельним?



Мал. 302

29. На столику залізничного вагона стоїть склянка чаю. Якою буде поверхня чаю в склянці, коли потяг сповільнюватиме рух?



Мал. 303



Мал. 304

30. Як лисиця використовує довгий пухнастий хвіст під час бігу (мал. 303)?

31. Їдучи в дощ тролейбусом чи трамваєм, пасажери помічають, що вода, яка збирається на даху, виливається то спереду, то ззаду вагона. Як це пояснити?

32. Поясніть зміст прислів'я: «Коси, коса, доки роса» (мал. 304).

33. Чому коса при швидкому русі перерізає стебла рослин, а при повільному не може цього зробити?

34. Чому швидка їзда містом більш безпечна для легкових автомобілів, але може виявитися небезпечною для вантажних?

35. На якому явищі ґрунтується процес забивання цвяха в деревину (мал. 305)? Палі в ґрунт?

36. Чи однаково обмиваються береги річки на її повороті (мал. 306)?

37. Чим пояснюється течія води в річці?

38. Члени екіпажу «Аполлон-12» А. Конрад та А. Бін розповідали, що на поверхні Місяця легко ходити, але й легко втратити рівновагу. Як це пояснити?

39. Підстрибуючи вгору, людина надає земній кулі певної, хоч і надзвичайно малої, швидкості. Як змінюється швидкість земної кулі під час руху людини вгору?

40. Чи зникає сила тяжіння в стані невагомості?

41. Іноді доводиться підпирати гілки яблунь, коли яблука починають дозрівати (наливатися). Для чого це робиться?



Мал. 305



Мал. 306



Мал. 307



Мал. 308

42. Чому для спортивних стрибків у воду з трампліна використовується пружиниста стартова долівка (мал. 307)?

43. За рахунок чого, стрибаючи на батуті, спортсмен може стрибати на велику висоту?

44. Гімнаст виконує оберти на турніку. Куди напрямлена та якого значення набуватиме сила пружності у верхній і нижній точках траєкторії гімнаста (мал. 308)?

45. Чому квочка не боїться роздушити яйця, тоді як слабке курча легко пробиває шкаралупу яйця зсередини?

46. Після припинення дії сили трава відновлює свою форму. Яка властивість трави проявляється при цьому?

47. Чи має риба у воді вагу?

48. Чому взимку гілки дерев часто опускаються донизу?

49. Чому в гепарда кігті не втягуються, як, наприклад, у котів?

50. Для чого взимку дороги й тротуари посипають піском?

51. Чому купа гречки має велику крутизну, гороху – дещо меншу, а проса – зовсім малу?

52. Чи однакова швидкість течії річки вздовж усієї ширини?

53. Шкідливою чи корисною є сила тертя в таких випадках: а) тертя між лижами й снігом; б) тертя на гвинті слюсарних лещат; в) тертя на гвинті домкрата, яким піднімають автомобіль; г) тертя на колесах шасі літака під час зльоту й під час посадки?

54. Куди напрямлена сила тертя під час руху лижника в таких випадках: а) нога з лижею рухається вперед, потім зупиняється, а друга нога починає рухатись; б) лижник обходить перешкоду, нахилившись убік і рухаючись по дузі; в) лижник відштовхується перед стрибком з трампліна; г) лижник гальмує свій рух після спуску або приземлення?

55. Народи Далекої Півночі використовують лижі, підбиті хутром оленя так, щоб шерсть мала напрям спереду-назад. Поясніть значення такого використання хутра.

56. Яке тертя – коліс об поверхню дороги чи тертя в підшипниках (або осей у втулках) – переважає, коли: а) автомобіль рухається ґрунтовою дорогою; б) автомобіль рухається гладенькою кригою і його колеса не рухаються; в) колеса автомобіля пробуксовують?

57. Чому сучасні літаки літають на великих висотах?



Мал. 309



Мал. 310

58. Як стає у пригоді диким свиням міцна шкіра із жорсткою гладенькою щетиною (мал. 309)?

59. Газелі мають дуже маленькі копитця. Що це їм дає (мал. 310)?

60. Чому людина, наступивши на сухий горох, може посковзнутися?

61. Чому дерев'яні колоди, бочки зручніше перекочувати, ніж тягти?

62. Щоб надійніше зав'язати мотузку, роблять подвійний вузол. Чому?

63. Сила тертя кочення менша, ніж ковзання. Чому ж узимку можна бачити, як колесо воза не котиться, а ковзає?

64. Чому тіло риби вкрите слизом?

65. Чому важко тримати в руках живу рибу?

66. Чому підошви лап білого ведмедя вкриті довгою жорсткою щетиною?

67. Яке призначення мазі, якою змащують лижі?

68. У момент розкриття парашута парашутист зазнає значного перевантаження. Чим це пояснити?

69. Чому при великих швидкостях руху автомобіля сила зчеплення коліс з поверхнею дороги зменшується?

70. Чому птах, сідаючи на землю та злітаючи, розправляє крила (мал. 311)?

71. Чому гірськолижник під час спуску з гори нахиляється до землі (мал. 312)?

72. Чому в тюленя немає вушних раковин (мал. 313)?

73. Чому людина зі слизької гірки вимушена збігати, а з посипаної піском сходить повільно? Визначте сили, що діють на людину, яка перебуває на гірці.



Мал. 311



Мал. 312



Мал. 313



Мал. 314



Мал. 315

74. По тонкому льоду людина може переповзти на животі (мал. 314). Чому небезпечно йти по ньому ногами?

75. Чому тонким льодом нещодавно замерзлого водоймища можна перебраться біжучи, але небезпечно йти (мал. 315)?

76. Чи зміниться навантаження на наше тіло, якщо ми в одному випадку нестимо два відра з водою в руках, а в іншому – на коромислі?

77. Чому мисливські лижі роблять ширшими за спортивні?

78. Чому гуси та качки проходять болотом легко, тоді як курям зробити це набагато важче?

79. Для покращення ходових якостей автомобілів під час руху болотистими або піщаними дорогами учені запропонували змінювати тиск у шинах коліс, особливо ведучих. Як це пояснити?

80. Падаючи на пісок, людина відчуває удар не так сильно, як під час падіння на твердий ґрунт. Чому?

81. Чому при відносно невеликих розмірах тіла лапи в росамах широкі?

82. Чому плечові ремені рюкзака роблять досить широкими?

83. У відомому цирковому трюку артист лягає на дошку із цвяхами. У якому випадку він відчуває менший біль: коли цвяхів більше чи менше?

84. Чи змінюється тиск людини на ґрунт, коли вона стоїть і коли йде?

85. Чому великі кістки кінцівок людини, які рухомо сполучені за допомогою суглобів, мають на кінцях потовщення?

86. Чому маленька бджола створює своїм жалом великий тиск?

87. Чому взимку невідкований кінь ковзає на слизькій дорозі, а підкований – ні (мал. 316)?

88. Чому овес у сильний вітер не так вилягає, як пшениця або жито?

89. Чому дерева часто валяться від вітру в густому лісі, а на відкритих місцях витримують значно сильніші вітри?



Мал. 316



Мал. 317

90. Коли вітер частіше ламає дерева – улітку чи взимку (мал. 317)?

91. Чому буря, що валить живі дерева, часто не може звалити сухе дерево без листя?

92. Чому великий тиск води в морських глибинах не сплющує риб?

93. Чому деякі риби, спливаючи на поверхню моря, щоб вивести потомство, розриваються?

94. На яку максимальну глибину може опуститися водолаз? Підводний човен?

95. Чи однакові розміри плавального міхура риби, коли вона перебуває на різних глибинах моря?

96. Чому вибух під водою нищить живі істоти, які там живуть?

97. Чи однаково навантажене серце жирафа, коли його голова піднята? Опущена?

98. Під час переливання крові посудина з нею тримається значно вище від голки, за допомогою якої кров уводять в організм хворого. Для чого це робиться?

99. На столі стоїть посудина з водою. Як за допомогою гумової трубки перелити воду із цієї посудини в іншу?

100. У Національному дендрологічному парку «Софіївка» м. Умані серед ставу стоїть кам'яна брила, на якій лежить змія. З порожнини рота змії б'є потужний фонтан. Який фізичний закон тут діє?

101. Чому лосі досить легко можуть ходити болотом?

102. У лося між двома частинками роздвоєної ратиці є міцна перетинка. Яку функцію вона виконує?

103. Чому атмосферний тиск у центрі великих міст нижчий, ніж на околицях?

104. Поясніть механізм дихання у людини й тварини.

105. Які фізичні процеси відбуваються в організмі людини й тварини під час пиття?

106. Чому під час сходження на високу гору нормальна діяльність суглобів порушується – руки й ноги стають неслухняними, легко може статися вивих?



Мал. 318

107. Павук-сріблянка – єдиний павук, який живе у воді. Він споруджує для себе будиночок у формі ковпачка, наповненого повітрям і відкритого знизу (мал. 318). Чому вода не затоплює цей будиночок?

108. Чому артилеристи під час пострілу гармати відкривають рота?

109. Чому під час набирання висоти літаком, кабіна якого не герметизована, та перед його посадкою рекомендується смоктати цукерки?



Мал. 319



Мал. 320

110. Чому, коли відкривають пляшку з газованою водою, спостерігається великий потік піни й навіть рідини?

111. Чому, коли доводиться йти по розмоклій глині, важко підіймати ноги?

112. Чому, коли глибоководну рибу (мал. 319) підняти на поверхню, вона розривається або її міхур виходить назовні?

113. Чому в річці з мулистим дном ви грузнете сильніше на міліні, ніж на глибині?

114. Підводний човен, опустившись на мулисте дно, іноді ледь-ледь може відірватися від нього. Чому?

115. У земних умовах для випробувань космонавтів у стані невагомості застосовують різні способи. Один з них полягає в тому, що космонавт у спеціальному скафандрі занурюється у воду (мал. 320), у якій він не тоне і не спливає. За яких умов це можливо?

116. Для запуску зондів на значні висоти їх кулі заповнюють газом частково. Чому на цих висотах кулі округлюються і навіть можуть лопнути?

117. За певних кліматичних умов овочі іноді розтріскуються. Чому це трапляється?

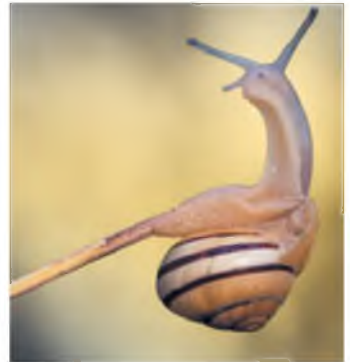
118. Серце космонавта в умовах невагомості працює з набагато меншими витратами енергії, ніж за звичайних умов. Як це пояснити?

119. Чим пояснити зменшення атмосферного тиску при підніманні вгору порівняно з тиском унизу?

120. Що відбувається з легенями пілота, коли він піднімається літаком угору над Землею без спеціального костюма?

121. У слона коротка шия, що заважає йому нагинатися до водоймищ, щоб напиться. Як же йому вдається напиться?

122. Як утримується равлик на поверхнях інших тіл (мал. 321)?



Мал. 321



Мал. 322

123. Існують риби-причепи, які пересуваються за чужий рахунок. У них передній спинний плавець видозмінений в овальну присоску. В овальному диску є пластинки. Яку роль відіграють вони під час приєднання до інших живих істот (мал. 322)?

124. Коли легше утримувати відро під час занурення його у криницю: коли воно перебуває в повітрі чи коли воно занурене у воду? Чому?

125. Чому у водоймищі із заболоченим дном людина на глибокому місці грузне значно менше, ніж на мілкому?

126. Чому людина, набравши повні легені повітря, може вільно лежати на поверхні води, а коли випустить повітря – занурюється?

127. Герой роману О. Беляєва «Людина-амфібія» розповідає: «Дельфіни на суші значно важчі, ніж у воді. Взагалі у вас тут усе важче, навіть власне тіло». Чи правий автор роману?

128. Чому людина, перш ніж плавати, має вчитися цього, а тварина, уперше потрапивши у воду, одразу пливе?

129. Чому водорості мають тонкі й довгі стебла, а не товсті й міцні?

130. Чому на суходолі не живуть такі гігантські істоти, як кити?

131. Чому важко занурити у воду відро догори дном?

132. Чому вареники через деякий час після того, як їх кинули в окріп, піднімаються на поверхню?

133. Чому, коли ми ходимо по дну з дрібною галькою на глибині, не відчуваємо болю, а вийшовши на берег, відчуваємо?

134. Чому плавець, пірнувши на глибину, відчуває біль у вухах?

135. Чому в улоговинах і долинах уночі буває холодніше, ніж на височинах?

136. Відомо, що молоко в посудині із часом розшаровується за висотою стовпа рідини, причому вершки збираються у верхніх шарах біля поверхні молока. Як це пояснити?

137. Крокодили іноді ковтають камінці, маса яких складає близько 1 % від маси їх тіла. Для чого вони це роблять?

138. Для чого водоплавні птахи перед зануренням у воду притискають крила до тіла й видихають повітря з легенів (мал. 323)?

139. Спортсмен, щоб подолати більшу висоту, має розбігтися. Чому?

140. Чому навантажений автомобіль витрачає більше пального на одній і тій самій ділянці шляху, ніж ненавантажений?

141. За рахунок якої енергії забивають цвях у деревину?

142. Чому куля, що вилетіла з гвинтівки, має велику пробивну здатність?



Мал. 323

143. Чому людині легше переміщуватися рівною дорогою, ніж підніматися вгору?

144. Який автомобіль легше загальмувати – порожній чи навантажений, коли вони рухаються з однаковими швидкостями?

145. Чи однакову енергію витратить хлопчик, якщо він рухатиме санки одним і тим самим шляхом з різними швидкостями?

146. Чому футболіст перед тим, як вибити якомога далі м'яч від воріт, розбігається?

147. Які перетворення енергії відбуваються під час пострілу з гвинтівки?

148. Коли доводиться виконувати більшу роботу: якщо дерев'яну колоду тягти волоком чи перекичувати?

149. Чому під час дощу, коли автомобіль раптово гальмує, потік води заливає вітрове скло?

150. Чому не слід швидко опускатися жердиною або канатом, охопивши їх руками?

151. Щоб забити цвях у тонку дощечку, не розколовши її, рекомендується спочатку обрубати зубилом загострений кінчик цвяха. Чому такий цвях не розколює дощечку?

152. Як легше перемістити навантажений віз: штовхати його чи прикладати зусилля до верхньої частини ободу колеса?

СЛОВНИК ФІЗИЧНИХ ТЕРМІНІВ

А

Аеростат – апарат для повітроплавання, легший за повітря, наповнюється воднем або гелієм.

Амплітуда коливань A – це найбільше відхилення тіла від положення рівноваги під час коливань. Одиницею амплітуди коливань у СІ є один метр (1 м).

Ареометр – прилад для вимірювання густини рідини за глибиною його занурення в рідину.

Атмосфера Землі – повітряна оболонка навколо Землі, яка обертається разом із Землею як єдине ціле.

Атмосферний тиск p – тиск, який чинить атмосфера на всі тіла, що в ній знаходяться; він урівноважується ртутним стовпом висотою 760 мм при температурі 0 °С.

Атом – найменша частинка хімічного елемента.

Б

Барограф – прилад для автоматичного неперервного запису змін атмосферного тиску.

Барометр – прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Барометр-анероїд – безрідинний прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Батискаф – глибоководний самохідний апарат для проведення досліджень у морях і океанах.

Батисфера – міцна сталева камера, обладнана спеціальною апаратурою для спостережень під водою; опускається з корабля на сталевому тросі.

Блок – простий механізм у формі колеса з жолобом, через який перекинута ланцюг, трос або мотузку.

Броунівський рух – безладний рух частинок, завислих у рідині або газі, під впливом ударів молекул оточуючого середовища.

В

Вага тіла P – сила, з якою тіло внаслідок притягання до Землі діє на опору або підвіс.

Важіль – це тверде тіло, яке може обертатися навколо нерухомої опори.

Ватерлінія – лінія перетину корпусом судна поверхні води; показує межу занурення у воду навантаженого судна.

Взаємодія – фізичне явище, яке ґрунтується на взаємодії тіл між собою, що приводить до зміни їх руху або деформації.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювання, який дає можливість відлічувати значення вимірюваної величини.

Вимірювання – знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою приладів або інструментів.

Вільні коливання – коливання, які відбуваються в коливальній системі за рахунок взаємодії між тілами, що її утворюють.

Всесвітнє тяжіння – явище притягання всіх тіл Всесвіту одне до одного.

Г

Гвинт – простий механізм, різновид похилої площини.

Гідравлічна машина – машина, яка дає вигравш у силі у стільки разів, у скільки площа її великого поршня більша за площу малого.

Гідравлічний прес – гідравлічна машина, призначена для пресування (стискування) пористих тіл (усередині яких є порожнечі).

Гідростатичний тиск p – тиск рідин, зумовлений силою тяжіння.

Густина речовини ρ – фізична величина, яка визначається відношенням маси тіла до його об'єму.

Д

Деформація – зміна форми або розмірів твердого тіла під дією сил або температури.

Динамометр – прилад для вимірювання сил.

Дифузія – фізичне явище взаємного проникнення речовин унаслідок теплового руху частинок речовини.

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

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

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

Е

Експериментальний метод – метод, який дає змогу одержати нові знання за допомогою проведення досліду (експерименту).

Енергія E – фізична величина, що показує, яку роботу може виконати тіло або кілька тіл.

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

З

Закон Гука: сила пружності прямо пропорційна деформації (видовженню) тіла (пружини) і напрямлена протилежно напрямку переміщення частинок тіла під час деформації.

Закон збереження механічної енергії: якщо ізольовані від зовнішнього впливу тіла взаємодіють між собою силами тяжіння і пружності, то їх повна механічна енергія залишається незмінною під час руху, тобто завжди справджується співвідношення: $E = E_{\text{п}} + E_{\text{к}} = \text{const}$. При цьому енергія не створюється з нічого і не зникає, а тільки переходить з потенціальної в кінетичну енергію і навпаки.

Закон Паскаля: тиск, створюваний на рідину або газ зовнішніми силами, передається рідиною або газом однаково в усіх напрямках.

Закон сполучених посудин: у сполучених посудинах вільні поверхні однорідної рідини встановлюються на одному рівні.

Зважування – вимірювання маси за допомогою терезів.

«Золоте правило» механіки: жодний з простих механізмів не дає ви-
грашу в роботі: у скільки разів виграємо в силі, у стільки само разів про-
граємо у відстані.

I

Інертність – це властивість тіла, яка полягає в тому, що для зміни його
швидкості під час взаємодії з будь-якими іншими тілами потрібен певний
час.

Інерція – фізичне явище збереження тілом спокою або руху за відсут-
ності дії зовнішніх тіл.

K

Кінетична енергія E_k (з грец. *кінетікос* – той, що надає руху) – це
енергія, яку має тіло внаслідок власного руху.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізму η – відношення корисної ро-
боти до повної (затраченої) роботи.

Коловорот – це різновид важеля. Він призначений для одержання ви-
грашу в силі.

L

Лінія дії сили – це пряма, уздовж якої напрямлена сила.

M

Манометр – прилад для вимірювання тиску рідин і газів.

Маса тіла m – це фізична величина, яка характеризує інертність тіла.
Що більша маса тіла, то більш воно інертне.

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

Машина – це механізм або поєднання механізмів для перетворення
енергії з одного виду в інший.

Межі вимірювання – найбільша й найменша величини, які можна ви-
міряти даним інструментом або приладом.

Механізм – це пристрій, що передає рух або перетворює один вид руху
в інший.

Механічна робота A – робота, яка прямо пропорційна прикладеній до
тіла силі й відстані, на яку це тіло переміщується. Одиницею роботи в СІ
є один джоуль (1 Дж).

Механічний рух – зміна положення тіла відносно інших тіл із часом.

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

Молекула – найменша частинка складної речовини; складається з атомів.

Момент сили M – це фізична величина, значення якої визначається
добутком модуля сили, що обертає тіло, та її плеча. Одиницею моменту
сили в СІ є один ньютон-метр (1 Н · м).

N

Негативний йон – атом, який приєднав електрон або кілька електронів.

Нерухомий блок – це блок, вісь якого під час піднімання або опускан-
ня вантажів нерухома.

Нормальний атмосферний тиск p – тиск атмосфери, що дорівнює тиску стовпа ртуті висотою 760 мм при температурі 0 °С. Одиницями атмосферного тиску є 1 мм рт. ст., один паскаль (1 Па) і один гектопаскаль (1 гПа).

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

П

Переміщення точки s – це вектор або напрямлений відрізок прямої, який сполучає початкове положення точки з її кінцевим положенням.

Період коливань T – це найменший інтервал часу, через який певний стан руху тіла повністю повторюється. Одиницею періоду коливань у СІ є одна секунда (1 с).

Період обертання T – це інтервал часу, протягом якого матеріальна точка здійснює один оберт під час рівномірного руху по колу. Одиницею періоду обертання в СІ є одна секунда (1 с).

Періодичні рухи – рухи, під час яких певні положення матеріальної точки повторюються через однакові інтервали часу.

Плавання тіл – стан рівноваги твердого тіла, частково або повністю зануреного в рідину.

Плече сили d – найкоротша відстань від осі обертання тіла до лінії дії сили.

Поділлка шкали – проміжок між двома сусідніми позначками шкали.

Позитивний йон – атом, який втрачає електрон або кілька електронів.

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

Потенціальна енергія $E_{\text{п}}$ (з лат. *потенціал* – можливість) – це енергія, яка визначається взаємним положенням тіл, що взаємодіють, або частин того самого тіла.

Потужність N – фізична величина, яка характеризує швидкість виконання роботи й визначається відношенням роботи до інтервалу часу, протягом якого вона виконувалась. Одиницею потужності в СІ є один ват (1 Вт).

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

Прес – машина для обробки тіл тиском.

Прості механізми – пристрої, призначені для перетворення сили.

Процес – послідовна зміна станів явища природи.

Прямолінійний рівномірний рух – рух, під час якого тіло за будь-які однакові інтервали часу проходить однаковий шлях по прямолінійній траєкторії.

Р

Рівнодійна сила $F_{\text{рівн}}$ – сила, яка справляє на тіло таку саму дію, як і кілька окремих сил, одночасно прикладених до нього.

Рівномірний рух по колу – рух матеріальної точки по коловій траєкторії зі швидкістю, сталою за значенням, але змінною за напрямом.

Робота A – міра зміни механічної енергії тіла.

Рухомий блок – це блок, вісь якого піднімається або опускається разом з вантажем. Рухомий блок дає вигоду у силі в два рази.

С

Середня швидкість руху тіла v_c – швидкість, яка визначається відношенням пройденого ним шляху до повного часу руху.

Сила F – це фізична величина, яка є мірою взаємодії тіл і є причиною зміни швидкостей тіл або їх частин.

Сила пружності $F_{\text{пр}}$ – сила, яка виникає під час деформації тіла й напрямлена протилежно силі, яка викликала цю деформацію.

Сила тертя $F_{\text{тер}}$ – сила, яка виникає під час руху одного тіла по поверхні іншого і напрямлена проти руху.

Сила тяжіння $F_{\text{тяж}}$ – сила, з якою Земля притягує до себе тіла.

Сили опору середовища $F_{\text{оп}}$ – сили тертя, які виникають під час руху тіл у рідині або газі.

Система відліку – тіло відліку, з яким пов'язана система координат, і годинник для вимірювання часу.

Скафандр – індивідуальне герметичне спорядження, яке призначене для роботи під водою або в космосі.

Спідометр – прилад для вимірювання швидкості руху транспортних машин і пройденого шляху.

Сполучені посудини – посудини, з'єднані між собою в нижній частині.

Т

Терези – прилад для вимірювання маси тіла шляхом порівняння її з масою, взятою за одиницю (з масою важків).

Тертя – механічна взаємодія між твердими тілами під час руху одного по іншому.

Тиск p – величина, що визначається відношенням значення сили тиску до площі поверхні, на яку вона діє. Одиницею тиску в СІ є один паскаль (1 Па).

Тіло відліку – тіло, відносно якого розглядається рух іншого тіла.

Точка прикладання сили – це точка, у якій на важіль діє інше тіло.

Трасекторія – неперервна лінія, яку описує тіло під час свого руху.

Ф

Фізика – наука про природу, наука про найзагальніші закони природи.

Ц

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

Ч

Частота коливань ν – величина, яка визначається числом коливань, виконаних системою за одиницю часу. Одиницею частоти коливань у СІ є одиниця, поділена на секунду (1/с), або один герц (1 Гц).

Частота обертання n – величина, що визначається числом обертів, яке матеріальна точка здійснює за одиницю часу під час рівномірного руху по колу. Одиницею частоти обертання в СІ є одиниця, поділена на секунду (1/с).

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

Ш

Швидкість рівномірного руху тіла v – фізична величина, яка визначається відношенням шляху, пройденого тілом, до часу, протягом якого воно рухалося. Одиницею швидкості в СІ є один метр за секунду (1 м/с).

Шестерні – це зубчасті колеса. Їх використовують для регулювання швидкості обертання. Одна шестерня може обертати сусідню з більшою або меншою швидкістю.

Шлюзи (з лат. *шлеузе* – утримую, відокремлюю) – це гідротехнічна споруда для переведення суден по річці або каналу з одного рівня на інший.

Шлях l – довжина траєкторії, яку описує тіло під час руху протягом певного інтервалу часу. Одиницею шляху в СІ є один метр (1 м).

Я

Явище – будь-яка зміна, що відбувається в природі.

ВІДПОВІДІ ДО ЗАДАЧ І ВПРАВ

3. Грім, веселка. 10. 13 см^3 . 15. Завдяки дифузії. 18. При вищій температурі дифузія відбувається швидше. 21. Об'єм; швидкість; об'єм; швидкість; температура. 24. 37. 30. Вода малостислива. 31. За рахунок дифузії ми відчуваємо запах газу. 33. Ні. Збільшується. 34. У воді розчиняється фарба. 35. Ні. 37. Механічним; тілом; рівномірним; однакові. 40. Човен рухається разом з водою, і тому не можна визначити напрям руху човна відносно води, а через туман не можна спостерігати зміни відстані між човном і деякими тілами на березі, вибраними за нерухомі. 41. Рухається. 42. У спокої. Рухається. Пряма лінія. 43. Пряму лінію. 45. Рівномірно прямолінійно. 47. Однаково. 48. 16 м/с . 49. 10 м/с . 52. а) У спокої; б) і в) у русі. У спокої відносно всіх тіл. 55. Кола. 58. Легковий автомобіль рухався вдвічі швидше. 60. 320 год. 61. $50\,544\,000 \text{ м}$. 64. $2,56 \text{ с}$. 66. 1) 50 с ; 2) 125 м ; 3) $1,25 \text{ м/с}$; 5 м/с ; $2,5 \text{ м/с}$. 67. По колу. 70. По прямій лінії. 71. $0,008 \text{ с}$. 72. 74 м/с . 73. 50 Гц . 74. $0,2 \text{ с}$. 75. $1,7 \text{ л/с}$; $0,84 \text{ м/с}$. 76. $0,40 \text{ м}$. 77. 0 ; 5 м/с ; 10 м/с . 78. У 90 разів. 80. $520,8$. 82. Човен рухатиметься від берега, унаслідок взаємодії з людиною. 84. Коли людина йде проти вітру, то відчуває опір. Людина взаємодіє з вітром і землею. 86. Взаємодією рушниць й кулі під час пострілу. 88. Явища інерції. 90. Автобус повернув праворуч. 93. Щоб не занесло на повороті. 96. У 8,4 раза. 97. Латунь – найбільшу; лід – найменшу. 98. 1180 кг/м^3 . 99. 50 кг/м^3 . 102. Ресори розгинаються. 104. Собака більш інертний, тому що має більшу масу. 107. Немає необхідності. 109. Виміряти масу 1 м дроту, а потім моток дроту. 111. 10 кг ; $7,1 \text{ кг}$; 136 кг . 112. $15,6 \text{ кг}$. 113. 122. 114. 28 кг ; $25,2 \text{ кг}$. 115. 5. 116 і 117. Сила тяжіння. 118. Сила тяжіння. Град, повітря, Земля. 122. На молоток $1,4 \text{ кг}$; у 1,6 раза. 124. Мають. 125. 760 Н . 126. 100 Н . 127. 75 кг . 128. 50 Н . 129. Однакову. 130 і 131. Не завжди. 133. Під дією сили тяжіння. 135. Жорсткістю. 136. $121,5 \text{ Н}$. 138. $0,25 \text{ м}$. 139. $2,5 \text{ Н}$. 140. 135 Н . 141. У 146 разів. 142. 37 кг . 143. Вага. 145. а) Однакові; б) однакові; в) різні. 147. Притягуються. 148. На шайбу діє сила тертя. 152. Між крупинками борошна і круп існують сили тертя. 156–160. Щоб збільшити силу тертя. 161. 6 Н . 162. 220 Н . 163. 70 Н . 165. Щоб молоток не ковзав по голівці цвяха. 170. Щоб збільшити тертя. 173. Зменшується сила тертя. 175. Щоб зменшити тертя. 176. 900 Н . 177. У бік сил, рівнодійна яких 710 Н . 178. 900 Н . 179. Прикласти силу до двох динамометрів одночасно. 180. 3 Н ; $0,2 \text{ кг}$. 183. Щоб зменшити тиск локомотива на рейки. 185. На відро без дерев'яної ручки. 186. 1 мм^2 . 187. Найбільше – 60 кН/см^2 , найменше – 6 Н/м^2 . 188. Зайцю. 189. 2400 Н . 190. Потрібно, щоб площа, на яку діє сила, дорівнювала $0,02 \text{ м}^2$. 192. 75 МПа . 194. $19\,444 \text{ Па}$; $38\,000 \text{ Па}$. 195. У 164 575 разів. 196. 450 м^3 . 198. 1 кН ; 2 кН ; 4 кН . 199. 4800 кг . 200–202. Щоб розв'язати задачі, правильно визначте масштаб малюнків. 203. Вона може тріснути. 205. Щоб їх не роздавило. 206. Нижньому. 207. Щоб витримати тиск води. 208. $102\,800 \text{ Па}$. 209. 110 кПа . 210. 74 м . 214. У сирому яйці діє закон Паскаля. 216. Найбільший – у посудині зі ртуттю, найменший – з гасом. 218. Якщо самовар повний, то склянка наповниться окропом швидше. 220. Не змінилися – маса молока, сила тяжіння, вага молока, об'єм молока, сила тиску; змінився тиск. 221. $10,3 \text{ МПа}$; $11,33 \text{ МН}$. 222. $103\,325 \text{ Па}$. 224. За рахунок атмосферного тиску. 227. Тому що відбувається різке зменшення атмо-

сферного тиску. 228. 52,9 мкН. 229. 540 мм рт. ст. 234–235. Для того щоб розв'язати задачу, слід правильно визначити масштаб малюнків. 240. Для того щоб мастило могло виливатися з бідона. 241. Ні. 242. 162 120 Па. 244. 3200 Н. 246. Нагнітальний. 249. 251 000 Па. 251. Щоб трубки не сплющувалися. 252. Тому що на ноги діє виштовхувальна сила, напрямлена вертикально вгору. 254. Щоб легше було занурюватися у воду. 256. Ні. 257. 20 кН; 16 кН. 258. 0,04 м³. 259. 800 кг/м³ (гас). 260. Виливок свинцю спливе у ртуті; дубовий брусок потоне у бензині; шматок льоду потоне в гасі; олія плаватиме на поверхні води. 261. Жир має меншу густину. 264. 1000 м³. 265. 970 м. 266. Ні. 268. Тому що густина газів набагато менша від густини будь-якої рідини. 269. Для регулювання плавання у воді. 271. На картоплину в солоній воді діє більша виштовхувальна сила. 273. Поставити молоко в холодне місце. Склянка молока. 275. Ні. 276. У незбираному. 282. 111,282 МПа. 283. Тому що зменшується опір води. 285. Тому що збільшується їх об'єм. 286. Так. 287. 129 Н. Так. 288. а) Сила тяжіння; б) сила тертя; в) сила, з якою діє спортсмен; г) архімедова сила. 290. Той, що підняв більший вантаж. У 2 рази. 291. 500 Дж. 292. 30 Дж. 293. 3500 Дж. 294. 2,8 кДж. 295. 39,6 МДж. 296. 41 см. 297. 750 Вт. 299. 81 МДж. 300. 576 кДж. 301. 7,2 МДж. 302. 820 кДж. 303. 5 кВт. 304. Однакова. 305. 20 м. 306. При переміщенні тіла на відстань 8 м під дією сили 25 Н. 307. 200 Дж. 308. Не однакову. 309. Спортсмен. 310. 50 Вт. 311. 3 кВт. 312. 150 Вт. 313. 33 кВт. 314. 42,5 кВт. 315. 2,5 кВт. 316. 0,1 мВт. 317. 6000 с = 10 хв. 318. 1250 с. 319. 20 кН. 320. 500 Н. 322. 1 м/с; сила; робота; 1 Дж. 324. За рахунок потенціальної енергії молотка. 325. Тіло масою 5 кг. 328. Щоб не розбити. 329. 300 Дж. 330. 20 кг. 331. 0,32 Дж. 332. 3,5 кДж. 333. 2250 кДж. 334. 2880 Дж. 335. На 150 Дж. 341. Ні. 342. Можуть. 343. Вантажного. 345. Потенціальної енергії. Означає «надати пружині потенціальної енергії». 346. За рахунок потенціальної енергії сокири. 347. Тому що їм легше загальмувати. 348. За рахунок кінетичної енергії. Кінетична змінилася на потенціальну й навпаки. 351. На подолання сил опору з боку лісу. 352. На 3 МДж. 353. Зменшиться в 6 разів. 354. 750 Дж; 150 Дж; 600 Дж. 357. 2 кДж; 3 кДж. 358. Потенціальну – 24 кДж; кінетичну – 400 кДж. 359. 1440 Дж; 1440 Дж; 28,8 кН. 360. 3 ГДж. 362. 22,4 м/с; 91 м/с. 366. На рівні пальців, що її тримають. 369. Так. Ні. 370. Для забезпечення стійкості підйомного крана під час піднімання вантажів. 372. Зрівноважити важіль. 374. 400 Н. 375. 360 Н. 379. 2 Н. 380. 1600 Н. 381. 75 см. 382. 7 см. 383. 93 %. 384. 98 %. 385. 75 %. 386. Ніякого. 391. 0,1 м і 0,9 м. 393. 16 т. 394. 2250 Н; 90 Н. 395. 2 Н. 396. 480 Н. 780 Н. 397. 38 кг. 398. 83 %. 399. 80 %. 400. 10 кДж. 401. 20 кДж. 402. 1320 Н. 403. 8167 Дж. 404. 56 %. 405. 63 %. 406. 73 %. 407. а) 4 Н; б) 98 %. 408. 98 %. 409. 276 Н. 410. Для розв'язання задачі слід правильно визначити масштаб.

ВІДПОВІДІ ДО РУБРИКИ «ЩО Я ЗНАЮ І ВМІЮ РОБИТИ»

Розділ 1. 1. Термометри. 1 °С. 25 °С. 30 °С. 5. Відбувається дифузія. У теплій воді дифузія відбувається швидше. 12. 0,000001 мм.

Розділ 2. 2. Дош. 3. За малюнком 91. 4. На малюнку 91 спостерігач рухається, на малюнку 92 знаходиться в стані спокою. 6. 5 Гц. 7. 0,9 с.

8. а) 40 км/год і 20 км/год; 0 і 20 км/год; 0 і 60 км/год; 0 і 60 км/год; 30 км/год і 40 км/год. г) 40 км; 0 і 80 км; 20 км і 80 км; 40 км і 80 км; 100 км і 110 км; 140 км. е) 22 км/год; 28 км/год.

Розділ 3. 1. 150 000 кг = 150 т; 50 000 Н. 2. 6250 кг/м³. Ні. Не суцільна. 5. 1 – сила тяжіння; 2 – сила пружності; 3 – вага тіла. 6. Явище тертя. Залежить від розмірів піщинок. 9. 2 Н; 2 Н; 200 г. 10. 13 Н. 11. 700 Н. 15. З'ясуйте, якими молотками користуються космонавти.

Розділ 4. 2. Однакову. 20 000 Дж. 3. 64 Вт. 4. 216 ГДж. 6. 0,25 Дж; 1,58 м/с; 0,25 Дж. 10. У 9 разів. 12. 1. 0,3 м. 2. Сила тяжіння; сила пружності. 3. 10 Н. 4. 33,3 Н/м. 5. 10 Н. 6, 7. 1,5 Дж. 14. 83 %.

ВІДПОВІДІ ДО РУБРИКИ «ФІЗИЧНІ ЗАДАЧІ НАВКОЛО НАС»

2. Лід, сніг, вода, пара. 3. Явище дифузії залежить від температури тіл. 5. У рухомому автомобілі знаходиться у стані спокою, відносно землі рухається. 6. а) Не рухається, оскільки відстань між машинами не змінюється; б) рухаються, оскільки машини переміщуються полем; в) рухається, оскільки переміщується з бункера комбайна в кузов автомобіля. 7. Протилежно руху. 8. Слід вибрати деякий нерухомий об'єкт (дерево, будинок тощо) і спостерігати, у який бік зміщується хмара відносно цього тіла. У нічний час нерухомим орієнтиром може бути Місяць, зорі тощо. 9. а) Коло; б) сукупність криволінійних відрізків, що нагадують затушлену пилку; в) пряма горизонтальна лінія. 10. Рухи ескалатора й стрічки транспортера – рівномірні, а інші – нерівномірні. 11. Шлях дорівнюватиме довжині траєкторії (дороги) від дому учня до школи й назад, а переміщення дорівнюватиме нулю. 12. Шлях дорівнюватиме довжині траєкторії (дороги), яку пройшов учень з дому до школи, а переміщення визначиться відстанню, взятою по прямій лінії, яка сполучає два згаданих пункти. 13. Значення переміщення дорівнює 330 000 000 км і 0. 14. Така сама, як і крапель. 15. а) Пряма лінія; б) у стані спокою; в) крива лінія. 16. Так, вони досягають швидкості руху близько 216 км/год. 17. Зі збільшенням товщини шару нитки на котушці збільшується лінійна швидкість точок на поверхні цього шару, і нитка швидко намотується. Щоб запобігти обриву нитки, слід підтримувати однакову лінійну швидкість точок поверхневого шару, тобто поступово зменшувати швидкість обертання котушки. 18. Під впливом вібратора частини бетону набувають коливального руху, бетон ущільнюється і його густина збільшується. 19. Кожне скорочення м'язів серця викликає проштовхування крові по судинах усього організму. Притискаючи в певному місці артерію, лікар відчуває поштовхи крові та їх частоту. 20. Відхиляючись назад і на якусь мить наче падаючи, надати гойдалці кінетичної енергії. Після цього вона розгойдується за рахунок підняття центра ваги тіла (тобто випрямляючи ноги, якщо ви розгойдуєтеся стоячи, чи підтягуючи їх, якщо сидите) щоразу, коли гойдалка перебуває у нижній точці траєкторії. За рахунок виконуваної роботи збільшується енергія гойдалки і, отже, амплітуда гойдання. Так само підтримується амплітуда коливання. 21. Щоб не виникали вібрації крил під час польоту. Вивчення цього питання дало можливість успішно боротися з флатером в авіації, який виникав при певній швидкості польоту й міг призвести до руйнування літака. Крила почали виготовляти з потовщеними на кінцівках, як у бабки. 22. Швидкості човна й людини протилеж-

ні за напрямом і різні за значенням. Швидкість руху човна менша від швидкості руху людини, оскільки його маса більша. **23.** Однаково для всіх випадків. **27.** Для збільшення дальності стрибка. **28.** Важке ковадло забирає майже всю енергію молота. **29.** Унаслідок інерції чай у склянці зберігатиме стан руху, тому його поверхня буде похилою. **30.** Як кермо, що дає змогу робити круті повороти. **31.** Коли транспорт гальмує, то вода продовжує рухатися вперед і виливається спереду, а коли починає рухатися вперед, то вода намагається зберегти стан спокою і тому виливається позаду вагона. **32.** Мокра трава має більшу масу, а отже, й інерцію спокою. **33.** При швидкому переміщенні коси стебла за інерцією не встигають прийти в рух і перерізаються косою. Якщо ж коса переміщується повільно, то стебла, встигаючи набутти рух, переміщуються разом з косою і не перерізуються. **34.** Менша маса, а отже, й менша інерція легкової машини дасть змогу швидше зупинити її під час гальмування. **35.** На явищі інерції. Цвях (паля), набувши швидкості під час удару молотком (бабою копра), продовжує свій рух до зупинки під дією сили тертя. **36.** Не однаково. Більше підмиваються береги, розташовані далі від центра повороту. Внаслідок інерції вода сильніше діє на той берег, який спричиняє зміну напрямку течії річки, тобто той, який знаходиться далі від центра повороту. **37.** Течія пояснюється дією сили тяжіння, аналогічно до того, як тіло скочується згори вниз. **38.** Сила тяжіння на Місяці у 6 разів менша від сили тяжіння на Землі. Отже, у 6 разів менша і сила тертя. **39.** Під дією земного тяжіння рух людини вгору сповільнюється доти, доки її швидкість не дорівнюватиме нулю. У той самий час людина притягує Землю. Тому швидкість, надана Землі людиною, також зменшується до нуля одночасно зі зменшенням до нуля швидкості людини. **40.** Не зникає. Саме завдяки силі тяжіння тіло падає. **41.** У процесі дозрівання яблук збільшується їх вага, тому гілки дерева можуть зламатися. **42.** У першій стадії опорного стрибка пружиниста долівка прогинається, а в другій стадії сила її пружності, що направлена вгору, зумовлює дію на спортсмена, збільшуючи висоту його стрибка. **43.** Перебуваючи на батуті, спортсмен деформує його, унаслідок чого виникає сила пружності, що направлена вгору. З кожним стрибком сила пружності збільшується, додається до зусилля спортсмена і стрибки стають вищими. **44.** У верхньому положенні сила пружності, що діє на гімнаста, може дорівнювати нулю і направлена вниз залежно від швидкості обертання. У нижньому положенні сила пружності наближено дорівнює п'ятикратній вазі гімнаста і направлена вгору. **45.** Шкаралупа яйця має таку будову, яка нагадує кам'яну будівлю, де клиноподібна форма камінців, заважаючи їм опускатися, не перешкоджає каменям підніматися. **46.** Пружність. **47.** Ні, оскільки середня густина живої риби дорівнює густині води, у якій вона перебуває. **48.** Під додатковою вагою снігу або ожеледі. **49.** Гепард – найшвидший сухопутний звір на Землі. Швидкість його бігу досягає 140 км/год. Кігті допомагають йому мати краще зчеплення із Землею. **50.** Для збільшення сили тертя. **51.** Нерівні ребристі зернини гречки утворюють купи з крутими схилами внаслідок значного тертя, що виникає між поверхнями зернин під час їх руху. Зерна гороху круглі, і між ними сили тертя менші, ніж між зернинами гречки. Зернини проса досить гладенькі, ніби відполіровані, і тому сили тертя між ними малі, що й зумовлює утворення куп з пологими схилами. **52.** Неоднакова. Швидкість течії біля берегів, де певна маса води

зазнає більшого тертя у взаємодії з берегом, буде меншою. 53. а) Під час руху ноги з лижею тертя є шкідливим, а в момент миттєвої зупинки і переступання на другу ногу – корисним; б) і в) під час загвинчування тертя є шкідливим, а після цього проявляється як корисне і не дає можливості гвинту ослабитися; г) під час розгону літака тертя є шкідливим, а при посадці – корисним: допомагає гальмувати літак. 54. а) Сила тертя напрямлена назад, а потім уперед; б) сила тертя напрямлена до центра дуги; в) і г) сила тертя напрямлена назад. 55. Це робиться для зменшення тертя, яке виникає під час руху лижі вперед і спрямоване назад. Такі лижі дають змогу рухатися вперед з меншою затратою сил і ковзають значно краще. 56. а) Тертя об поверхню дороги; б) тертя осі у втулці; в) тертя об поверхню дороги; г) тертя осі у втулці; д) тертя коліс об рейки. 57. Для зменшення тертя корпусу літака в повітрі, оскільки там воно розріджене. 58. Це дає їм змогу з малим тертям продиратися крізь лісові хащі. 59. Газель біжить, торкаючись поверхні ґрунту лише кінчиками копит, що дає змогу їй розвивати швидкість до 65 км/год. 60. Горошини в даному випадку зіграють роль кулькових підшипників, замінюють тертя ковзання на тертя кочення, а воно, як відомо, менше. 61. Сила тертя кочення менша, ніж сила тертя ковзання. 62. Збільшується площа мотузок, якою вони контактують між собою, а отже, збільшується тертя. 63. Причиною ковзання колеса є значне тертя в буксі колеса завдяки загущенню мастила. 64. Щоб зменшити силу в'язкого тертя в рідині. 65. Слиз зменшує силу тертя, і риба вислизає з рук. Індійці часто перед боєм змащували своє тіло жиром, щоб у рукопашному бою вислизати з рук ворога. 66. Це збільшує силу тертя під час пересування ведмедя по льоду. 67. Змащені лижі дають змогу розвинути більшу швидкість, бо по плівці води, що утворюється під час ковзання лиж по снігу, переміщується шар мазі. Внутрішнє тертя в рідинах невелике. 68. Під час розкриття парашута сила опору повітря викликає раптове зменшення швидкості, яке сприймається парашутистом як збільшення його ваги. Це збільшення може досягати 7–8-кратного значення. 69. Зустрічний потік повітря, обтікаючи автомобіль, створює підйімну силу, яка дещо зменшує вагу, а отже, і силу тертя між колесами і поверхнею дороги. 70. Під час приземлення крила розправляються, щоб збільшити опір повітря і зрівноважити силу тяжіння. Під час зльоту крила розправляються, щоб збільшити силу відштовхування птаха від землі, що дає можливість подолати силу тяжіння. 71. Щоб зменшити ефективну площу тіла, на яку діє вітер, і зменшити силу опору. 72. Це вдало доповнює його веретеноподібну форму, сприяє добрій обтічності під час руху у воді. 73. У першому випадку сили, що діють на людину, незрівноважені, а в другому – зрівноважені. На людину діють: сила тяжіння, сила тертя, сила реакції гірки. 74. Збільшується тиск на лід. 75. Результат дії сили на тіло залежить не тільки від її значення, але й від часу дії. Коли людина біжить по тонкому льоду, час дії сили тяжіння досить малий – за цей час лід не встигає проломитися. 76. Не зміниться, оскільки значення і напрям ваги обох відер не змінюється. 77. Щоб зменшити тиск на сніг. 78. Перетинки між кінцівками гусей і качок збільшують площу опори їх лап, унаслідок чого тиск на ґрунт буде значно менший, ніж у курей, у яких цієї перетинки немає. 79. Якщо тиск повітря у шині зменшується, то збільшується площа поверхні коліс, якою вони контактують з поверхнею дороги. Це призводить до збільшення сили тертя і покращення ходо-

вих якостей автомобілів. **80.** Вагомою причиною є те, що під час падіння в піску утворюється заглиблення, унаслідок чого збільшується площа опори, на яку розподіляється вага людини. Тиск буде меншим, і людина не відчує болю. **81.** Щоб був меншим тиск і легше було пересуватися по глибокому снігу. **82.** Для зменшення тиску, який спричиняє вантаж на плечі людини. **83.** Коли цвяхів більше, площа опори, на яку розподіляється вага тіла, буде більшою, отже, тиск буде меншим. **84.** Так. **85.** Кістки кінцівок, особливо ніг, перебувають під певним навантаженням, іноді досить великим. Поверхні кісток у суглобах укриті шаром хряща, міцність якого значно менша від міцності кісток. Потовщення кінців кісток зумовлює збільшення площі їх поверхонь, а отже, і зменшення тиску на них. **86.** Жало у бджоли гостре, і навіть мала сила, що діє на надзвичайно малу площу, може створювати великий тиск. **87.** Підкований кінь стає на кілька шипів підкови, площа яких досить мала, а тому тиск такий великий, що під шипами утворюються заглибини у ґрунті, які усувають можливість проковзування навіть під час ожеледі. Під копитом некованого коня тиск значно менший, і на зимовій дорозі він ковзає. **88.** Зерна вівса ростуть окремо, а не в колосі, як пшениця або жито, і займають таке положення, що ефективна площа, на яку діє вітер, буде малою, а тому невеликою буде й сила тиску. **89.** Деревя в лісі мають меншу стійкість, оскільки вони тягнуться вгору і крони їх розташовані ближче до вершин. **90.** Листя дуже збільшує лобову площу, а тому пропорційно збільшується сила тиску вітру. Отже, частіше ламаються дерева влітку. **91.** Листя створює додаткову площу опори, і сила тиску, яка діє на дерево, буде більшою. **92.** Згідно із законом Паскаля тиск під водою на однаковій глибині однаковий з усіх боків. Оскільки риби мають водонепроникну будову тіла, то тиск однаковий і ззовні, і всередині тіла. Тому риба, перебуваючи на великих глибинах, не відчуває величезного тиску. **93.** Унаслідок ослаблення протидії внутрішнього тиску зовнішньому. Для виведення потомства глибоководні риби мають піднятися на поверхню, щоб мальки зробили перший ковток повітря. При цьому риба гине, бо внутрішній тиск розриває її. **95.** Зменшується зі збільшенням глибини, оскільки тиск усередині рідини збільшується з глибиною. **96.** Вибух створює додатковий тиск, якого організм цих істот не витримує. **97.** Коли голова жирафа піднята, то навантаження на серце буде більшим, оскільки воно має подавати кров, переборюючи й гідростатичний тиск. **98.** Лікарі, використовуючи явище сполучних посудин, домагаються того, що кров входить у судини хворого під надлишком тиску, що сприяє її ефективному вливанню. **99.** Один кінець гумової трубки опустити у воду посудини, що на столі (має бути розташованою вище). Через другий кінець трубки висмоктувати воду і опустити іншу посудину нижче від рівня стола. **100.** Закон сполучених посудин, оскільки вище за цей ставок є інший, з якого вода підземною трубою тече до брили. **101.** Роздвоєні копита лосів мають перетинку, яка збільшує площу опори і зменшує тиск. Крім того, унаслідок парнокопитності, відсутнє атмосферне засмоктування. **102.** Коли лось стає ногою на ґрунт, його ратиці розсуваються, перетинка між ними натягується, площа опори збільшується, а тиск на ґрунт зменшується. **103.** Забрудненість атмосфери за інших рівних умов веде до підвищення температури повітря, що призводить до зменшення кількості водяної пари в повітрі, а отже, й атмосферного тиску. **104.** У результаті дихання (вдиху) об'єм грудної клітки і

легенів збільшується, унаслідок цього в легенях тиск зменшується. Під дією атмосферного тиску повітря надходить у легені через ніс і рот. Цей тиск можна відчувати, якщо затиснути рот і ніздрі та вдихнути.

105. У ротовій порожнині та стравоході під час ковтальних рухів тиск знижується. Під дією переважаючого атмосферного тиску вода потрапляє в порожнину рота.

106. Міцність суглоба зумовлена надлишком зовнішнього тиску атмосфери. При підніманні на високу гору цей тиск зменшується і стає співмірним з тиском у суглобній сумці, у результаті чого нормальна діяльність їх порушується.

107. Тиск повітря в будиночку, який дещо вищий за атмосферний, зрівноважує тиск води на даній глибині. Запас повітря поповнюється за рахунок бульбашок повітря, які павук приносить з поверхні води на своєму тілі.

108. Це сприяє відкриттю евстахієвих труб. При цьому порожнина рота сполучається з гортанню, що допомагає вирівнювати тиск на барабанні перетинки з обох боків.

109. Під час піднімання літака атмосферний тиск повітря зменшується, а при посадці зростає. У першому випадку барабанна перетинка вигинається назовні, а в другому – всередину вуха. Це викликає головний біль та інші неприємні відчуття. Із часом тиск у середньому вусі зрівнюється із зовнішнім, оскільки воно сполучене з носоглоткою через так звану евстахієву трубу. Ковтання ж слини прискорює вирівнювання тиску.

110. Оскільки в пляшці тиск газу більший за атмосферний, а при відкорковуванні відбувається вирівнювання тиску, при цьому інтенсивний потік газу захоплює частину рідини.

116. Куля може розширитись і навіть лопнути, оскільки з висотою атмосферний тиск падає, а внутрішній дедалі більше його переважатиме.

117. Достиглі овочі наповнені рідиною, а тому виникає велика сила внутрішнього тиску.

118. В умовах невагомості відсутній гідростатичний тиск стовпа крові, який доводиться долати серцю за звичайних умов.

119. Зменшенням висоти стовпа повітря над нами.

120. Легені розширюються, оскільки тиск повітря на висоті менший, ніж кров'яний тиск.

121. Слон несвідомо використовує атмосферний тиск: він опускає хобот у воду і втягує в себе повітря. Під дією атмосферного тиску хобот наповнюється водою, потім слон згинає його і виливає воду в рот.

122. За рахунок атмосферного тиску (під присоскою утворюється розрідження).

123. Притискаючи диск до того чи іншого предмета, причепи піднімають пластинки. Між ними утворюється вакуум, і риба міцно притискується, іноді так сильно, що, коли смикнути її за хвіст, вона розривається навпіл.

124. У воді зусилля людини полегшуються наявністю сили Архімеда.

125. Оскільки вага людини на глибокому місці внаслідок дії сили Архімеда менша.

126. Коли людина випустить повітря з легенів, то сила Архімеда, що діє на неї з боку води, зменшиться і її тіло зануриться у воду.

127. Так, оскільки у воді частина ваги тіла врівноважується виштовхувальною силою води.

128. Тварини плавають завдяки сильному роздуванню тулуба і збільшенню внаслідок цього виштовхувальної сили, що діє на них з боку води.

129. Під дією архімедової сили стебла водоростей зберігають вертикальне положення досить стійко, тому міцність їм зайва.

130. Величезна вага цих істот потребувала б на суходолі непомірних за розмірами та міцністю кісток, а у воді вага тіла частково компенсується виштовхувальною силою.

131. Відро заповнене повітрям, тому на нього діє значна сила Архімеда.

132. Під дією високої температури тіло розбухає, об'єм його збільшується, а отже, зростає і виштовхувальна сила,

яка в певний момент стає більшою за вагу вареника. **133.** У першому випадку архімедова сила зменшує силу тиску і при тій самій площі опори тиск буде меншим. **134.** На барабанні перетинки вух діє тиск, який пропорційний глибині занурення. **135.** Уночі повітря охолоджується, густина його збільшується, і воно стікає в улоговини. **136.** У молоці є фракції різної густини. Вершки мають найменшу густину і тому збираються у верхній частині стовпа рідини. На цьому явищі ґрунтується розшарування в суміші рідин різної густини. **137.** Камінці слугують баластом, який дає змогу крокодилу ходити по дну річки. **138.** У таких птахів набагато більші проблеми виникають під час занурення і значно менші – під час виринання внаслідок малої загальної густини тіла. При зануренні архімедова сила перешкоджає цьому, і тому птахи намагаються таким чином збільшити густину свого тіла. **139.** За таких умов спортсмен збільшує свою потенціальну енергію не лише за рахунок сили м'язів, але й використовуючи набуту кінетичну енергію. **140.** Оскільки потрібно виконувати більшу роботу внаслідок зростання сили тертя. **141.** За рахунок кінетичної енергії молотка. **142.** Куля має велику швидкість, а отже, і значну кінетичну енергію. Це дає їй можливість виконати велику роботу. **143.** Під час переміщення рівною дорогою виконується робота переважно з подолання тертя. При підніманні вгору доводиться виконувати роботу проти дії сили тяжіння. **144.** Порожній, оскільки в нього менша кінетична енергія. **145.** Незалежно від швидкості сила тертя для санок буде однакою, отже, виконуватиметься однакова робота. **146.** Щоб надати м'ячу більшої енергії. **147.** Енергія заряду перетворюється в потенціальну енергію газів; частина потенціальної енергії перетворюється в кінетичну енергію кулі і йде на виконання роботи з подолання сил тертя у стволі. Кінетична енергія кулі частково перетворюється в потенціальну енергію при її підйомі, частково перетворюється в звукову енергію і витрачається на виконання роботи проти сил опору повітря і мішені. **148.** Коли волокни, оскільки сила тертя ковзання більша за силу тертя кочення. **149.** Вода має кінетичну енергію і під час зупинки автомобіля продовжує рухатися вперед. **150.** Унаслідок виконання роботи з подолання тертя механічна енергія буде перетворюватися в теплову, що може призвести до опіків. **151.** Вістря цвяха, подібно до клина, розсуває деревину, а обрублений кінець такої дії не створює. **152.** Прикладаючи силу до верхньої частини ободу колеса, візник створює вдвічі більший момент сили при однаковому зусиллі. Отже, краще прикладати силу саме так.

ПРЕДМЕТНО-ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А

Авогадро Амадео 21
Аеростат 151
Акваланг 148
Амплітуда коливань 71
Ареометр 149
Архімед 200
Атмосфера Землі 132
Атом 26

Б

Барограф 135
Барометр 136
– анероїд 136
– ртутний 135
Батискаф 148
Блок 185
– нерухомий 185
– рухомий 185
Бойль Роберт 21
Броунівський рух 28

В

Вага тіла 99
Важіль 184
Ват 166
Ватерлінія 150
Векторна величина 94
Взаємодія тіл 81, 82
Вимірювальний прилад 12
Вимірювання 11
Відносність руху 49
Вільні коливання 70
Водотоннажність 150
Всесвітнє тяжіння 96

Г

Галілей Галілео 8, 21
Гальма гідравлічні 126
Гвинт 182
Геріке Отто 136
Герц 72
Герц Генріх 72
Графік
– руху 57
– швидкості 58
Гук Роберт 99

Густина речовини 89

Д

Денсиметр 149
Деформація 82
Джоуль 164
Джоуль Джеймс 165
Динамометр 102
Дирижабль 151
Дифузія 30
Діапазон показів шкали 13
Довжина
– поділки шкали 13
– шкали 13

Е

Експериментальний метод 9
Енергія 172
– кінетична 174
– потенціальна 172
Еталон 12

З

Закон
– Архімеда 145
– Гука 99
– механічної енергії 176
– Паскаля 122
– сполучних посудин 130
Зважування 84–86
«Золоте правило» механіки 191

І

Інертність 84
Інерція 82

Й

Йон
– негативний 26
– позитивний 26

К

Кілограм 12
Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізмів 192
Колівання механічні 70
Коловорот 186
Кусто Жак-Ів 148

Л

Лінія дії сили 188

М

Манометр 138
 Маса тіла 84
 Матеріальна точка 51
 Машина 184
 Машини гідравлічні 124
 Межі вимірювання 13
 Метр 12
 Механізм 182
 Молекула 24
 Момент сили 189

Н

Насос рідинний 140
 Невагомість 101
 Нульова позначка 13
 Ньютон 96
 Ньютон Ісаак 8

П

Паскаль 117, 134
 Паскаль Блез 123
 Переміщення 53
 Період
 – коливань 71
 – обертання 67
 Плавання тіл 147, 148
 Плече сили 188
 Поділка шкали 13
 Позначка шкали 13
 Потужність 166
 Похила площина 186
 Правило важеля 188
 Прес гідравлічний 125
 Прості механізми 187
 Процес 11

Р

Робота механічна 163
 Рух
 – коливальний 69
 – механічний 49
 – нерівномірний 59
 – обертальний 66
 – по колу 65
 – поступальний 51
 – прямолінійний рівномірний 52, 54

Рухи періодичні 66

С

Сила 94
 – виштовхувальна 145
 – опору 110
 – пружності 98
 – рівнодійна 111
 – тертя 107, 108
 – тиску 116
 – тяжіння 95
 Система відліку 50
 Спідометр 60
 Сполучні посудини 129

Т

Терези 84–86
 Тертя
 – ковзання 107
 – кочення 107
 – спокою 107
 Тиск 117
 – атмосферний 132, 133
 – гідростатичний 123
 Тіло відліку 50
 Торрічеллі Еванджеліста 133
 Точка прикладання сили 188
 Траєкторія 51

У

Уатт Джеймс 166
 Умова рівноваги важеля 189
 Умови плавання 147, 148

Ч

Частота
 – коливань 72
 – обертання 67

Ш

Швидкість
 – рівномірного руху тіла 55
 – середня 60
 Шестерня 187
 Шлюзи 131
 Шлях 52

Я

Явище 10

ЯК ОРГАНІЗУВАТИ СВОЄ НАВЧАННЯ

Як працювати з підручником

1. Прочитайте назву параграфа або будь-якого тексту, уявіть, про що повинно йтися в ньому.
2. Прочитайте текст і визначте, про що в ньому розповідається (про фізичне тіло, фізичне явище, фізичний дослід, науковий факт, закон, теорію, практичне застосування положень теорії або закону).
3. Згадайте, що треба знати про ці елементи фізичних знань (узагальнений план його характеристики).
4. Поставте свої запитання до тексту. Використовуючи текст підручника, дайте відповіді на запитання.
5. Проаналізуйте отриману інформацію з позиції повноти висвітлення проблеми, чіткості і переконливості викладу тощо.
6. Якщо відповідь на будь-яке запитання відсутня, запитайте вчителя або пошукайте потрібні відомості в іншому джерелі.
7. Виділіть незрозумілі слова і з'ясуйте їх значення.
8. Прочитайте ще раз параграф, розділіть текст на смислові блоки й дайте назву кожному.
9. Порівняйте назви кожного блоку з тим, що плануєте розглядати як об'єкт.
10. Найголовніші думки порівняйте з тими, що визначив автор підручника, запишіть їх у зошит.
11. Ознайомтеся із запитаннями в кінці параграфа і дайте на них відповіді.
12. Якщо виникли труднощі, прочитайте текст ще раз і спробуйте знайти відповіді на запитання.
13. Перепишіть у зошит ці пункти і прочитайте їх ще раз.

Як створювати конспект

1. Читаючи матеріал перший раз, розділіть його на основні смислові частини, виділіть головні думки, висновки.
2. Якщо створюєте план-конспект, сформулюйте його пункти, підпункти і визначте, що саме треба включити в план-конспект для розкриття кожного з них.
3. Найсуттєвіші положення (тези) послідовно й коротко викладіть своїми словами або запишіть у вигляді цитат.
4. У конспект включіть не тільки основні положення, але й доведення, конкретні факти і приклади (без детального опису).
5. Створюючи конспект, окремі слова й речення записуйте скорочено, виписуйте тільки «ключові слова», замість цитування робіть посилання на сторінки тексту, який конспектуєте, використовуйте умовні позначення.
6. Розміщуйте абзаци у вигляді сходинок (подібно до пунктів і підпунктів плану), підкреслюйте різними способами, користуйтеся олівцем, ручкою і маркерами різних кольорів.

План роботи з таблицями, що характеризують властивості речовин

1. Яку властивість речовини відображають величини, наведені в таблиці?
2. У яких одиницях табличні величини представлено в СІ?
3. Знайдіть у таблиці речовини з найбільшим значенням величини.
4. Знайдіть у таблиці речовини з найменшим значенням величини.
5. Наведіть приклади використання цих речовин на практиці.

План вивчення фізичного явища

1. Зовнішні ознаки явища (ознаки, за якими можна розпізнати явище).
2. Умови, за яких відбувається явище.
3. Сутність явища (його пояснення, у тому числі на основі сучасних наукових теорій).
4. Зв'язок даного явища з іншими.
5. Фактори, від яких залежить перебіг явищ.
6. Кількісна характеристика явища.
7. Використання та врахування на практиці.
8. Шкідливий вплив явища на людину, живі організми, навколишнє середовище.
9. Способи попередження (або послаблення) явища.

План відповіді про фізичну теорію

1. Основні поняття і положення. Коло явищ, яке охоплює дана теорія.
2. Ядро теорії: постулати, закони, сталі величини.
3. Основні наслідки теорії.
4. Експериментальна перевірка теорії.
5. Межі застосування теорії.

План відповіді про фізичний закон

1. Що встановлює, визначає, стверджує закон.
2. Хто і коли його відкрив.
3. На основі яких даних сформульовано закон.
4. Які фізичні величини він пов'язує.
5. Формула залежності величин, що входять до закону.
6. Окремі випадки прояву закону.
7. Його дослідне підтвердження.
8. Причинна обумовленість закону.
9. Межі його застосування.

План відповіді про фізичну величину

1. Властивість, яку характеризує дана величина.
2. Визначення величини.
3. Позначення.
4. Формула, що відображає її зв'язок з іншими величинами.
5. Одиниці величини.
6. Методи вимірювання.
7. Прилади для її вимірювання.
8. Зв'язок з іншими величинами.

План відповіді про фізичний прилад

1. Призначення приладу.
2. Будова приладу.
3. Принцип дії.
4. Правила користування приладом.

План проведення фізичного досліджу

1. Установіть та сформулюйте мету досліджу.
2. Сформулюйте і обґрунтуйте гіпотезу. *Гіпотеза – певне припущення, за допомогою якого можна: пояснити явище, обґрунтувати залежність.*

3. Сплануйте експеримент.

При розробці експерименту:

- з'ясуйте, що потрібно перевірити;
- з'ясуйте, що треба зробити для перевірки гіпотези;
- намалюйте схему досліду;
- встановіть порядок дій.

4. Визначте умови, за яких треба проводити дослід.**5. Підберіть прилади для експерименту.****План виконання лабораторної роботи**

1. Установіть та сформулюйте мету досліду.
2. Сформулюйте і обґрунтуйте гіпотезу.
3. Сплануйте експеримент.
4. Визначте умови, за яких треба проводити дослід.
5. Підберіть прилади для експерименту.
6. Зберіть установку.
7. Проведіть досліди.
8. Зніміть покази приладів.
9. Підберіть найзручніший спосіб запису результатів експерименту.
10. Виконайте обробку результатів вимірювань (зробіть обчислення).
11. Розрахуйте похибку.
12. Проаналізуйте отримані результати.
13. Зробіть висновок за результатами проведеного дослідження, узгодивши їх з метою.

Алгоритм виконання експерименту з метою перевірки гіпотези

1. Припущення (ваша гіпотеза, пророкування) про явище, процес, закономірність.
2. Модель, теорія, закон, на які можна спиратися в даному випадку.
3. Міркування, на основі якого висунуто припущення.
4. Ідея (задум) для перевірки припущення.
5. Необхідні прилади та матеріали.
6. План дій.
7. Аналіз плану (що та як буде змінюватися, що буде сталим, за рахунок чого).
8. Отримані результати.
9. Висновок, який зроблено.
10. Причини можливих помилок і шляхи їх подолання.
11. Розрахунок похибки результату.
12. Порівняння припущень та висновків з дослідом.

Теоретичні передбачення	Дані експерименту
а)	а)
б)	б)
в)	в)

Що потрібно знати, щоб уміти розв'язувати задачі

Вивчаючи фізику, потрібно навчитися добре розв'язувати вправи й задачі. Тому слід дотримуватися такої загальної схеми розв'язування вправ і задач із фізики:

1. Ознайомтеся з умовою вправи або задачі. Читати умову треба уважно, щоб чітко засвоїти її зміст. У разі потреби умову вправи або задачі слід перечитати 2–3 рази, щоб добре її запам'ятати.

2. Використовуючи «Словник фізичних термінів», що міститься в підручнику, поясніть невідомі вам терміни й вислови.

3. Проаналізуйте вправу або задачу. Від з'ясування того, які фізичні явища і закономірності становлять зміст вправи або задачі, відносно чого вони проявляються, який зв'язок між ними, які фізичні поняття ввійшли в умову вправи або задачі, який їх шлях розв'язування, залежить ваш успіх у їх розв'язанні.

4. Доповніть умову довідниковими даними. Цей процес навчить вас користуватися табличними даними, довідковою літературою, збірниками задач.

5. Зробіть короткий запис умови вправи або задачі. Щоб записати коротко умову вправи або задачі, ви повинні уважно розібрати її, зрозуміти, про що в ній говориться і що треба визначити.

6. Виразіть дані в СІ. Для того щоб ви без труднощів виконали цей етап, треба знати співвідношення між одиницями фізичних величин.

7. Виконайте малюнок (рисунок), схему, підготуйте обладнання або прилади.

8. Виберіть прийом, метод або спосіб розв'язування вправи або задачі.

9. Сформулюйте відповіді на запитання, визначте значення шуканих величин.

10. Виконайте аналіз відповіді вправи або задачі. Аналіз відповіді, тобто порівняння відповіді з фізичними умовами вправи або задачі, з відповіддю в підручнику або збірнику задач, дає можливість виявити допущену вами помилку, порівняти фізичні події з реальною дійсністю, відновити в пам'яті відповідні фізичні положення.

11. Запропонуйте інші способи розв'язання вправи або задачі. З'ясуйте можливості визначення фізичних величин, які потрібно знайти за умовою.

12. Укажіть на практичне використання фізичних процесів або явищ, про які йдеться у вправі або задачі.

Під час розв'язування якісних (логічних) задач з фізики дотримуйтесь такої послідовності:

1. Прочитайте і запишіть умову задачі, поясніть, використовуючи «Словник фізичних термінів», невідомі вам фізичні поняття і вислови.

2. Поясніть умову задачі, виконайте малюнок (рисунок), схему.

3. Проаналізуйте задачу, тобто з'ясуйте, які фізичні явища і закономірності пов'язані зі змістом задачі.

4. З'ясуйте основну закономірність, яка визначає і пояснює суть і зв'язок явищ, про які йдеться в задачі.

5. Поясніть явища або процеси на основі виділеної закономірності.

6. Сформулюйте і запишіть відповіді на запитання задачі.

Під час розв'язування експериментальних задач з фізики дотримуйтесь такої послідовності:

1. Ознайомтеся з умовою задачі, поясніть, використовуючи «Словник фізичних термінів», невідомі вам фізичні поняття.

2. Виконайте малюнок (рисунок), схему, розгляньте фотографії.

3. Ознайомтеся з обладнанням, складіть план дослідження, підготуйте досліди.

4. З'ясуйте фізичні явища і закономірності, пов'язані зі змістом задачі.

5. Виконайте експеримент, спостереження, проведіть вимірювання і обчислення, визначте шукані величини і дайте відповіді на запитання задачі.

6. Поясніть і оцініть отримані результати.

Вимоги до написання реферату

1. Продумайте тему реферату.

2. Підготуйте список літератури, яку потрібно прочитати. Використовуйте наукову літературу.

3. Складіть детальний план і біля кожного пункту вкажіть, з якої книжки чи іншого джерела буде використано інформацію.

4. Читаючи текст літературних джерел, позначайте і виписуйте все те, що використовуєте в роботі.
5. У вступі до реферату розкрийте значення теми.
6. Послідовно розкрийте всі пункти плану, обґрунтуйте і поясніть основні положення, наведіть приклади і факти, що підтверджують положення.
7. Продемонструйте наявність власних думок.
8. Використовуйте посилання в тексті на літературні джерела.
9. У кінці реферату зробіть узагальнюючі висновки.
10. Оформіть список використаних джерел.

Як потрібно виконувати навчальні проекти з фізики

Протягом навчального року вам потрібно виконати такі проекти:

Видатні вчені-фізики. Фізика в побуті, техніці, виробництві. Спостереження фізичних явищ довкілля. Дифузія в побуті. Визначення середньої швидкості нерівномірного руху. Порівняння швидкостей рухів тварин, техніки тощо. Обертальний рух у природі – основа відліку часу. Коливальні процеси в техніці та живій природі. Розвиток судно- та повітроплавання. Дослід Торрічеллі. Спостереження за зміною атмосферного тиску. Насоси. Становлення і розвиток знань про фізичні основи машин і механізмів. Прості механізми у побутових пристроях. Біомеханіка людини. Використання енергії природних джерел.

Виконуючи навчальний проект, вам слід дотримуватися таких дій:

1. Вибрати тему проекту.
 2. Розробити план проекту.
 3. Обговорити та узгодити з учасниками проекту і вчителем розроблений план роботи над проектом.
 4. Виконати план:
 - пошук літератури в бібліотеці та інформації в мережі Інтернет;
 - робота з літературними та електронними джерелами;
 - аналіз змісту сприйнятої інформації та відбір потрібної для висвітлення виділених у змісті завдань з наступною її систематизацією;
 - проведення спостережень фізичних явищ чи процесів;
 - проектування експерименту або експериментального дослідження;
 - постановка експерименту та проведення запланованих вимірювань фізичних величин, а також виконання необхідних обчислень, у тому числі й похибок;
 - формулювання висновків з проведених теоретичних або експериментальних досліджень;
 - спостереження природних явищ з метою виявлення в них можливих задачних ситуацій;
 - складання умов фізичних задач та їх розв'язування;
 - написання фізичних творів або рефератів на задану тему;
 - проектування і виготовлення фізичного приладу (вивчення наявних у літературі моделей виготовлення обраного фізичного приладу, підбір необхідних матеріалів та розрахунок їх кошторису; конструювання і виготовлення приладу; написання технічного паспорта, відбір демонстрацій, фізичних дослідів, які можна провести з використанням розробленого приладу).
 5. Підготувати звіт про виконану роботу і презентацію отриманих результатів.
- Зміст проекту має включати такі розділи: вступ, основна частина, заключна частина і висновки, використані літературні джерела. У вступі зазначають: актуальність обраної теми (чим вона зацікавила, яке має суспільне значення), мету і завдання роботи над проектом. В основній частині описують зміст роботи і процес її виконання, отримані результати та їх аналіз. Заключна частина і висновки мають відображати результати і їх узгодження з поставленими завданнями.
- Оформлення звіту про виконання проекту передбачає необхідність обрання форми звіту (скорочений чи розширений).