Зоряна Максимович
Марія Білик
Ліана Варениця

НОВА УКРАЇНСЬКА ШКОЛА

Фізика

ПІДРУЧНИК 7 клас



академія

Зоряна Максимович
Марія Білик
Ліана Варениця

Фізика

ПІДРУЧНИК

для 7 класу

закладів загальної
середньої освіти

РЕКОМЕНДОВАНО
Міністерством освіти
і науки України

Київ
Видавничий центр «Академія»
2024

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 05.02.2024 № 124)

Авторський колектив:
Зоряна Максимович, Марія Білик, Ліана Варениця, Галина Коваль, Ольга Микитеєк, Марія Ординович, Василь Шевців

Підручник розроблено за модельною навчальною програмою «Фізика. 7—9 класи» для закладів загальної середньої освіти. Містить навчальні матеріали на засадах компетентнісного підходу: лабораторні роботи, приклади та задачі, цікаві завдання на логіку та творчі домашні експерименти, завдання для самоперевірки з переліком корисних відеоматеріалів, словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах).

Відповідає віковим особливостям семикласників. Сприяє досягненню очікуваних результатів навчання.

Шановні семикласники та семикласниці!

Ви починаєте вивчати фізику — одну з основних і найдавніших наук про природу. Її творці — відомі всьому світу науковці, серед яких багато українців. Сьогодні вона є основою для розвитку науки й техніки.

Фізика — фундамент багатьох професій у різних сферах діяльності людини. Вона потрібна лікарю й інженеру, космонавту і дослідникові водних глибин, будівельнику й кухарю, художнику і спортсмену. Знання з фізики дають змогу пояснити природні явища, передбачити їх, зрозуміти, як працюють різноманітні пристрої, та конструювати нові.

Як і будь-яка інша наука, фізика ґрунтується на наукових фактах. Тому під час її вивчення ви будете самостійно вести спостереження, проводити досліди в школі і вдома, вчитися робити вимірювання за допомогою приладів, здійснювати розрахунки фізичних величин за допомогою формул, аналізувати графіки і будувати їх самостійно, розв'язувати фізичні задачі.

Фізика навчить вас бути спостережливими, кмітливими і винахідливими, розгадувати таємниці та знаходити шляхи вирішення проблемних життєвих ситуацій. Опанувавши її, ви відчуєте себе освіченою людиною і зможете знайти відповіді на тисячі «Чому?». У цьому вам допоможе наш підручник.

Для кращого розуміння матеріал підручника поділено на розділи та параграфи, які містять життєві ситуації, історичні факти, інформацію про різні фізичні явища, процеси, закони, приклади застосування фізичних знань у повсякденному житті, завдання для проведення експериментів у школі та вдома, приклади розв'язування задач.

Для полегшення сприйняття фізичних явищ та законів, розуміння роботи приладів та пристроїв пропонуємо відеоматеріали, над якими працювали команди учнів-експериментаторів.

Доступ до відеоматеріалів та завдань для самоперевірки можна отримати через QR-коди та покликання. Параграфи, до яких розроблені відеоматеріали, позначені піктограмою «Скануйте».

Для зручності у користуванні матеріалами підручника запропоновані рубрики з умовними позначеннями.

Умовні позначення рубрик


Мотивація


Дізнаймося про...


Поміркуйте і дайте відповідь


Запам'ятайте


Перевірте себе


Обдумайте, змоделюйте, зробіть...


Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)


Скануйте

Сподіваємося, що наш підручник стане вам надійним другом і путівником у вивченні складної, але дуже цікавої і захопливої науки — фізики.

З повагою,
авторський колектив

ІНСТРУКЦІЯ
З БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
під час проведення навчальних занять у кабінеті фізики

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. Перебувати учням у приміщенні кабінету (лабораторії) фізики дозволяється лише в присутності вчителя фізики або лаборанта.

1.2. Будьте уважні й дисципліновані, точно виконуйте вказівки вчителя.

1.3. Не починайте виконувати роботу без дозволу вчителя.

1.4. Розміщуйте матеріали, обладнання на своєму робочому місці так, щоб запобігти їх падінню або перекиданню.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Ознайомтеся з описом роботи і продумайте хід її виконання.

2.2. Приберіть усе зайве зі столу.

2.3. Перевірте наявність приладів та матеріалів, необхідних для виконання роботи, їхню справність.

2.4. Будьте уважні та дисципліновані, не розпочинайте виконання роботи без дозволу вчителя.

2.5. Не залишайте своє робоче місце без дозволу вчителя.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Не переходьте від одного робочого місця до іншого без потреби.

3.2. Дотримуйтесь правил експлуатації вимірювальних приладів. Під час проведення дослідів не допускайте граничних навантажень вимірювальних приладів. Користуйтесь приладами лише за їхнім призначенням.

3.3. Працюючи з приладами зі скла, будьте особливо обережні. Користуйтесь мензурками, колбами, які мають оплавлені краї. Перевірте, чи немає тріщин на пробірці, мензурці. Не допускайте механічних ударів скляного посуду. Опускайте тверді тіла в мензурку (склянку) повільно на міцній нитці, щоб не розбити дно.

3.4. У разі пошкодження скляного посуду не збирайте уламки скла незахищеними руками. Користуйтеся щіткою і совком.

3.5. Не пробуйте на смак рідини, які використовуєте в дослідах, не допускайте їх розливання на робочий стіл.

3.6. Будьте обережними при роботі із сипучими матеріалами. Не допускайте їх потрапляння в очі.

3.7. Користуючись гострими предметами (голкою, шпилькою), уникайте пошкодження рук або інших частин тіла. Не користуйтесь дерев'яними (пластмасовими) лінійками з обламаними кінцями.

3.8. Користуючись терезами, дотримуйтесь правил зважування.

3.9. Не допускайте падіння тіл (брусків) і важків при їх зважуванні динамометром.

3.10. Стежте за справністю всіх кріплень у приладах і пристроях. Не торкайтесь (особливо з непідібраним волоссям) до обертових частин машин і не нахиляйтесь над ними.

3.11. Дотримуйтеся правил безпеки у роботі з екранними пристроями.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Повідомте вчителя про закінчення роботи.

4.2. Розберіть установку.

4.3. Складіть обладнання так, як воно було складене до початку роботи.

4.4. Приберіть своє робоче місце. За потреби витріть стіл чистою ганчіркою.

4.5. Не залишайте робоче місце без дозволу вчителя.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. При пораненні рук чи інших частин тіла негайно припиніть роботу, повідомте про це вчителя.

5.2. Виявивши несправність в електричних пристроях, що перебувають під напругою, негайно вимкніть джерело електроживлення і повідомте про це вчителя.

5.3. Не усувайте несправності в електромережі, електрообладнанні самостійно.

5.4. У разі виникнення непередбачуваного загоряння, пожежі негайно повідомте про це вчителя.

5.5. У випадку аварійної ситуації чітко виконуйте розпорядження вчителя.



Фізика й астрономія — науки про природу

§ 1. Фізика та астрономія як природничі науки. Творці фізичної науки

Дізнаймося про...

- **фізику та астрономію як науки про природу;**
- **творців фізичної науки.**

1. Коротко про фізику та астрономію

Фізика (від грец. *φυσικός* — природа) — це наука про природу. А що ж таке природа? Це все, що існує навколо нас: від найдрібніших (невидимих для людського ока) елементарних частинок до гігантських об'єктів космосу (планет, зірок, галактик тощо).

Але не лише фізика досліджує природу. Разом з нею цим займаються багато інших наук. ***Астрономія*** вивчає Сонячну систему, зорі, галактики, космос. ***Хімія*** — речовини, молекули, атоми, йони. ***Біологія*** — живу природу: тваринний і рослинний світ. ***Географія*** — материки, водні ресурси, клімат, корисні копалини тощо.

У давні часи всі науки об'єднувалися в одну — природознавство, яке ґрунтувалося на зібраній інформації, спостереженнях, практичному досвіді людей. Через необхідність вести літочислення й орієнтуватися в часі упродовж доби та року, створювати комфортні умови проживання, освоювати нові території виникла перша з природничих наук — астрономія.

Найпростіші астрономічні дослідження та спостереження за небесними тілами дали поштовх до створення календарів та годинників.

2. Як зароджувалася фізика

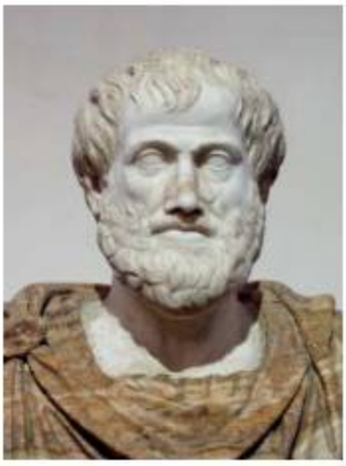
З накопиченням наукових знань єдина наука про природу поступово розділилась на декілька окремих: фізику, хімію, біологію, географію та ін.

Перші спроби пояснити таємничі небесні явища дослідники Давнього Єгипту та Давньої Греції зробили понад 4000 років до початку нашої ери. Давньогрецький учений ***Арістотель*** разом зі своїми попередниками досліджував механічний рух, опираючись на астрономію. Він поділяв цей рух на дві категорії: рух небесних тіл і рух звичайних земних предметів. У його працях уперше з'явилося слово «фізика».

З часом ще один давньогрецький учений ***Архімед*** своїми відкриттями дав поштовх для розвитку фізики. Прості механізми, що полегшують працю, конструювання суден з урахуванням умов плавання, вимірювання об'єму тіл неправильної форми, властивості відбитих від дзеркальної поверхні сонячних променів — це все результати його праці, які людство використовує дотепер.

Фізика стала окремою наукою у XVII ст., оскільки наукові знання почали ґрунтуватися на дослідженнях та експериментах. Видатний англійський учений ***Ісаак Ньютон***, об'єднавши усі відомі знання про рух тіл, створив наукову теорію. Запровадив поняття «сила», «маса», сформулював основні закони руху, закон всесвітнього тяжіння, пояснив рух небесних тіл.

Вагомий внесок у науку належить і українським науковцям. З усіма їхніми здобутками ми ознайомимося під час вивчення фізики.



Арістотель



Архімед



Ісаак Ньютон

Перевірте себе

Розпізнайте неправдиву інформацію

Тільки фізика досліджує природу. Астрономія вивчає Сонячну систему. Термін «фізика» впровадив Ісаак Ньютон. Прості механізми, винайдені Архімедом, допомогли єгиптянам будувати піраміди. Арістотель досліджував механічний рух ще 4000 років до нашої ери. Поняття «маса» і «сила» впровадив у фізику Архімед.

§ 2. Методи дослідження природи. Фізичні тіла та фізичні явища

Дізнаймося про...

- **фізичні тіла;**
- **фізичні явища;**
- **джерела фізичних знань.**

1. Фізичні тіла

Світ, у якому ми живемо, цікавий, різнобарвний, наповнений звуками, ароматами, предметами, рухами, подіями. Представники кожної професії описують його по-своєму: художники — фарбами, письменники — словами, композитори — нотами, кухарі — вишуканими стравами, парфюмери — ароматами, а науковці — формулами та законами.

У фізиці є свої терміни, чіткі за змістом, які називають ***фізичними поняттями***.

Нас оточує безліч різноманітних предметів — фізичних тіл (ручка, підручник, телефон, комп'ютер, кіт, квіти, зорі, Сонце, Місяць, риби тощо).

Фізичне тіло — будь-який предмет живої і неживої природи.

Усі тіла мають свої розміри, форми та складаються з різних речовин.

Поміркуйте і дайте відповідь

Розгляньте фізичні тіла (мал. 2.1). У чому їх подібність та відмінність?

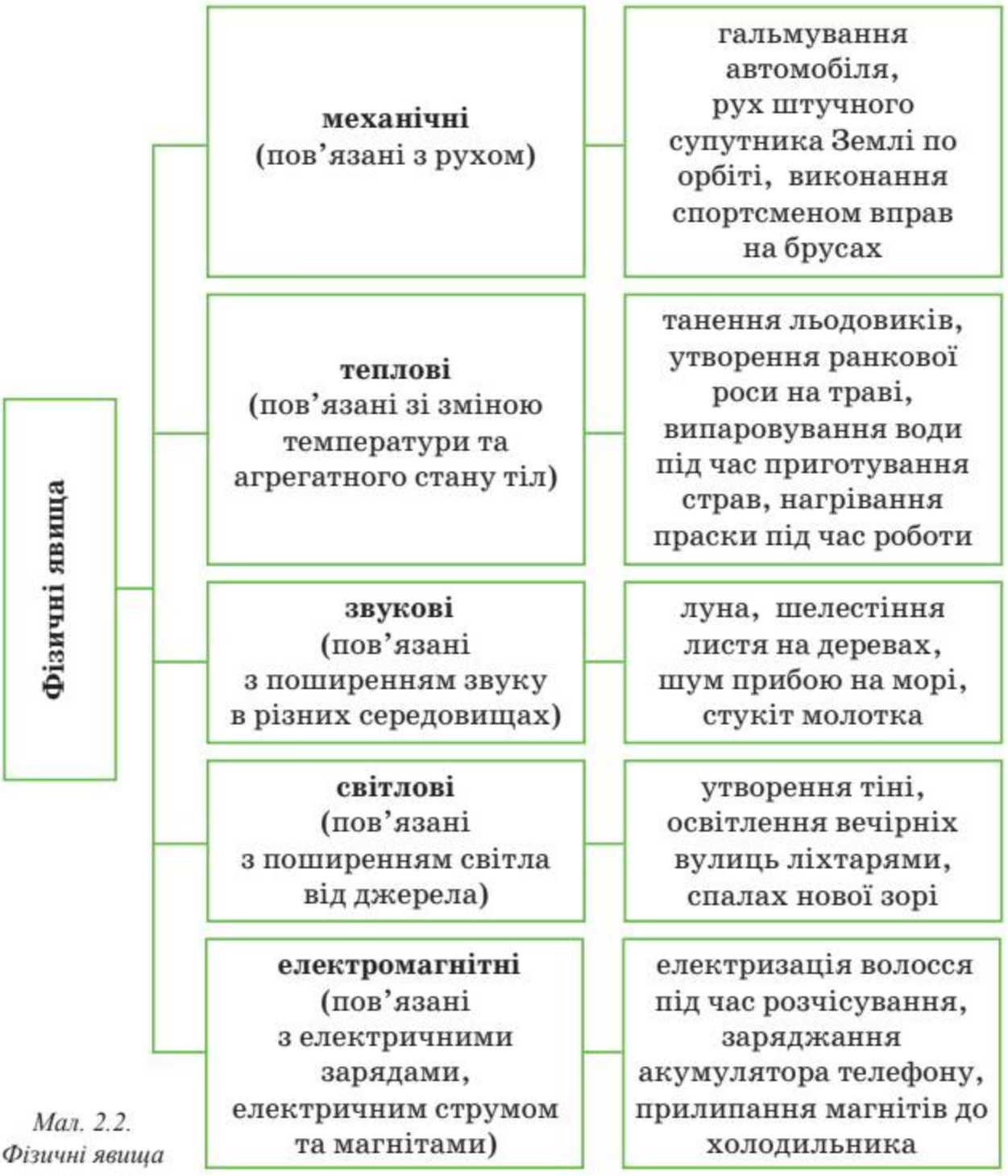


Мал. 2.1. Фізичні тіла

2. Фізичні явища

Фізичне явище — це процес або подія, що відбувається у природі й може бути описана та пояснена за допомогою законів і принципів фізики.

Фізичні явища поділяють на механічні, теплові, звукові, світлові, електромагнітні (мал. 2.2). Деякі з них можуть мати ознаки кількох типів. Наприклад, блискавка одночасно є світловим та електромагнітним явищем.



Мал. 2.2. Фізичні явища

Поміркуйте і дайте відповідь

Розгляньте мал. 2.3. До якого виду належать фізичні явища, зображені на світлинах?



Мал. 2.3. Фізичні явища

3. Спостереження, експеримент — джерела фізичних знань

Усі фізичні явища, що відбуваються у природі, людина сприймає за допомогою органів чуття та приладів, які розширюють її можливості (окуляри, мікроскоп, телескоп, лупа, перископ, слухові апарати, рельєфні книги за системою Брайля тощо).

Ми знаємо, що гарячі предмети можуть спричинити опік шкіри, тому брати їх незахищеними руками не можна. Випущений з рук предмет упаде на землю, а не полетить угору. Усі нагрівальні прилади встановлюють на підлозі, а не біля стелі. Під час ожеледиці можна травмуватися, якщо не посипати дорогу піском. Перед автомобілем, який рухається, перебігати не можна, бо він не зупиняється миттєво. А як ми зробили такі висновки? Зі спостережень та власного досвіду.

Спостереження — відстеження та фіксування даних про фізичні явища для подальшого їх аналізу.

Але для того, щоб пояснити фізичні явища, спостережень недостатньо. Потрібно проводити досліди (експерименти): ставити пе-

ред собою певну мету, здійснювати вимірювання за допомогою фізичних приладів, аналізувати результати та робити висновки.

Експеримент — це спеціально організоване спостереження фізичного явища з певною метою.

Поміркуйте і дайте відповідь

На якій світлині зображено процес спостереження (мал. 2.4)?



Мал. 2.4. Джерела фізичних знань

Запам'ятайте

Фізичне тіло — будь-який предмет живої та неживої природи.

Фізичне явище — це процес або подія, що відбувається у природі й може бути описана та пояснена за допомогою законів і принципів фізики.

Спостереження — відстеження та фіксування даних про фізичні явища для подальшого їх аналізу.

Експеримент — це спеціально організоване спостереження фізичного явища з певною метою.

Перевірте себе

1. Прочитайте уривок вірша Т. Шевченка «Садок вишневий коло хати». Виберіть із тексту фізичні тіла, фізичні явища та назвіть їх. Укажіть, до якого виду належать ці фізичні явища.

Садок вишневий коло хати,
Хрущі над вишнями гудуть,
Плугатарі з плугами йдуть,
Співають ідучи дівчата,
А матері вечерять ждуть.
Сім'я вечеря коло хати,
Вечірня зіронька встає.
Дочка вечерять подає...

2. Виберіть з даного переліку світлові та механічні явища: спів жайворонка, мерехтіння зірок, політ м'яча, блискавка, грім, сутінки, мотокрос, кипіння води.

3. Наведіть приклади проведення спостереження та експерименту з власного досвіду.



Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Природа	Nature
Фізика	Physics
Астрономія	Astronomy
Фізичне тіло	Physical body
Фізичні явища	Physical phenomena
Спостереження	Observation
Експеримент	Experiment

§ 3. Мікро-, макро- та мегасвіт. Розвиток уявлень про будову Сонячної системи. Роль астрономії у вивченні тіл мегасвіту

Дізнаймося про...

- **Всесвіт;**
- **об'єкти, що належать до мікро-, макро- та мегасвіту;**
- **будову Сонячної системи;**
- **дослідження Сонячної системи та мегасвіту.**

1. Всесвіт та його об'єкти

Якщо розглянути нічне небо, то на його чорному оксамиті можна побачити, як мерехтять і переливаються тисячі вогників. Насправді деякі з них — планети, як і наша Земля. Інші — зорі, віддалені від нас на мільярди кілометрів. Серед них Сонце, яке забезпечує Землю світлом і теплом. Усі ці об'єкти і навколишній космічний простір утворюють ***Всесвіт***.

Усі об'єкти Всесвіту можна умовно поділити на мікро-, макро- та мегасвіт.

Частинки, розміри яких не перевищують мікрона (однієї мільйонної частини метра), належать до об'єктів ***мікросвіту***. Це молекули, атоми, елементарні частинки, нейтрони. Мікросвіт вивчає квантова, атомна та ядерна фізика, з якими ви ознайомитеся у старших класах.

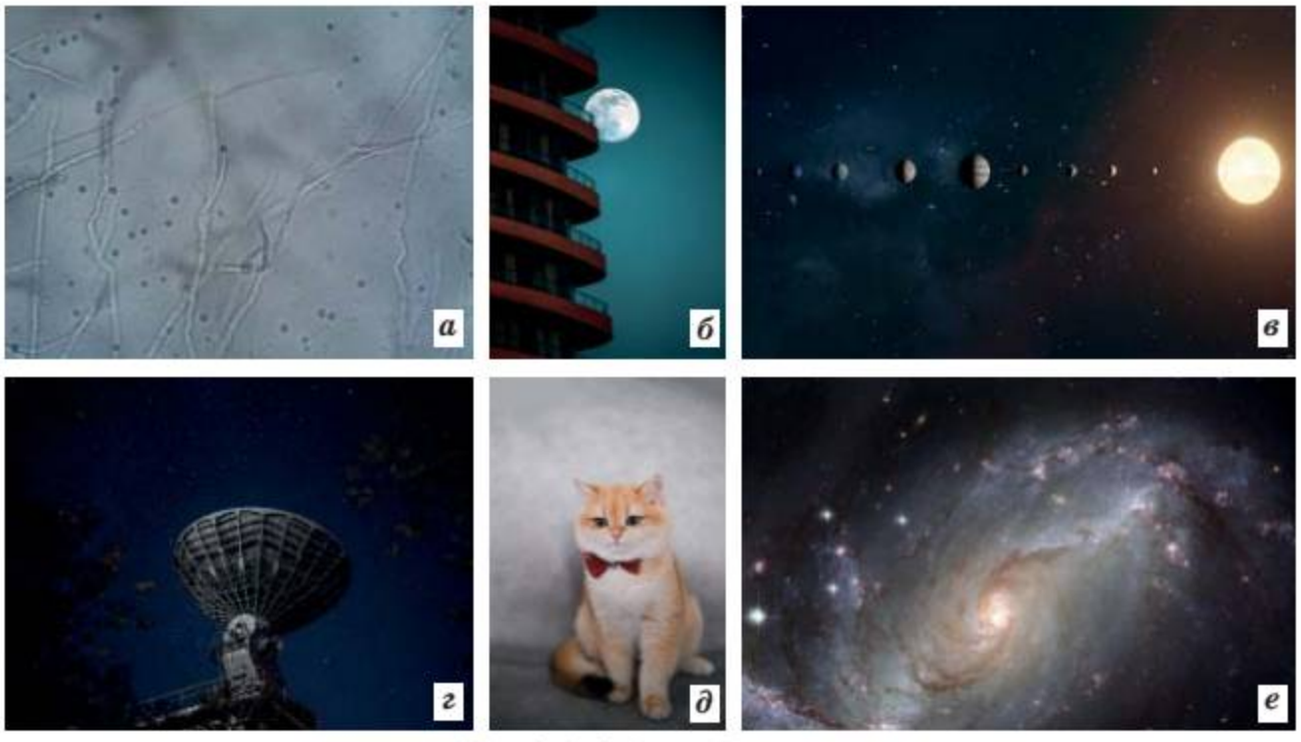
Об'єкти, досяжні для дослідження та активного впливу людської цивілізації, належать до ***макросвіту***. Люди, предмети, що їх оточують, Земля, інші планети є елементами макросвіту. Макросвіт досліджує класична фізика.

Якщо розміри об'єктів та відстані до них становлять мільярди кілометрів, а зміни відбуваються настільки повільно, що час життя однієї людини — мить порівняно з мільярдами років існування зірок, то такі об'єкти є елементами ***мегасвіту***. Це Сонце, зорі, зоряні скупчення, галактики. Будову й еволюцію мегасвіту досліджує космологія.

Поміркуйте і дайте відповідь

Розгляньте об'єкти Всесвіту (мал. 3.1) і встановіть, які з них є об'єктами:

1) лише мікросвіту; 2) лише макросвіту; 3) лише мегасвіту; 4) макро- та мегасвіту.



Мал. 3.1. Об'єкти Всесвіту

2. Розвиток уявлень про будову Сонячної системи

Більшість астрономів і філософів давнини вважали, що центром Всесвіту є Земля і що вона нерухома. Навколо Землі обертаються всі небесні тіла: Сонце, Місяць, планети і зорі. Але серед дослідників були й такі, які висловлювали гіпотезу про те, що Земля рухається. Ідеться про послідовників давньогрецького вченого Піфагора — піфагорійців. А давньогрецький астроном ***Аристарх Самоський*** ще в IV—III ст. до н. е. висловив думку про те, що Земля і всі планети обертаються навколо Сонця, крім того, Земля ще й обертається навколо своєї осі.

Першим намагався пояснити закони руху давньогрецький учений і філософ Арістотель. Опираючись на його праці про рух, давньогрецький астроном ***Клавдій Птолемей*** в II ст. н. е. створив ***геоцентричну*** (*від давньогрец. Гео — Земля*) систему світу (мал. 3.2). У центрі світу він «поставив» кулясту нерухому Землю, навколо якої оберталися всі інші світила — Сонце, Місяць, планети, а зорі були нерухомими.

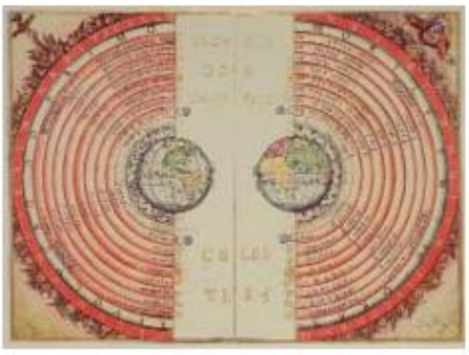
У XVI ст. польський учений ***Миколай Коперник*** заперечив твердження Птолемея про нерухомість Землі, яке століттями володіло розумом людства. Поставивши Землю серед інших планет,



Аристарх Самоський



Клавдій Птолемей



Мал. 3.2. Геоцентрична система світу

він показав, що вона, займаючи третє місце від Сонця, на рівні з усіма іншими планетами рухається в просторі навколо Сонця і, крім того, обертається навколо своєї осі. Отже, він обґрунтував ***геліоцентричну*** (*в центрі Сонце — від грец. Геліос*) систему світу (мал. 3.3).

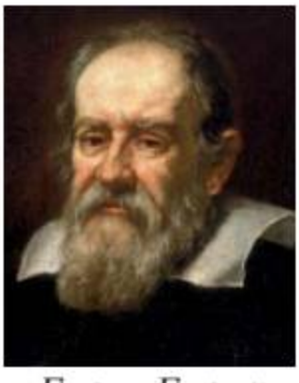


Миколай Коперник

Італійський фізик та астроном ***Галілео Галілей*** своє першочергове завдання вбачав в обґрунтуванні й захисті учень Коперника. Він ретельно вивчав явища, які могли довести правильність тверджень польського вченого. Це спонукало його до створення першого ***телескопа***, прототипом якого стала підзорна труба (мал. 3.4). За його допомогою він відкрив фази Венери, виявив на Місяці гори, подібні до земних, чотири супутники планети Юпітер, плями на Сонці та його обертання навколо своєї осі. Побачив, що Молочний шлях складається з безлічі зірок. А також своїми дослідженнями довів, що Земля є таким самим небесним тілом, як Місяць і планети.



Мал. 3.3. Геліоцентрична система світу



Галілео Галілей



Мал. 3.4. Телескоп Галілея

3. Дослідження тіл Сонячної системи за допомогою космічних апаратів

Дослідження Сонячної системи за допомогою космічних апаратів стало можливим завдяки генію космонавтики полтавчанину Олександру Шаргею (1897—1942), відомому усьому світу як Юрій Кондратюк. У книзі «Завоювання міжпланетних просторів» він виклав основи космонавтики, космічних польотів, конструювання міжпланетних кораблів; вивів основне рівняння польоту ракети та розглянув енергетично найбільш вигідні траєкторії космічних польотів; створив теорію багатоступінчастих ракет і запропонував рецепти ракетного палива. Американську програму висадки астронавтів на Місяць «Аполлон» було здійснено за напрацюваннями Юрія Кондратюка.



Юрій Кондратюк

Українець, геніальний конструктор Сергій Корольов, який народився на Житомирщині, займався конструюванням планерів і літаків, а потім ракет; керував створенням космічних кораблів та організацією їх польотів.



Сергій Корольов

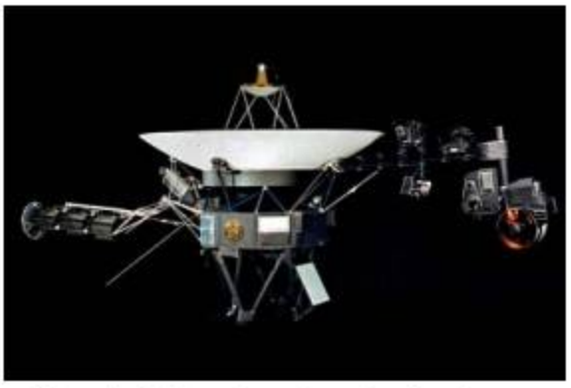
Важливими кроками для астрономічних досліджень космосу стали виведення штучних супутників Землі на навколоземну орбіту, політ людини в космос, висадка астронавтів на Місяць, вивчення планет та інших об'єктів, які розташовані у Сонячній системі та за її межами, за допомогою космічних станцій, космічних апаратів, супутників та різного виду телескопів.

Важливу роль у дослідженні Сонячної системи, об'єктів Всесвіту відіграють нові потужні космічні телескопи: орбітальний інфрачервоний телескоп імені Джеймса Вебба та орбітальний телескоп «Кеплер», телескоп Габбла (мал. 3.5).

NASA (Національне космічне агентство США) планує здійснити наступний політ на Місяць і створити постійну діючу житлову місячну станцію; планує також політ людини на Марс. Нині поверхню Марса досліджують шість роботизованих станцій. Планети Юпітер, Сатурн та інші тіла Сонячної системи досліджують космічними зондами «Юнона», «Кассіні — Гюйгенс», «Нові горизонти», «Вояджер» (мал. 3.6).



Мал. 3.5. Телескоп Габбла



Мал. 3.6. Космічний зонд «Вояджер»

Запам'ятайте

Частинки, розміри яких не перевищують мікрона (однієї мільйонної частини метра) належать до об'єктів ***мікросвіту***.

Об'єкти, досяжні для дослідження та активного впливу людської цивілізації, належать до ***макросвіту***.

Якщо розміри об'єктів та відстані до них становлять мільярди кілометрів, а зміни відбуваються настільки повільно, що час життя однієї людини — мить порівняно з мільярдами років існування зірок, то такі об'єкти є елементами ***мегасвіту***.

Перевірте себе

1. Установіть відповідність між об'єктами вивчення фізики та їх прикладами.

1)	Мікросвіт	А	Молочний Шлях
2)	Макросвіт	Б	Слон
3)	Мегасвіт	В	Вірус
		Г	Зорепад

2. Розпізнайте неправдиву інформацію.

Аристарх Самоський висловив думку про те, що Сонце обертається навколо Землі. Перший телескоп сконструював Галілео Галілей. Миколай Коперник обґрунтував учення Галілео Галілея. Згідно з геліоцентричною системою світу, Земля рухається в просторі навколо Сонця.

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Створіть модель Сонячної системи за складеним вами алгоритмом дій, використовуючи пластилін, одноразові шпажки та інформацію з інтернет-джерел про розміри Сонця, планет та відстаней від Сонця до кожної з них.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Всесвіт	Universe
Сонячна система	Solar System
Мікросвіт	Microcosm
Макросвіт	Macrocosm
Мегасвіт	Megaworld
Телескоп	Telescope

§ 4. Фізичні величини та одиниці їх вимірювання. Міжнародна система одиниць СІ

Дізнаймося про...

- **фізичні величини;**
- **одиниці вимірювання фізичних величин;**
- **Міжнародну систему одиниць вимірювання.**

1. Фізичні величини

У фізиці ми вивчаємо фізичні тіла та фізичні явища. Їх потрібно вміти описати. Для цього використовуємо фізичні величини.

Фізична величина — це кількісна міра певної властивості тіла або явища, яка може набувати конкретного числового значення.

Кожне тіло має ***лінійні розміри*** — довжину, ширину, висоту. Наприклад, найвища гора України Говерла, що на кордоні Закарпатської та Івано-Франківської областей, має висоту 2061 м; середня ширина Дніпра в межах Києва — 500 м; довжина розвідної частини Варварівського моста у Миколаєві становить 128,73 м.

Тепловою характеристикою тіла є ***температура***, значення якої коливається в температурному діапазоні для різних об'єктів Всесвіту. Температура тіла здорової людини становить приблизно 36,6 °С, а у тварин вона інша. Середня температура тіла собаки 38—39 °С, курки 41 °С, слона 35,9 °С, у жаби вона залежить від температури зовнішнього середовища. Середня температура сонячної поверхні 5727 °С.

Фізичними величинами також є ***площа, об'єм, маса, час, швидкість*** та ін. Кожну фізичну величину позначають певним символом (буквами грецького та латинського алфавіту) (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Фізична величина	**Символ фізичної величини**	**Походження**
Протяжність (лінійні розміри)	l	від англ. *length*
Площа	S	від фр. *superficie*
Об'єм	V	від англ. *volume*
Температура	T, t	від лат. *temperatura*
Маса	m	від лат. *massa*
Час	t	від лат. *tempus* (час) від англ. *time*
Швидкість	v	від лат. *velocitas*, від англ. *velocity*

2. Одиниці вимірювання фізичних величин

Фізичну величину можна ***виміряти*** — порівняти з однорідною величиною, яку взято за одиницю вимірювання.

У різних країнах ті самі фізичні величини вимірюють у різних одиницях. Так, довжину вимірюють у дюймах, футах, кілометрах, метрах (у давнину міряли в ліктях); температуру — у градусах Цельсія, Фаренгейта та в кельвінах. Щоб не було плутанини, науковці світу вирішили створити єдину систему одиниць вимірю-

вання — ***Міжнародну систему одиниць вимірювання СІ (Systéme International d'Unités)***. Вона містить ***7 основних*** одиниць вимірювання фізичних величин (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Фізична величина	Одиниця вимірювання в СІ
Протяжність (лінійні розміри)	**м** *(метр)*
Час	**с** *(секунда)*
Маса	**кг** *(кілограм)*
Температура	**К** *(кельвін)*
Сила струму	**А** *(ампер)*
Кількість речовини	**моль**
Сила світла	**кд** *(кандела)*

Крім основних одиниць вимірювання, є ***похідні*** одиниці. Вони походять від одиниць, що є основними: м/с, $м^2$, $м^3$, Н, Па, Дж та ін.

Для зручності запису великих і малих значень фізичних величин використовують ***кратні одиниці*** (більші за основну одиницю у 10, 100 і більше разів) та ***частинні одиниці*** (менші за основну одиницю у 10, 100 і більше разів) (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Префікс	Символ	Множник	
мега-	М	1 000 000	10^6
кіло-	к	1000	10^3
гекто-	г	100	10^2
дека-	да	10	10^1
деци-	д	0,1	10^{-1}
санти-	с	0,01	10^{-2}
мілі-	м	0,001	10^{-3}
мікро-	мк	0,000001	10^{-6}

Запам'ятайте

Фізична величина — це кількісна міра певної властивості тіла або явища, яка може набувати конкретного значення.

Вимірати фізичну величину означає порівняти з однорідною величиною, яку взято за одиницю вимірювання.

Перевірте себе

1. Виберіть одиниці вимірювання фізичних величин, які не є основними в системі СІ: м, А, моль, $м^3$, К, °С, $м^2$, кг, м/с, с, г.

2. Виразіть запропоновані значення фізичних величин в одиницях системи СІ: 12 км, 25 см, 3 мм, 3 хв, 2 год, 1 т, 4 ц, 500 г, 100 мг.

3. Запишіть у порядку зростання значення мас фізичних тіл, перед тим перетворивши їх на одиниці системи СІ: 2 кг, 200 мг, 20 т, 2 г, 0,2 ц.

4. За допомогою математичних знаків (>, <, =) порівняйте значення фізичних величин: 2 год і 72 000 с, 10 см і 0,01 м, 30 г і 0,3 кг.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Фізична велична	Physical quantity
Маса	Mass/weight
Протяжність	Length
Час	Time
Температура	Temperature
Одиниця вимірювання	Unit of measurement
Система інтернаціональна	International System (of Units)

§ 5. Прилади для вимірювання фізичних величин. Ціна поділки вимірювального приладу

Випікаючи кекси, ми не просто «на око» змішуємо борошно, цукор, яйця, розпушувач, масло, а чітко дотримуємося рецепту, у якому вказана необхідна маса усіх інгредієнтів. Коли хворіємо, лікарі не просто призначають ліки, а й вказують їх дозу та кількість прийомів. Куплені продукти ставимо у холодильнику відповідно до температури їх зберігання: морозиво — у морозильну камеру, а молоко — на поличку. Чому?

Дізнаймося про...

Для вирішення таких життєвих ситуацій на допомогу приходять фізичні знання.

- **міри та вимірювальні прилади;**
- **вимірювання фізичних величин;**
- **шкалу та ціну поділки вимірювального приладу.**

1. Міри як давні засоби вимірювання

Першими найпростішими засобами вимірювання були ***міри*** — зразки величини, яку вимірюють. У Київській Русі мірою протяжності слугували: *коса сажень* (248 см) — відстань від пальців лівої ноги до кінця пальців піднятої правої руки, *махова сажень* (176 см) — відстань між кінцями пальців розкинутих рук, *лікоть* (45 см) — відстань від кінців пальців до ліктя зігнутої руки. В Англії та США досі використовують як міри *фут* — ступня (31 см), *дюйм* — три зерна ячменю, сухих і круглих, розміщених у довжину кінцем до кінця (25 мм), і навіть *ярд* (91 см) — одиницю довжини, що з'явилася майже 900 років тому та дорівнювала відстані від кінчика носа короля Генріха I до кінця пальців його витягнутої руки.

Мірою місткості в Київській Русі були кадь, цебер, відро; мірою маси — золотник, пуд, фунт, карат та ін. Міра сама по собі має певне значення вимірюваної фізичної величини (1 золотник ≈ ≈ 4 г, 1 пуд ≈ 16 кг, 1 фунт ≈ 400 г, 1 карат = 200 мг).

Для прикладу, купуючи 20 г перцю, потрібно було попросити у купця 5 золотників, а купуючи 2 кг м'яса, замовити 5 фунтів.

До кінця XVIII ст. у світі був повний безлад із мірами. Тому було зроблено перший крок у наведенні порядку. Французький майстер Ленуар у 1799 році виготовив еталон метра — платинову лінійку шириною 25 мм, товщиною 4 мм, а відстань між її кінцями дорівнювала прийнятій одиниці довжини. Прототип метра та дві його контрольні копії зберігаються у Севрі (Франція) у Міжнародному бюро мір та ваг.

2. Вимірювальні прилади

Складнішими і точнішими засобами вимірювань є ***вимірювальні прилади***. Усі вони мають шкалу, за якою визначають значення вимірюваної фізичної величини. Під час вимірювання у вимірювальному приладі відбувається певне фізичне явище. Наприклад, під час вимірювання температури тіла змінюється висота стовпчика ртуті у термометрі. У спідометрі у разі збільшення швидкості руху автомобіля стрілка відхиляється на більший кут.

Деякі прості вимірювальні прилади можна використовувати як міри. Наприклад, якщо потрібно набрати один літр води, а є тільки мензурка місткістю 250 мл, то нам потрібно чотири мензурки. У такому разі мензурку ми використовуємо як міру. Якщо ж на мензурці нанесено шкалу і нам потрібно відміряти 100 мл води, то наливаємо воду до позначки 100 мл. У цьому разі ця мензурка є простим вимірювальним приладом.

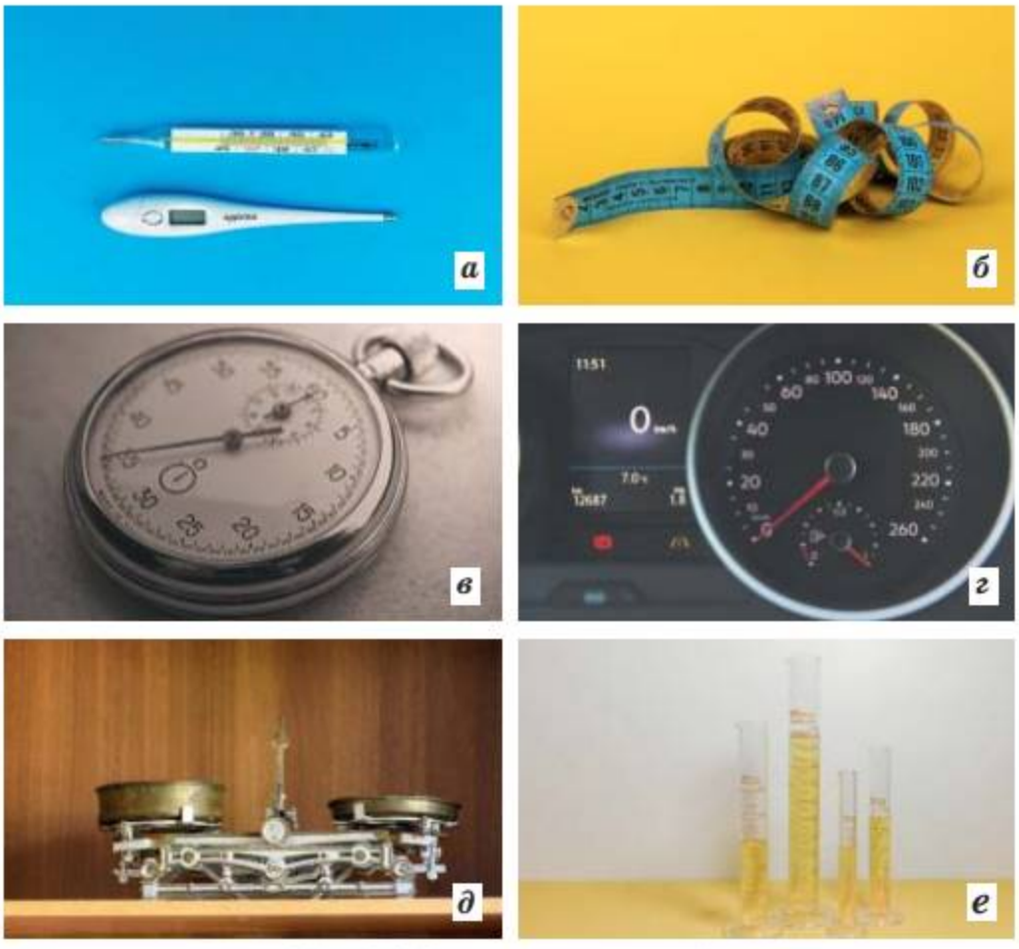
Поміркуйте і дайте відповідь

Розгляньте зображені на мал. 5.1 вимірювальні прилади, назвіть їх та вкажіть їхнє призначення. Який з приладів можна вважати мірою?

3. Ціна поділки шкали вимірювального приладу

На кожному вимірювальному приладі нанесено шкалу. Вона складається зі штрихів (підписаних числами і не підписаних), чисел та одиниць вимірювань. Щоб зняти покази приладу, необхідно вміти визначати ціну поділки його шкали.

Ціна поділки шкали вимірювального приладу — це значення величини між двома найближчими штрихами шкали цього приладу. Щоб визначити ціну поділки шкали вимірювального приладу, необхідно: знайти два найближчих штрихи шкали, позначені циф-



Мал. 5.1. Вимірювальні прилади

рами; від більшого значення відняти менше; одержаний результат поділити на кількість поділок між ними.

Кожен прилад має нижню та верхню ***межі вимірювання*** — найменше та найбільше значення фізичної величини, які можна виміряти цим засобом.

Приклад

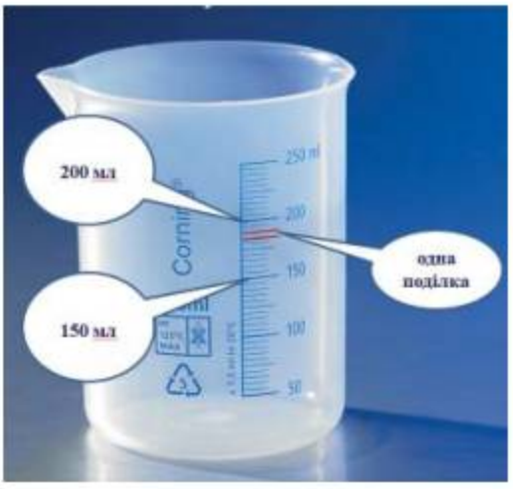
Визначаємо ціну поділки шкали мензурки та її межі вимірювання (мал. 5.2).

1. Візьмемо будь-які найближчі штрихи шкали, які позначені цифрами, наприклад 150 мл та 200 мл.

2. Знайдемо їх різницю:

$$200 \text{ мл} - 150 \text{ мл} = 50 \text{ мл}.$$

3. Порахуємо кількість поділок між 150 мл та 200 мл, їх кількість дорівнює 10.



Мал. 5.2. Визначення ціни поділки шкали мензурки

4. Ділимо різницю на кількість поділок:

$$C = \frac{200\ мл - 150\ мл}{10} = \frac{50\ мл}{10}.$$

Отже, ціна поділки шкали цієї мензурки 5 мл.

5. Нижня межа — 50 мл, верхня межа — 250 мл.

Неможливо виміряти фізичну величину абсолютно точно, оскільки виникають похибки (відхилення), пов'язані із зоровим сприйняттям інформації та властивостями засобів вимірювання.

Запам'ятайте

Міра — зразок величини, яку вимірюють.

Ціна поділки шкали вимірювального приладу — це значення величини між двома найближчими штрихами його шкали.

Межі вимірювання — найменше та найбільше значення фізичної величини, які можна виміряти цим приладом.

Перевірте себе

1. Визначте межі вимірювання та ціну поділки шкали мензурок (мал. 5.3).



Мал. 5.3. Мензурки з різною ціною поділки шкали

2. Знайдіть помилку.

Фізична величина	Символ	Одиниці вимірювання в СІ	Прилад для вимірювання фізичної величини
Протяжність	l	м	спідометр
Час	t	хв	секундомір
Маса	S	кг	терези
Температура	T	°С	термометр
Об'єм рідини	V	л	вимірювальна стрічка

3. Що означає народне прислів'я «Сім разів відміряй, один — відріж»?



Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Виготовте простий вимірювальний прилад — вимірювальну стрічку або мензурку з ціною поділки шкали 1 мм, 1 мл відповідно. Використайте для цього підручні матеріали: картон, лінійку, олівець, одноразову прозору пластикову склянку, одноразовий шприц (без голки).

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!



Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Вимірювальний прилад	Measuring instrument
Вимірювальна стрічка	Measuring tape
Мензурка	Graduated/measuring/ mixing cylinder
Терези	Scales
Секундомір	Timer, stopwatch

Лабораторна робота № 1
Вимірювання об'ємів різних тіл

Мета: навчитися вимірювати об'єми тіл правильної та неправильної геометричної форми.

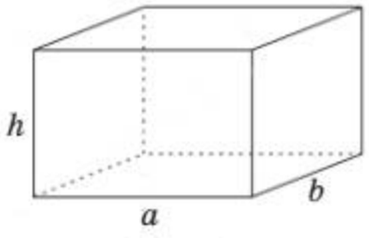
Обладнання: лінійка, вимірювальний циліндр (мензурка), тверде тіло правильної геометричної форми (прямокутний паралелепіпед), тверде тіло неправильної геометричної форми, посудина з водою.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

I. Вимірювання об'єму тіла правильної геометричної форми.

1. Визначте ціну поділки шкали лінійки.
2. Розгляньте тверде тіло, що має форму прямокутного паралелепіпеда (мал.1).
3. Виміряйте сторони прямокутного паралелепіпеда:
a — довжина, b — ширина, h — висота тіла.
4. Визначте об'єм прямокутного паралелепіпеда за формулою: $\boldsymbol{V = abh}$.
5. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 1.



Мал. 1

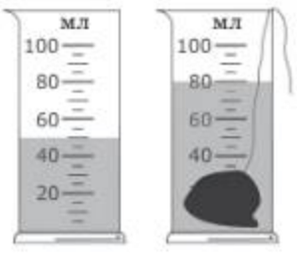
Таблиця 1

Довжина тіла, a, см	Ширина тіла, b, см	Висота тіла, h, см	Об'єм тіла, V, см^3

II. Вимірювання об'єму тіла неправильної геометричної форми.

1. Визначте ціну поділки шкали мензурки.
2. Налийте у мензурку (мал. 2) води стільки, щоб можна було повністю занурити у неї досліджуване тіло.
3. Виміряйте об'єм налитої рідини V_1.
Пригадайте: 1 мл = 1 см^3.
4. Занурте у воду досліджуване тіло.
5. Виміряйте загальний об'єм води з тілом V_2.
6. Визначте об'єм досліджуваного тіла за формулою

$$V_т = V_2 - V_1.$$



Мал. 2

7. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 2.

Таблиця 2

Початковий об'єм рідини, V_1, см^3	Об'єм рідини з тілом, V_2, см^3	Об'єм тіла, $V_т$, см^3

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме визначали під час виконання лабораторної роботи; значення яких величин обчислювали та які результати отримали; чи можна вважати результати експерименту абсолютно точними; де набуті знання можна використати на практиці).

Додаткове завдання

У мірну склянку, верхня межа вимірювання якої 250 мл, налили 100 мл води і помістили туди кубик довжиною ребра 5 см. Чи виллється вода зі склянки? Доведіть свої міркування за допомогою математичних розрахунків.

Лабораторна робота № 2
Вимірювання розмірів малих тіл різними способами

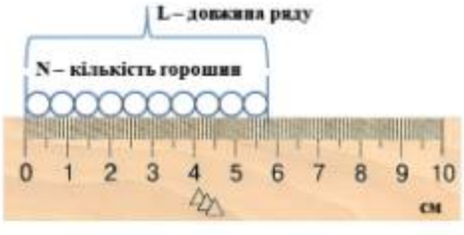
Мета: навчитися вимірювати розміри малих тіл методом рядів.
Обладнання: лінійка з міліметровими поділками, посудини з горохом та пшоном, зубочистка, нитка, олівець.

Теоретичні відомості

Для того щоб виміряти розміри малих тіл методом рядів, потрібно:

- покласти певну кількість горошин уздовж лінійки щільно в ряд;
- виміряти довжину ряду;
- обчислити діаметр горошини за формулою:

$$\text{діаметр} = \frac{\text{(довжина ряду)}}{\text{(кількість горошин)}}.$$



Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

1. Визначте ціну поділки шкали лінійки.
2. Покладіть у ряд впритул до лінійки за допомогою зубочистки 20—25 штук (N) горошин.
3. Виміряйте довжину ряду L у міліметрах.
4. Визначте розмір (діаметр) d_0 однієї горошини методом рядів за формулою $d_0 = \frac{L}{N}$.
5. Проведіть аналогічний експеримент із пшоном.
6. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 1.

Таблиця 1

№ з/п	Найменування частинки	Кількість частинок в ряді, N	Довжина ряду, L, мм	Діаметр частинки, d_0, мм
1	Горох			
2	Пшоно			

7. Намотайте на олівець впритул 20—25 витків (N) нитки. Виміряйте довжину ряду L та визначте товщину (діаметр) d_0 нитки.
8. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 2.

Таблиця 2

Кількість витків у ряді, N	Довжина ряду, L, мм	Діаметр нитки, d_0, мм

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме визначали під час виконання лабораторної роботи; значення яких величин обчислювали та які результати отримали; чи можна вважати результати експерименту абсолютно точними; де набуті знання можна використати на практиці).

Додаткове завдання

Запропонуйте спосіб визначення об'єму однієї горошини, використовуючи мензурку з водою та посудину з горохом.

§ 6. Речовини в природі. Атоми і молекули. Їх рух і взаємодія

Народна мудрість про людей, які посварилися, каже: «Горшки перебили» або «Розбитий глечик не склеїш», бо вони перестають спілкуватися. Скласти з черепків глечик неможливо. Чому? І знову на допомогу нам приходить фізика.

Дізнаймося про...

- **речовину;**
- **молекули та атоми;**
- **молекулярно-кінетичну теорію.**

1. Різноманітність речовин

Існують сотні тисяч різних речовин, які створила природа (природні — вода, деревина, пісок, глина, мармур, вугілля, нафта та ін.) і людина (штучні — цемент, скло, сталь, чавун, пластмаса, гума, капрон тощо). Вода — речовина, без якої неможливе життя на планеті Земля. Первісні люди використовували воду та здобуті збиральництвом продукти. З часом вони почали займатися мисливством, скотарством, землеробством. Дерев'яні палки та кам'яні сокири були замінені міцнішими знаряддями праці, виготовленими з міді, бронзи, заліза. Цікаво, що за використанням речовин історію людства поділили на три археологічні періоди: кам'яну добу, бронзову добу й залізну добу.

Сучасна людина навчилася створювати матеріали з потрібними для різних технічних і побутових потреб властивостями (тканини, пластмаси, сплави металів тощо).

Кожне фізичне тіло виготовлене з однієї або кількох речовин. Розглянемо приклади фізичних тіл та речовин, з яких вони виготовлені (табл. 6.1).

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Наведіть приклади фізичних тіл, виготовлених з різних речовин.

2. Наведіть приклади трьох тіл, виготовлених з однієї речовини.

Таблиця 6.1

Фізичне тіло	Речовина
Олівець	Деревина, графіт
Шуруп	Залізо
Ніж	Сталь, пластмаса
Обручка	Золото, срібло
Склянка	Скло

2. Будова речовини

А з чого складається речовина? Найдрібнішою частинкою речовини, яка визначає її хімічні властивості, є ***молекула***. Молекули різних речовин різняться складом і розміром. Усі молекули однієї речовини є однаковими, незалежно від агрегатного стану речовини.

Кожна молекула складається з ***атомів***. Термін «атом» (неподільний) запровадив ще давньогрецький філософ Демокріт.

Установлено, що розмір (діаметр) атома дуже малий — приблизно 0,0000000001 м.

Якщо речовина складається з атомів одного виду — вона ***проста***. Наприклад, молекула хлору Cl_2 складається з двох атомів хлору, молекула йоду I_2 — з двох атомів йоду.

Якщо речовина складається з атомів різного виду — вона ***складна***. Наприклад, молекула амоніаку NH_3 складається з одного атома азоту та трьох атомів водню, молекула води H_2O — з двох атомів водню та одного атома кисню.

Поміркуйте і дайте відповідь

Укажіть, які з перелічених нижче речовин є простими, а які складними: хлоридна кислота HCl, водень H_2, сульфатна кислота H_2SO_4, нітратна кислота HNO_3, азот N_2, залізо Fe.

3. Учення про будову речовини

Учення про будову речовини називають ***молекулярно-кінетичною теорією***. Воно ґрунтується на трьох основних положеннях:

- усі речовини складаються з частинок — молекул, атомів;
- частинки речовини перебувають у безперервному безладному (хаотичному) русі;

• частинки взаємодіють одна з одною (притягуються та відштовхуються).

Частинки речовини відокремлені одна від одної проміжками і перебувають у безперервному безладному русі.

Хаотичний рух молекул називають ***тепловим рухом***, оскільки він пов'язаний з температурою тіла. Чим швидше рухаються молекули, тим температура тіла є вищою, і навпаки (про це дізнаєшся детальніше у восьмому класі).

Незважаючи на те що між частинками всіх твердих тіл існують проміжки, ці тіла не розпадаються. Чому? Більше того, потрібно докласти значних зусиль, щоб їх розламати. Якщо ж розламали, то з'єднати назад буває важко, а інколи неможливо.

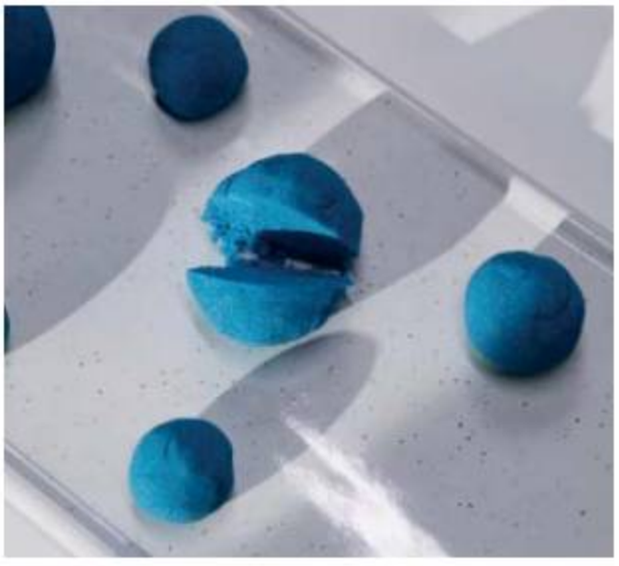
Це зумовлено тим, що між молекулами існує взаємне притягання, яке помітне лише тоді, коли частинки перебувають дуже близько одна до одної — на відстанях, рівних або дещо більших за розміри молекул.

Під час розламування крейди на два шматки, утворюються ще й крихти (мал. 6.1). Коли ми їх хочемо з'єднати знову у суцільний брусок, нам це не вдається, оскільки відстані між шматками крейди стали більшими за розмір молекул крейди.

А якщо поділити шматок пластиліну на дві частини, то його легко з'єднати назад, оскільки відстані між шматками пластиліну є сумірними з розмірами молекул (мал. 6.2).



Мал. 6.1. Розламана крейда



Мал. 6.2. Розділений пластилін

Ми з'ясували, що між молекулами існує взаємне притягання. Тоді чому між ними є проміжки? Чому вони не злипаються? Це відбувається тому, що одночасно з притяганням між молекулами існує й відштовхування. Воно проявляється в разі зближення молекул на відстані, які менші за їхні розміри.

Поміркуйте і дайте відповідь

Гаварецька кераміка — традиційний народний промисел чорнодимленої кераміки, розташований у селі Гавареччина Золочівського району Львівської області. Гончарні вироби (мал. 6.3) — філіжанки, мисочки, джезви, глечики, вази, макітри, чанашниці, підсвічники, вазони — традиційно чорного і темно-сріблястого кольору — відомі на весь світ.

Чому готовий гончарний виріб у разі пошкодження неможливо відновити простим складанням, а глиняну заготовку, поділену на шматки, можна скласти в одне ціле дуже легко?



Мал. 6.3. Гаварецька кераміка



Мал. 6.4. Гончар за роботою

Запам'ятайте

Найдрібнішою частинкою речовини, яка визначає її хімічні властивості, є ***молекула***.

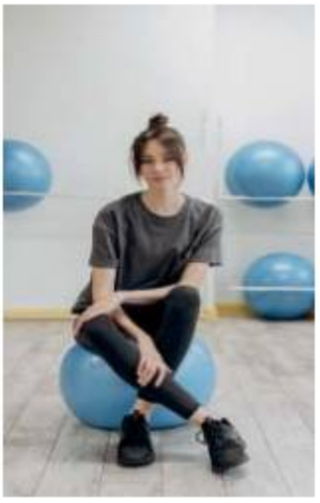
Якщо речовина складається з атомів одного виду — вона ***проста***.

Якщо речовина складається з атомів різного виду — вона ***складна***.

Перевірте себе

Учення про будову речовини називають ***молекулярно-кінетичною теорією***.

1. Чому м'яч відновлює свою форму після припинення виконання вправ з ним (мал. 6.5)?
2. Перейдіть за покликанням https://academiabook.club/f7/6.mp4 або проскануйте QR-код, розгляньте дослід та поясніть: чому щільно притиснуті один до одного свинцеві циліндри не роз'єднуються навіть у разі навантаження?



Мал. 6.5. Стиснутий м'яч

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Речовина	Substance
Молекула	Molecule
Атом	Atom
Тепловий рух	Thermal motion

§ 7. Агрегатні стани речовини. Броунівський рух. Дифузія. Осмос

Український поет Степан Пушик у вірші «Грудка України» висловив своє сприйняття рідної землі такими словами:

І хлібом пахне, вишнями, соломою,
І піснею, яку співав козак,
Та грудочка землі стає солоною,
Як сіль чумацька на важких возах.

Чому запахи поширюються на великі відстані, «грудочка землі стає солоною», а «ложка дьогтю псує бочку меду»?

Дізнаймося про...

- **агрегатні стани речовини;**
- **броунівський рух;**
- **дифузію;**
- **осмос.**

1. Три стани речовини



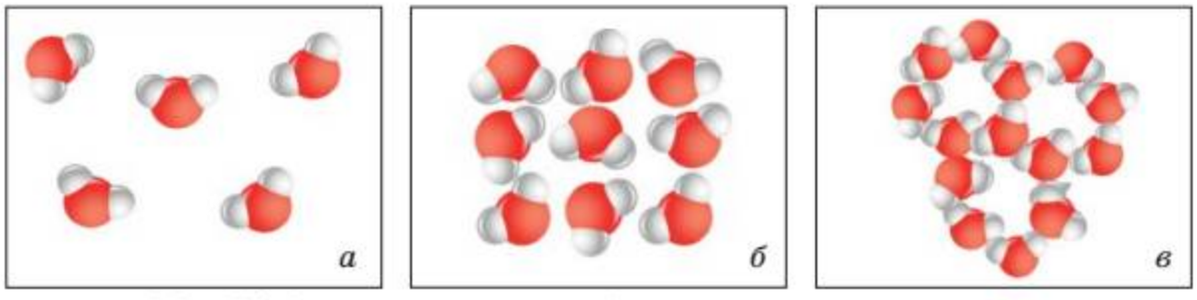
Мал. 7.1. Водоспад Кам'янка, Карпати

Якщо взимку мандруватимете Карпатами, то обов'язково відвідайте водоспад Кам'янка (мал. 7.1). Там зможете побачити одразу три агрегатні стани води: твердий — лід, рідкий — воду, газоподібний — водяну пару. У всіх станах вода складається з однакових молекул, проте властивості льоду, води та водяної пари різні. Це пов'язано із взаємним розміщенням та рухом молекул.

Водяна пара — газоподібний стан води. Молекули розміщені на великих відстанях (у десятки разів більших за розміри молекул) (мал. 7.2, *а*), тому притягання між ними слабке. Унаслідок цього ***гази не мають власної форми та сталого об'єму, заповнюють весь наданий їм об'єм.***

Наприклад, туристи часто використовують газові балони для приготування їжі. Кількість газу в балоні з часом зменшується, проте весь об'єм балона завжди заповнений ним (збільшуються відстані між молекулами).

Вода — рідкий стан. Молекули розміщені на відстанях, сумірних з їхніми розмірами (мал. 7.2, *б*), тому рідини важко стиснути. Молекули здійснюють коливальний рух на одному місці, а інколи



Мал. 7.2. Розміщення молекул води в різних агрегатних станах: а — газоподібному (водяна пара); б — рідкому (вода); в — твердому (лід)

можуть перестрибнути на інше місце. Тому ***рідини зберігають об'єм, легко змінюють свою форму, їм властива плинність (текучість)***.

Лід — твердий стан води. Молекули розташовані в певному порядку близько одна до одної на відстанях, сумірних з розмірами молекул (мал. 7.2, *в*). Вони коливаються навколо певних положень рівноваги та не переміщуються в тілі. ***Тверді тіла зберігають не лише об'єм, а й форму***. У багатьох твердих тілах молекули зберігають порядок у розміщенні — утворюють кристали.

Не лише вода, а й інші речовини можуть перебувати в різних агрегатних станах. Проте тільки вода має різні назви у цих станах. Наприклад, золото не змінює назви у різних агрегатних станах: золото тверде, золото рідке, пара золота.

Поміркуйте і дайте відповідь

Установіть відповідність між прикладом речовини в певному агрегатному стані та її властивостями:

1) розплавлене залізо	А має власну форму, зберігає об'єм
2) пара заліза	Б зберігає об'єм, легко змінює форму
3) залізо у твердому стані	В не має власної форми та сталого об'єму, заповнює весь наданий об'єм

2. Дослідні підтвердження основних положень молекулярно-кінетичної теорії будови речовини

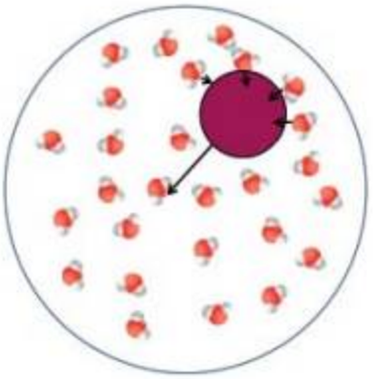
Ще в 1827 році англійський ботанік Роберт Броун, досліджуючи пилок рослин, побачив в окулярі мікроскопа (мал. 7.3) безладний рух частинок пилку у краплі води. Однак пояснити, чому частинки рухаються, не зміг ні сам Броун, ні його колеги. У 1863 році Людвіг Вінер припустив, що рух спричинений постійними ударами молекул води об частинку. Ідею сприйняли в науковому середовищі, проте кількісно рух був описаний лише на початку XX ст.



Мал. 7.3. Мікроскоп

Маріан Смолуховський, що працював тоді у Львівському університеті, та Альберт Ейнштейн у Берні незалежно один від одного вивели математичну формулу, яка пояснює цей рух.

Рух завислих у рідині або газі частинок називають ***броунівським рухом***. Броунівська частинка складається з великої кількості молекул. Вона з усіх боків оточена молекулами рідини або газу, які перебувають у безперервному хаотичному русі. Вони штовхають броунівську частинку, що зумовлює її рух (мал. 7.4).



Мал. 7.4. Броунівський рух

Явище дифузії є також дослідним підтвердженням молекулярно-кінетичної теорії будови речовини.

Дифузія — процес взаємного проникнення молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої речовини, зумовлений безперервним хаотичним рухом частинок.

Запах свіжоскошеної трави, квітучої липи, акації, бузку, свіжої випічки, кави чи парфумів — це все приклади дифузії в газах. Заварювання чаю, підсолоджування різних напоїв, набування смаку та кольору рідкими стравами — це приклади дифузії в рідинах.

Навіть у твердих тілах відбувається дифузія. Якщо взяти дві добре відшліфовані пластини, виготовлені зі свинцю та золота, міцно та щільно притиснути їх одну до одної, то через п'ять років відбудеться взаємне проникнення молекул золота і свинцю на глибину 1 мм.

Сучасна промисловість використовує дифузію у твердих тілах для виготовлення деталей складної форми не із суцільного шматка металу, а з металевого порошку. Його насипають у форму, ущільнюють за допомогою преса та нагрівають. Окремі частинки порошку перетворюються на готову деталь. Така технологія дає змогу економити метал без перетворення його на стружку.

Швидкість перебігу дифузії залежить від температури та агрегатного стану речовини. ***Чим вища температура, тим швидкість перебігу дифузії більша.*** Крім того, ***дифузія найшвидше відбувається в газах, повільніше — в рідинах, і дуже повільно — у твердих тілах.***

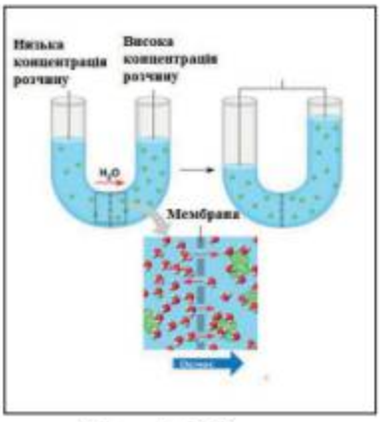
Поміркуйте і дайте відповідь

У якій посудині (мал. 7.5) температура води вища?



Мал. 7.5.
Дифузія в рідині за різних температур

Осмос, як різновид дифузії, відіграє головну роль у дифузних процесах, що відбуваються в живих організмах. Речовина проникає через мембрани, які вкривають клітини.



Мал. 7.6. Осмос

Осмос — це процес однобічної дифузії крізь напівпроникну мембрану частинок розчинника в бік вищої концентрації розчиненої речовини з об'єму нижчої концентрації розчиненої речовини (мал. 7.6).

Першу і єдину в світі електростанцію, яка працює на принципі осмосу (процесі переходу молекул прісної води через напівпроникну перегородку в ємність із солоною), побудовано компанією Stat-kraft в норвезькому містечку Тофте (мал. 7.7).



Мал. 7.7.
Перша у світі осмотична електростанція

Проте дифузія асоціюється не тільки з приємними враженнями. Вона спричиняє забруднення повітря вихлопними газами транспортних засобів, викиди в атмосферу вуглекислого газу, оксиду азоту та сірки промисловими підприємствами, забруднення водойм виробничими і побутовими стоками.

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Чому ложка дьогтю псує бочку меду?

2. Відчувши небезпеку, кальмар виділяє зі свого організму чорнильний пігмент. Як це йому допомагає дезорієнтувати нападника-хижака?

Запам'ятайте

Гази не мають власної форми та сталого об'єму, заповнюють весь наданий їм об'єм.

Рідини зберігають об'єм, легко змінюють свою форму, їм властива плинність (текучість).

Тверді тіла зберігають не лише об'єм, а й форму.

Рух завислих у рідині або газі частинок називають ***броунівським рухом.***

Дифузія — процес взаємного проникнення молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої речовини, зумовлений безперервним хаотичним рухом частинок.

Чим вища температура, тим швидкість перебігу дифузії більша. Найшвидше дифузія відбувається в газах, повільніше — в рідинах, і дуже повільно — у твердих тілах.

Перевірте себе

1. Чому броунівський рух відбувається в газоподібному і рідкому середовищах, але не спостерігається у вакуумі?

2. Чи відбуватиметься броунівський рух частинок квіткового пилку в краплі води, що замерзла? Чому?

3. Чому рибку, яку купили у зоомагазині, не можна довго перевозити у зав'язаному поліетиленовому пакеті з невеликою кількістю води?

4. Чому в салаті, де є картопля і буряк, картопля набуває червоного кольору?

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Створіть модель осмосу, використовуючи картонну коробку, картонний прямокутник з отворами (модель напівпроникної мембрани), ножиці, скріпки, наявні вдома крупи, зерна яких мають різні діаметри.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Агрегатні стани	States of matter (Aggregate states)
Газ	Gas (fluid)
Рідина	Liquid
Тверде тіло	Solid
Броунівський рух	Brownian motion
Дифузія	Diffusion

Лабораторна робота № 3
Дослідження явища дифузії в рідинах і газах

Мета: експериментально дослідити явище дифузії; порівняти швидкості перебігу дифузії в рідинах і газах.

Обладнання: закоркована пробірка з ватою, змоченою нашатирним спиртом або парфумами, прозорі посудини з холодною та гарячою водою, шматочки акварельної фарби, аркуш картону з глянцевим боком, секундомір.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

1. Відкрийте на короткий час пробірку з ватою, змоченою нашатирним спиртом або парфумами.

2. Виміряйте час t_1 від моменту відкривання пробірки до моменту відчуття вами запаху:

$$t_1 = __ \text{ с}.$$

3. На глянцевий бік картонного аркуша крапніть воду і всередину краплі помістіть шматочок акварельної фарби.

4. Виміряйте час t_2, за який крапля води забарвиться:

$$t_2 = __ \text{ с}.$$

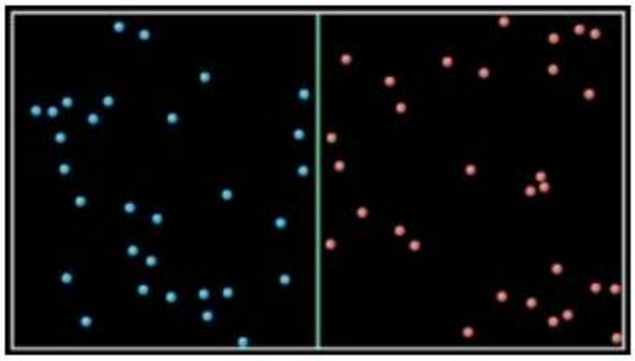
5. Зробіть висновок про залежність швидкості перебігу дифузії від агрегатного стану.

6. Поставте поруч дві посудини з холодною та гарячою водою. Опустіть шматочки фарби у воду. Що ви спостерігаєте? Як залежить спостережуване явище від температури?

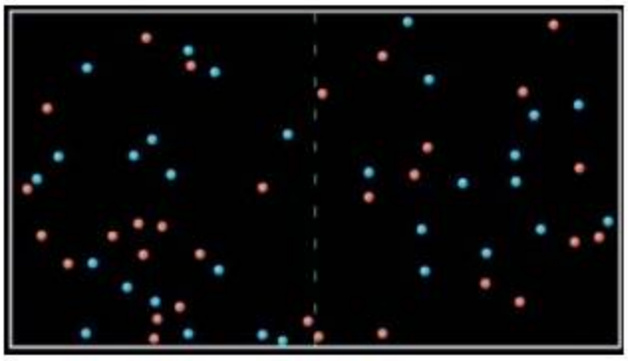
Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (яке явище досліджували під час виконання лабораторної роботи; від чого залежить швидкість перебігу даного явища; де набуті знання можна використати на практиці).

Додаткове завдання

1. На мал. 1 зображено посудину з перегородкою, що розділяє дві різні речовини. Що відбудеться, якщо забрати перегородку в посудині (мал. 2)? Як називається це явище?



Мал. 1



Мал. 2

2. Природний газ, який використовується в нашому побуті, безбарвний та не має запаху. Якщо відбувається його витік, то це стає небезпечним для живих організмів. Запропонуйте, що потрібно зробити, щоб відчути його у разі витікання.

Здійсніть самоперевірку

Заповнити пропущене	https://learningapps.org/watch?v=py4t4kn6k23	
Класифікація «Фізичні явища»	https://learningapps.org/watch?v=pfu8ze6gt23	
Пазл «Фізичне тіло, явище, речовина»	https://learningapps.org/watch?v=pgqmv00m523	
Кросворд «Творці фізики»	https://learningapps.org/watch?v=p8wbtijrn23	
Послідовність «Етапи експериментального дослідження»	https://learningapps.org/watch?v=ptngykjic23	
Числова пряма «Від найменшої до найбільшої»	https://learningapps.org/watch?v=pmzaymp8c23	

Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2)

Орієнтовні теми проєктів:

- Фізичні явища навколо нас.
- Дифузія у нашому житті.
- Дифузія: користь чи шкода?



Механічний рух та його характеристики

§ 8. Механічний рух. Відносність руху. Тіло відліку. Система відліку. Матеріальна точка

Яка мальовнича та багатогранна наша Україна! Скільки цікавих місць для відвідування!

Щороку в серпні біля села Урич Львівської області відбувається масштабне дійство — фестиваль української середньовічної культури «ТуСтань!». Кращі дослідники, історики-науковці, реконструктори, музиканти та інші відвідувачі можуть не тільки зануритися у колорит минулого, а й відтворити його в найменших дрібницях, прожити своє середньовіччя поруч з фортецею Тустань.

А де розташована фортеця? Як і чим дістатися до місця фестивалю? Скільки часу потрібно на дорогу? Це питання, які хвилюють відвідувачів. На допомогу приходить GPS-навігатор з покроковими голосовими підказками (Google Maps, Waze та ін.).

Чи могли б ми самі дізнатися про місце розташування, відстань, розрахувати середню швидкість руху, час, що потрібен на дорогу при різних способах пересування?

Дізнаймося про...

- **механічний рух;**
- **відносність руху;**
- **тіло та систему відліку;**
- **матеріальну точку.**

1. Рух навколо нас

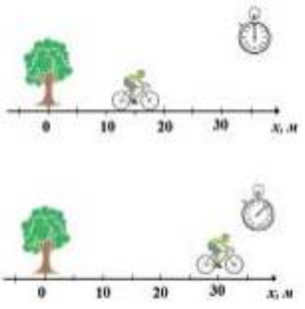
Будинки, мости, дерева, гори, автомобілі, люди, тварини, птахи — усе перебуває в русі. Чи це так? Чи завжди ми помічаємо цей рух? А що таке рух?

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

Коли йдеться про рух тіла, потрібно визначити, відносно яких тіл його розглядають. Тіло, відносно якого визначають положення даного тіла, називають ***тілом відліку***.

Наприклад, будинки, мости, дерева, гори нерухомі, перебувають у стані спокою відносно поверхні Землі, проте вони рухаються відносно Сонця. Поверхня Землі та Сонце є тілами відліку.

Дерево буде нерухомим для спостерігача, який стоїть поруч із ним. Це ж дерево буде рухомим для спортсмена, який проїжджає на велосипеді повз нього. У цьому разі тілами відліку є спостерігач і спортсмен. Тому можна стверджувати, що механічний рух і спокій ***відносні***.



Мал. 8.1. Система відліку

З тілом відліку пов'язують ***систему координат***, яка задається координатними осями. Зміна положення тіла відбувається впродовж певного проміжку часу. Для вимірювання часу потрібен ***годинник***.

Отже, тіло відліку, пов'язана з ним система координат та прилад для вимірювання часу утворюють ***систему відліку***, яка необхідна для визначення положення тіла в просторі в будь-який момент часу (мал. 8.1).

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Чи може рибалка в тумані визначити напрям руху човна, не використовуючи додаткових засобів (мал. 8.2)?

2. Чи можна стверджувати, що повітряні кулі рухаються (мал. 8.3)?



Мал. 8.2. Рибалка на човні в тумані



Мал. 8.3. Повітряні кулі

2. Фізичне тіло і матеріальна точка: спільне та відмінне

Ви вже знаєте, що фізичне тіло — це будь-який предмет живої та неживої природи. Воно займає певний об'єм у просторі, але за деяких умов його розмірами можна знехтувати. У цьому випадку тіло будемо називати матеріальною точкою.

Отже, ***матеріальна точка*** — це фізичне тіло, розмірами якого можна знехтувати за даних умов руху:

• коли розміри тіла малі порівняно з відстанню, яку воно проходить;

• коли розміри тіла малі порівняно з відстанню від нього до інших тіл.

Наприклад, коли потяг проходить відстань зі Львова до Києва, то на цій ділянці його можна вважати матеріальною точкою, оскільки його розміри значно менші за відстань, яку він долає. Потяг Львів — Київ, що перебуває на пероні вокзалу, не можна вважати матеріальною точкою.

Поміркуйте і дайте відповідь

У якому разі біплан — літальний апарат (мал. 8.4) — можна вважати фізичним тілом, а в якому — матеріальною точкою?



Мал. 8.4. Біплан

Запам'ятайте

Зміна з часом положення тіла в просторі відносно інших тіл називається ***механічним рухом***.

Тіло, відносно якого визначають положення даного тіла, називають ***тілом відліку***.

Тіло відліку, пов'язана з ним система координат та прилад для вимірювання часу утворюють ***систему відліку***.

Матеріальна точка — це фізичне тіло, розмірами якого можна знехтувати за даних умов руху:

• коли розміри тіла малі порівняно з відстанню, яку воно проходить;

• коли розміри тіла малі порівняно з відстанню від нього до інших тіл.

Перевірте себе

1. У якому разі тіло **НЕ** можна вважати матеріальною точкою?
   А) Прогулянковий теплохід курсує по Дніпру.
   Б) Земля обертається навколо Сонця.
   В) Ластівка в'є гніздо під стріхою.
   Г) Тюлень дрейфує на крижині.
2. Що ви можете сказати про рух тіл, зображених на мал. 8.5?



Мал. 8.5. Літаки в небі

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Механічний рух	Mechanical motion
Тіло відліку	Reference body (Physical object)
Система відліку	Frame of reference
Матеріальна точка	Point particle

§ 9. Траєкторія. Шлях. Переміщення

Народна мудрість каже: «Як поїдеш в об'їзд, то будеш і на обід, а як навпростець, то увечері». А що про це «скаже» фізика?

Дізнаймося про…

- **траєкторію та її види;**
- **відмінність між шляхом та переміщенням;**
- **види механічного руху.**

1. Траєкторія

Рухи тіл різняться між собою. Для того щоб їх описати, використовують спеціальні ***характеристики***: траєкторію, шлях, переміщення, час, швидкість та ін.

Траєкторія — це уявна лінія, вздовж якої рухається тіло. За формою траєкторії рухи поділяють на ***прямолінійні*** (мал. 9.1) та ***криволінійні*** (мал. 9.2).



Мал. 9.1. Прямолінійна траєкторія



Мал. 9.2. Криволінійна траєкторія

2. Шлях і переміщення

Шлях — це фізична величина, що дорівнює довжині траєкторії.

Шлях позначають символом S. Одиницею вимірювання шляху в системі СІ є ***метр*** **(м)**. Але в реальному житті використовують й інші (кратні та частинні) одиниці вимірювання: міліметр (мм), сантиметр (см), дециметр (дц), кілометр (км).

1 мм = 0,001 м 1 см = 0,01 м

1 дм = 0,1 м 1 км = 1000 м

Тіло завжди рухається у якомусь напрямку. Для того щоб визначити нове положення тіла, потрібно ввести фізичну величину — переміщення.



Мал. 9.3. Рух метелика

Переміщення — напрямлений відрізок прямої, що сполучає початкове положення тіла з кінцевим (мал. 9.3).

Переміщення є ***векторною*** величиною, бо має напрям. Його позначають символом $\vec{S}$. Одиницею вимірювання переміщення в системі СІ є ***метр*** **(м)**.

Поміркуйте і дайте відповідь

Упродовж дня робоча бджола літає за нектаром і пилком, долаючи відстань 2—3 км.

Яка форма траєкторії її польоту? Яке переміщення здійснила бджола, яка вилетіла з вічка (льотка) вулика і повернулася до нього?

Запам'ятайте

Траєкторія — це уявна лінія, вздовж якої рухається тіло.

Шлях — це фізична величина, що дорівнює довжині траєкторії.

Переміщення — напрямлений відрізок прямої, що сполучає початкове положення тіла з кінцевим.

Перевірте себе

1. Виберіть з наведеного переліку тіла, що рухаються прямолінійно і криволінійно: *ліфт піднімається вгору; велосипедист рухається велотреком; ескалатор опускає людину, яка стоїть на ньому; автомобіль рухається серпантинною дорогою; штучний супутник рухається по орбіті навколо Землі.*

2. Під час одиночної гри в середньому тенісист пробігає майже три кілометри. Це шлях чи переміщення?

3. На тренуванні велосипедист проїхав 5 повних кіл довжиною 1,2 км кожне. Визначте шлях і переміщення велосипедиста.

4. Гумовий м'яч кинули з висоти 1,5 м вертикально вниз. Після того як м'яч відбився від підлоги, його піймали на висоті 0,5 м. Визначте шлях і переміщення м'яча.

5. Запишіть у порядку зростання значення довжин траєкторій, перед тим перетворивши їх на одиниці системи СІ: 500 мм; 1 м; 200 см; 0,15 км; 30 дм; 10 дм 70 см; 18 см 200 мм.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Траєкторія	Trajectory
Шлях	Path
Переміщення	Displacement

§ 10. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість

Наше серце — справжнє диво: перекачуючи кров по тілу, воно працює безупинно. Щомиті, навіть уві сні, потужний м'яз серця, скорочуючись, посилає кров у складну мережу кровоносних судин. Кров омиває тіло і повертається в серце, завершуючи подвійне коло кровообігу. Якби ця циркуляція крові припинилася, швидко настала б смерть. Кров приносить із собою кисень і всі речовини, необхідні клітинам для життя, а від них відносить різноманітні відходи життєдіяльності, зокрема й вуглекислий газ.

Кров проноситься артеріями зі швидкістю 1 м/с. На вашу думку, це швидко чи повільно?

Дізнаймося про...

- **рівномірний рух;**
- **швидкість та одиниці її вимірювання;**
- **розрахунок швидкості, шляху, часу рівномірного прямолінійного руху;**
- **оформлення запису розв'язку задачі.**

1. Рівномірний рух

Рівномірним називають рух, під час якого за будь-які рівні малі проміжки часу тіло проходить однаковий шлях.

Такий рух у природі й техніці відбувається дуже рідко. Наприклад, Земля обертається навколо своєї осі, кінець стрілки годинника рухається по циферблату.

Окремим випадком рівномірного руху є рівномірний прямолінійний рух. Траєкторією такого руху є ***пряма***.

Рівномірним прямолінійним називають такий рух, під час якого за будь-які рівні малі проміжки часу тіло здійснює однакові переміщення.

Прикладом такого руху є: рух ескалатора, рух автомобіля на невеликому прямолінійному відрізку шляху, рух течії річки на прямолінійній ділянці русла.

2. Швидкість як характеристика рівномірного прямолінійного руху

Рівномірні рухи різних фізичних тіл відрізняються один від одного швидкостями.

Швидкість рівномірного руху — це фізична величина, що чисельно дорівнює відношенню шляху до часу, за який тіло пройшло цей шлях:

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

Швидкість позначають символом v і розраховують за формулою:

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

Швидкість рівномірного руху показує, який шлях проходить тіло за одиницю часу. На будь-яких ділянках шляху вона однакова.

Одиницею вимірювання швидкості в системі СІ є ***метр за секунду*** **(м/с)**. Це швидкість такого рівномірного прямолінійного руху, за якого тіло за 1 с проходить шлях 1 м.

Також використовують й інші несистемні одиниці вимірювання: км/год, км/с, м/хв, см/с та ін.

Розглянемо приклад: два автомобілі рухаються по шосе зі швидкостями 72 км/год та 25 м/с відповідно. Який з них рухається швидше? Щоб дати відповідь на це запитання, потрібно швидкість виразити в однакових одиницях вимірювання — одиницях СІ. Для цього перетворимо несистемну одиницю швидкості.

Оскільки $1\,\frac{\text{км}}{\text{год}} = 1 \cdot \frac{1000\ \text{м}}{3600\ \text{с}}$, то $72\,\frac{\text{км}}{\text{год}} = 72 \cdot \frac{1000\ \text{м}}{3600\ \text{с}} = 20\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Отже, швидкість другого автомобіля більша.

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Яка швидкість більша: 54 км/год чи 12 м/с; 120 м/хв чи 5 м/с?

2. Виразіть значення швидкості 30 м/с у км/год.

3. Формули шляху та часу рівномірного прямолінійного руху

З формули швидкості можна знайти шлях, який долає тіло за будь-який час його руху, якщо відомі швидкість і час:

$$S = vt$$

та час рівномірного руху, якщо відомі шлях і швидкість:

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

4. Алгоритм розв'язування фізичної задачі

Під час розв'язування фізичних задач прийнято дотримуватися певного алгоритму: ознайомтеся з умовою задачі, запишіть її умову в скороченому вигляді, виразіть необхідні величини в одиницях СІ, оберіть чи виведіть формулу шуканої фізичної величини та обчисліть її значення, проаналізуйте одержаний результат.

Задача. Равлик за одну хвилину може подолати відстань 6 см. Визначте швидкість руху равлика.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$t = 1$ хв	60 с	$v = \frac{S}{t}$	$v = \frac{0{,}06 \text{ м}}{60 \text{ с}} = 0{,}001 \text{ м/с}$
$S = 6$ см	0,06 м		
v — ?			

Відповідь: $v = 0{,}001$ м/с.

Запам'ятайте

Рівномірним називають рух, під час якого за будь-які рівні малі проміжки часу тіло проходить однаковий шлях.

Рівномірним прямолінійним називають такий рух, під час якого за будь-які рівні малі проміжки часу тіло здійснює однакові переміщення.

Швидкість рівномірного руху — це фізична величина, що чисельно дорівнює відношенню шляху до часу, за який тіло пройшло цей шлях: $v = \frac{S}{t}$.

Перевірте себе

1. Виразіть значення швидкості в одиницях СІ: 108 км/год; 54 см/с; 0,9 мм/с.

2. Визначте шлях, який пройде за 2 год пішохід, рухаючись рівномірно прямолінійно зі швидкістю 1,2 м/с.

3. Скільки часу потрібно велосипедистці, яка рухається зі швидкістю 18 км/год, щоб проїхати міст довжиною 250 м?

4. Шанхайський маглев (срібний чемпіон швидкісного руху серед поїздів) рухається зі швидкістю 245 км/год упродовж 7 хв 20 с. За який час цю відстань подолає потяг, рухаючись зі швидкістю 140 км/год?

§ 11. Графічне зображення рівномірного прямолінійного руху

Дізнаймося про...

- **опис рівномірного прямолінійного руху тіла за допомогою графіків;**
- **інформацію, яку можна одержати з графіків руху;**
- **порівняння фізичних величин за графіками руху тіл.**

1. Графік шляху

На мал. 11.1 вказано максимальні значення швидкостей руху тварин.



Мал. 11.1. Максимальні значення швидкостей тварин

Яка із тварин рухається швидше? Звичайно, швидше рухається кінь, оскільки його швидкість більша. Чи можна візуалізувати ці дані? Так, можемо. У багатьох випадках рух тіл зручно описувати за допомогою графіків. На уроках математики ви вже вивчали графіки деяких функцій, графічно виражали залежність однієї величини від зміни іншої.

Графік шляху — це графік, що виражає залежність шляху від часу. Для його побудови необхідно на осі абсцис відкласти час, а на осі ординат — шлях, дотримуючись обраного масштабу.

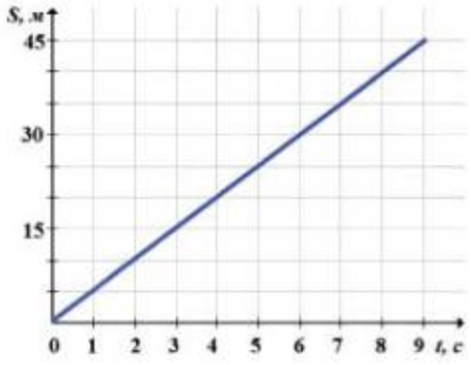
Наприклад, побудуємо графік шляху, пройденого тілом з постійною швидкістю 5 м/с (мал. 11.2). Для розрахунку використаємо формулу $S = \upsilon t$, а в цьому разі $S = 5t$.

Як видно з формули, між пройденим шляхом і часом існує прямо пропорційна залежність, яку на графіку зображаємо прямою лінією.

Для побудови прямої достатньо задати дві точки (табл. 11.1).

Таблиця 11.1

t, с	S, м
0	0
9	45

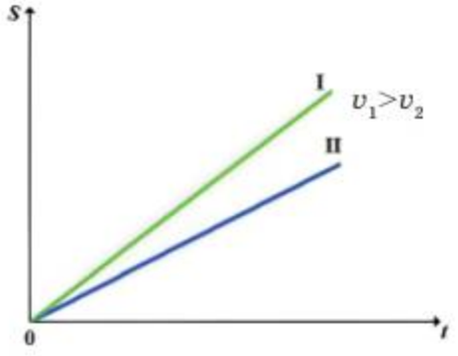


Мал. 11.2.
Графік залежності пройденого шляху від часу

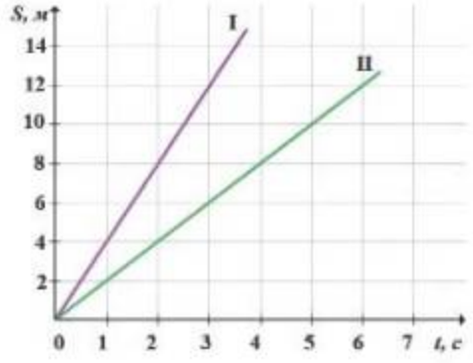
Залежно від значення швидкості кут нахилу прямої до горизонтальної осі буде різним: ***чим більша швидкість, тим кут нахилу буде більшим*** (мал. 11.3).

Поміркуйте і дайте відповідь

За графіком шляху (мал. 11.4) визначте: швидкість якого тіла є більшою і чому; з якою швидкістю рухалося кожне тіло.



Мал. 11.3.
Графіки залежності пройденого шляху від часу

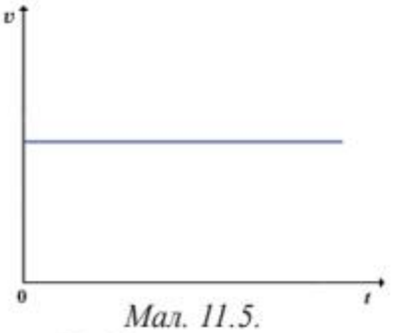


Мал. 11.4.
Графіки шляху двох тіл

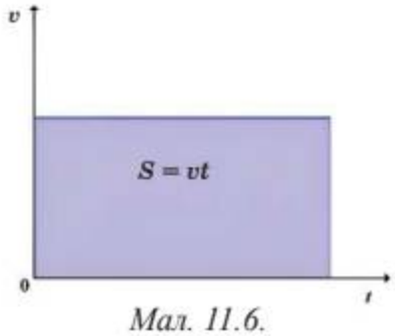
2. Графік швидкості

Графік швидкості — це графік, що виражає залежність швидкості від часу. Для його побудови необхідно на осі абсцис відкласти час, а на осі ординат відкласти швидкість, дотримуючись обраного масштабу.

Оскільки під час рівномірного прямолінійного руху швидкість тіла з часом не змінюється, графіком швидкості буде пряма, яка паралельна осі часу (мал. 11.5).



Мал. 11.5.
Графік залежності швидкості від часу

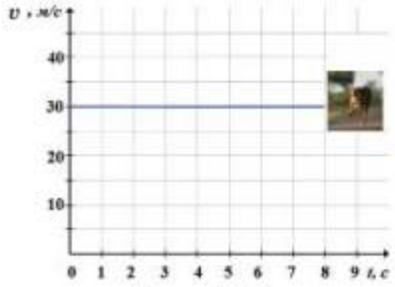


Мал. 11.6.
Графічне визначення пройденого тілом шляху

Пройдений тілом шлях за даний інтервал часу визначається як площа прямокутника під графіком швидкості руху тіла (мал. 11.6).

Поміркуйте і дайте відповідь

Використовуючи графік швидкості руху гепарда (мал. 11.7), визначте час його руху та шлях, пройдений ним за цей час.



Мал. 11.7.
Графік швидкості руху гепарда

Запам'ятайте

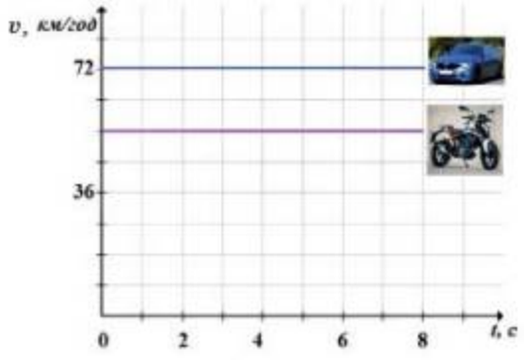
Графік шляху — графік, що виражає залежність шляху від часу. Для його побудови необхідно на осі абсцис відкласти час, а на осі ординат — шлях, дотримуючись обраного масштабу.

Графік швидкості — графік, що виражає залежність швидкості від часу. Для його побудови необхідно на осі абсцис відкласти час, а на осі ординат — швидкість, дотримуючись обраного масштабу.

Перевірте себе

1. Потяг на прямолінійній ділянці рухається зі сталою швидкістю 20 м/с. Побудуйте графіки залежності швидкості та шляху від часу.

2. За графіками швидкості руху двох тіл (мал. 11.8) з'ясуйте: яке тіло рухалося повільніше; які значення їх швидкостей; який шлях (в метрах) пройшло кожне тіло за 30 с руху.



Мал. 11.8.
Графіки швидкості руху двох тіл

§ 12. Нерівномірний рух. Миттєва швидкість. Середня швидкість

Чи можемо ми від крайньої західної точки (село Соломонове Закарпатської області) до крайньої східної точки (село Ранкова Зоря Луганської області) увесь час рухатися з однаковою швидкістю? Звичайно, ні. Потрібен час на відпочинок — зупинку, варто враховувати правила дорожнього руху, згідно з якими гранично допустимі значення швидкостей транспортних засобів у населених пунктах та за їх межами є обмеженими. Не можна забувати про інших учасників дорожнього руху (пішоходів, водіїв та пасажирів різних транспортних засобів, тварин), а також про те, що дорога буває не тільки прямою. Тому, щоб уникнути дорожньо-транспортних пригод під час руху, потрібно змінювати швидкість.

Дізнаймося про...

- **рух з різною швидкістю;**
- **характеристики такого руху;**
- **розрахунок середньої швидкості.**

1. Нерівномірний рух

Подорожуючи автомобілем, потягом, автобусом чи мандруючи пішки, неважко помітити, що ми на різних ділянках шляху рухаємось по-різному: швидко, повільно, збільшуючи швидкість чи зменшуючи її, або взагалі зупиняємось.

Рух, під час якого тіло за будь-які однакові проміжки часу проходить різні шляхи (або однаковий шлях проходить за різний час), називають ***нерівномірним***.

2. Миттєва та середня швидкість

Характеристиками нерівномірного руху є миттєва та середня швидкості. ***Миттєва швидкість*** — це швидкість тіла у даний момент часу (у даній точці траєкторії).

Усі сучасні транспортні засоби мають прилад, за допомогою якого визначають миттєву швидкість. Цей прилад називають ***спідометром*** (мал. 12.1). Крім спідометра, сучасні автомобілі мають ще бортовий комп'ютер.



Мал. 12.1. Спідометр



Мал. 12.2. Бортовий комп'ютер

Бортовий комп'ютер (маршрутний комп'ютер, бортовик) — невеликий автомобільний пристрій, який зчитує, обробляє і виводить на дисплей корисну інформацію. Це середня та миттєва швидкість, пройдена відстань, час, витрачене паливо, температура повітря у салоні та за бортом, неполадки автомобіля та багато інших параметрів (мал. 12.2).

Середня швидкість — фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню шляху, пройденого тілом, до проміжку часу, за який цей шлях було пройдено:

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



Мал. 12.3. Швидкісний потяг

Цікаво, що швидкісні потяги «Інтерсіті» та «Інтерсіті+» рухаються із середньою швидкістю, трохи більшою за 80 км/год. Лише на деяких напрямках, таких як Київ — Харків та Київ — Львів, швидкість сягає 110 км/год. Максимальна швидкість потяга в Україні 160 км/год. Але це не середня швидкість, а миттєва швидкість на деяких ділянках шляху (мал. 12.3).

Середня швидкість не є середнім арифметичним значенням швидкостей на різних ділянках шляху.

Якщо тіло за проміжки часу t_1, t_2, t_3 проходить відповідні шляхи S_1, S_2, S_3, то для обчислення середньої швидкості потрібно знайти весь шлях руху і весь час руху, а потім — відношення цих величин:

$$v_c = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3}.$$

Поміркуйте і дайте відповідь

За перші 50 с собака пробіг 200 м, за наступні 40 с — ту ж саму відстань, а потім ще 200 м він подолав за 60 с. Чи можна вважати такий рух рівномірним? Визначте середню швидкість руху собаки. (Здійсніть усний розрахунок.)

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. На тренуванні велосипедист проїхав спочатку 30 км за 45 хв, а потім ще 50 км за 2 год. Визначте середню швидкість руху велосипедиста на всьому шляху.

Дано:	СІ
$S_1 = 30$ км	30000 м
$t_1 = 45$ хв	2700 с
$S_2 = 50$ км	50000 м
$t_2 = 2$ год	7200 с
v_c — ?	

$v_c = \dfrac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2}$

Розв'язання:

$v_c = \dfrac{30000 \text{ м} + 50000 \text{ м}}{2700 \text{ с} + 7200 \text{ с}} \approx 8 \text{ м/с}$

Відповідь: $v_c \approx 8$ м/с.

Запам'ятайте

Нерівномірний рух — це рух, під час якого тіло за будь-які однакові проміжки часу проходить різні шляхи.

Миттєва швидкість — це швидкість тіла у даний момент часу (у даній точці траєкторії).

Середня швидкість — фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню шляху, пройденого тілом, до проміжку часу, за який цей шлях було пройдено.

Перевірте себе

1. Туристи пройшли 5,4 км за 1 год, наступні 10 км рухались зі швидкістю 4 км/год. Визначте їхню швидкість на першій ділянці руху. Визначте середню швидкість руху туристів на всьому шляху.

2. Скільки часу потрібно для того, щоб потрапити зі Львова на фестиваль у Тустань, мандруючи автомобілем, якщо відстань від

Львова до Тустані становить приблизно 110 км, а середня швидкість руху автомобіля 62 км/год? Додатково розрахуйте: час руху до Тустані з того населеного пункту, де ви проживаєте (інформацію про відстань знайдіть в інтернет-ресурсах або інших джерелах); кошти на пальне, що затратить транспортний засіб, яким ви скористаєтеся (інформацію про розхід та ціну палива отримайте з додаткових джерел).



Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Складіть алгоритм дій та визначте середню швидкість вашого безпечного руху на ділянці «будинок — школа» чи середню швидкість руху вашого домашнього улюбленця.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!



Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Рівномірний прямолінійний рух	Uniform linear motion
Швидкість	Velocity
Нерівномірний рух	Non-uniform motion
Миттєва швидкість	Instantaneous velocity
Середня швидкість	Average velocity
Спідометр	Speedometer

§ 13. Рух небесних тіл

Всесвіт перебуває у постійному русі. Навіть зараз, сидячи нерухомо і читаючи підручник, ми мчимо по Всесвіту з величезними швидкостями. З якими і чому — сьогодні з'ясуємо.

Дізнаймося про...

- **орбіти планет;**
- **швидкості небесних тіл;**
- **закони руху планет;**
- **цікаві факти про Землю і Місяць.**

1. Добовий і річний рухи планет

Усі об'єкти поза межами Землі називають ***небесними тілами***. Сонце, зорі, планети та їх супутники, комети, астероїди — приклади небесних тіл.

Кожна планета в Сонячній системі здійснює одночасно два рухи: річний і добовий. ***Рік*** — це проміжок часу, за який планета робить один повний оберт навколо Сонця. ***Доба*** — час одного повного оберту планети навколо своєї осі.

Для Землі: 1 рік = 365 діб 5 год 48 хв 46 с;

1 доба = 23 год 56 хв 4 с.

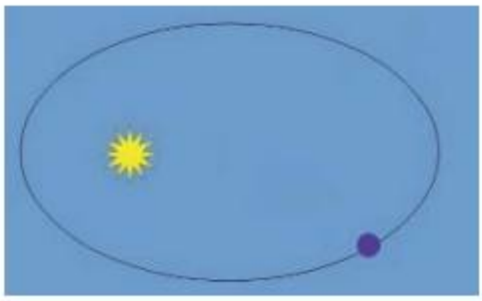
У табл. 13.1 наведено дані про тривалість доби і року на всіх планетах Сонячної системи.

Таблиця 13.1

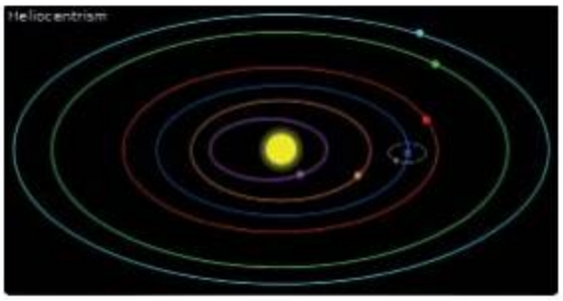
Назва планети	Тривалість року	Тривалість доби
Меркурій	88 земних діб	176 земних діб
Венера	224,7 земної доби	117 земних діб
Земля	365,25 земної доби	24 год
Марс	687 земних діб	24 год 37 хв
Юпітер	12 земних років	9 год 55 хв
Сатурн	30 земних років	10 год 20 хв
Уран	84 земних роки	17 год 14 хв
Нептун	164,8 земного року	16 год

2. Особливості руху планет

Траєкторію руху планети називають орбітою. ***Орбітою*** Землі є не коло, а еліпс — витягнута замкнена крива (мал. 13.1). Виявляється, всі планети мають ***еліптичні*** орбіти, які за формою наближаються до колових (мал. 13.2).

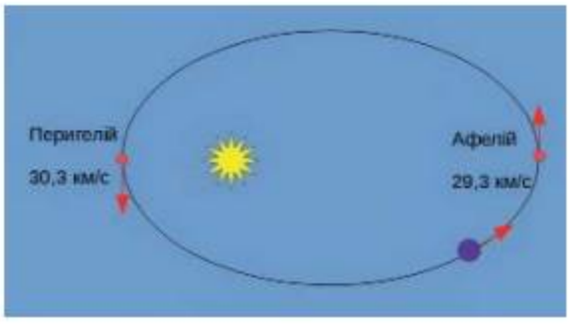


Мал. 13.1. Орбіта руху Землі



Мал. 13.2. Орбіти руху планет

Рухаються планети навколо Сонця зі змінною швидкістю. Максимальною вона є в найближчій до Сонця точці орбіти (*перигелії*), а мінімальною — у найвіддаленішій точці (*афелії*). Земля рухається по своїй орбіті із середньою швидкістю 30 км/с, змінюючи її від 29,3 км/с до 30,3 км/с (мал. 13.3).



Мал. 13.3. Швидкість Землі у різних точках траєкторії

Кожна планета має свою орбітальну середню швидкість. Вона залежить від порядку розміщення: ***чим далі планета від Сонця, тим повільніше вона рухається.***

Першим описав характер руху планет у Сонячній системі німецький астроном ***Йоганн Кеплер.***

Суть його законів полягає в тому, що:

- всі планети обертаються навколо Сонця по еліптичних орбітах;
- вони рухаються зі змінною швидкістю, яка зростає з наближенням до Сонця, а з віддаленням від нього зменшується;
- чим далі планета розміщена від Сонця, тим повільніший її рух.



Йоганн Кеплер

Поміркуйте і дайте відповідь

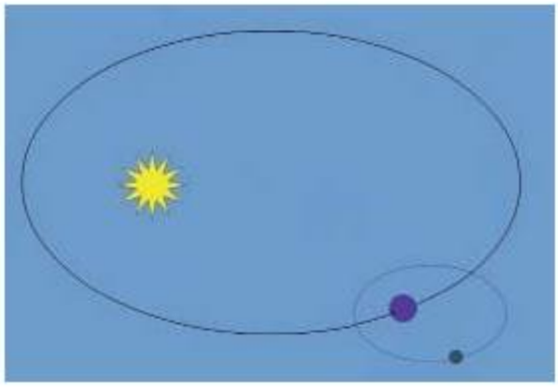
1. Визначте відстань, яку долає Земля за 1 хвилину, рухаючись по своїй орбіті навколо Сонця?

2. Установіть відповідність між планетою та її середньою швидкістю.

1) Венера	А 30 км/с
2) Земля	Б 35 км/с
3) Марс	В 24 км/с

3. Дещо про Землю, Місяць і Сонце

За законами Кеплера рухаються не тільки планети, а й їхні супутники. ***Супутником*** називають небесне тіло, яке обертається навколо планети. Відмінність лише у тому, що для планети центральним тілом, навколо якого вона рухається, є Сонце, а для супутника — його планета.



Мал. 13.4. Рух Місяця навколо Землі

Місяць — супутник Землі, що рухається навколо неї по еліптичній траєкторії із середньою швидкістю 1 км/с, здійснюючи один оберт за 27,3 доби (мал. 13.4).

За такий самий проміжок часу (27,3 доби) він обертається навколо своєї осі. Це зумовлює цікаве явище: Місяць завжди повернутий до Землі одним боком. Зворотного боку нашого супутника ми із Землі не можемо побачити.

Оскільки Земля обертається навколо своєї осі, то кожне тіло, яке є на її поверхні, набуває швидкості, значення якої залежить від географічної широти. Найбільша вона на екваторі — 1674 км/год, а на полюсах дорівнює нулю. На широті Києва кожен з нас рухається зі швидкістю 1076 км/год (≈299 м/с).

Сонце також рухається: воно обертається навколо центра нашої ***Галактики***, маючи швидкість 220 км/с.

Отже, перебуваючи в стані спокою відносно поверхні Землі, ми подорожуємо Всесвітом: зі швидкістю 1076 км/год через добове обертання Землі, зі швидкістю 30 км/с внаслідок річного руху Землі та зі швидкістю 220 км/с завдяки руху Сонця.

Запам'ятайте

Об'єкти поза межами Землі називають ***небесними тілами***.
Орбіта — це траєкторія руху небесного тіла.
Супутник — небесне тіло, яке обертається навколо планети.
Орбіти планет мають форму ***еліпса***.

Перевірте себе

1. Визначте відстань, яку долає Марс за 5 хвилин, рухаючись по своїй орбіті навколо Сонця.

2. Скільки вам було б зараз років, якби ви народилися і жили на Марсі?

3. Розпізнайте неправдиву інформацію.

Сонце обертається навколо Землі, тому що воно кожного ранку сходить і кожного вечора заходить. Земля обертається навколо своєї осі, тому маємо день і ніч.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Небесне тіло	Celestial body
Планета	Planet
Орбіта	Orbit
Супутник	Natural Satellite (moon)

Здійсніть самоперевірку

Заповнити пропущене	https://learningapps.org/watch?v=p1ct0qz4j23	
Вікторина «Механічний рух»	https://learningapps.org/watch?v=pfq2ziota23	
Логічні пари «Фізичні величини, одиниці їх вимірювання в СІ, формули, фізичні прилади»	https://learningapps.org/watch?v=phh2gdck323	
Вільна текстова відповідь «Продовжити речення, вписавши відповідь»	https://learningapps.org/watch?v=pap6ysohj23	
Числова пряма «Хто швидше?»	https://learningapps.org/watch?v=p8qi7gq9n19	
«Розв'яжи задачу»	https://learningapps.org/watch?v=pab2k1ay223	

Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2)

Орієнтовні теми проєктів:

- Швидкості тіл у Всесвіті.
- Швидкості у спорті.
- Порівняння середньої швидкості руху тварин, які мешкають у заповідних зонах України.

Сили в природі



§ 14. Взаємодія тіл. Явище інерції. Прояви інерції в побуті та техніці. Інертність. Маса як міра інертності. Вимірювання маси

Футбольний м'яч летить у ворота після удару по ньому ногою; санки, спустившись з гірки, зупиняються; під час гри у бадмінтон сітка ракетки прогинається, а волан стискається; після вимкнення двигуна автомобіль продовжує рух якийсь час; якщо різко смикнути скатертину, то предмети, що стоять на ній, не падають… Чому?

Дізнаймося про...

- **взаємодію тіл та її наслідки;**
- **явище інерції та його прояви;**
- **інертність;**
- **масу тіла та її вимірювання.**

1. Взаємодія тіл

У навколишньому світі ми спостерігаємо різні дії одних тіл на інші. Ці дії є взаємними: Сонце притягує Землю, а Земля — Сонце; дитина, стрибаючи на батуті, діє на сітку, а сітка — на дитину; ковзани діють на лід, а лід — на ковзани.

У фізиці таку дію тіл одне на одне називають ***взаємодією***. Внаслідок взаємодії тіла можуть змінювати швидкість руху (або швидкість руху окремих своїх частин), форму, розміри.

Поміркуйте і дайте відповідь

Взаємодії між якими тілами зображено на мал. 14.1 та 14.2? Що відбувається внаслідок цих взаємодій?

2. Інерція

Куля, яка лежить на більярдному столі, починає рухатися тільки тоді, коли на неї налетить інша куля, або після удару кия. Якщо таких дій не буде, то куля сама не змінить швидкості, тобто не почне рухатися.



Мал. 14.1.
Стрільба з лука



Мал. 14.2.
Гра у більярд

Зменшити швидкість руху або повністю зупинитися більярдна куля сама по собі не може, а тільки під дією іншого тіла — стола. Якби не було цієї взаємодії, то куля рухалася б нескінченно довго.

Явище збереження швидкості тіла, коли на нього не діють інші тіла або дія інших тіл скомпенсована, називають ***інерцією***. Явище інерції досліджував ще у 1632 році Галілео Галілей.

Проявом явища інерції можна вважати: нахиляння пасажирів у бік руху транспорту в разі різкого гальмування, струшування краплинок дощу з одягу, вибивання пилу з килима, рух ковзаняра по льоду після відштовхування від бортика.

3. Інертність

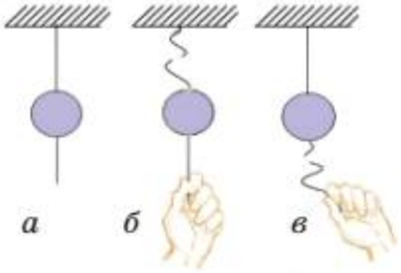
Спробуємо зрушити з місця два різних тіла: шафу та клубок ниток. Зрозуміло, що потрібно прикласти незначне зусилля, щоб змусити клубок рухатися. Якщо ж таке саме зусилля прикласти до шафи, то ніякого руху не буде. Уявіть, з якою швидкістю почне рухатися клубок, якщо до нього прикласти силу, що змушує шафу пересуватися. Причиною цього є інертність, яка у шафи набагато більша, ніж у клубка ниток.

Інертність — це властивість, яка притаманна усім тілам і полягає в тому, що для зміни швидкості тіла потрібен певний час.

Вона проявляється тоді, коли є спроба змінити швидкість руху тіла.

Тіла, яким потрібен більший час для певної зміни швидкості під дією однакової сили, називають ***більш інертними***, ніж тіла, яким для цього потрібен менший час.

Поміркуйте і дайте відповідь



Мал. 14.3. Прояв інертності

На мал. 14.3 зображено прояв інертності кульки, підвішеної на нитці. Чому розірветься нитка, прив'язана зверху, коли повільно тягнути за неї (мал. 14.3, *б*), а коли різко смикнути (мал. 14.3, *в*) — знизу?

4. Маса тіла та її вимірювання

Маса — це фізична величина, що є мірою інертності тіла. Отже, ***чим більша маса тіла, тим більше часу потрібно тілу для зміни його швидкості, і навпаки.***

Масу тіла позначають символом m. Одиницею вимірювання маси в системі СІ є ***кілограм*** **(кг)**. Зразок (еталон) кілограма зберігається у Міжнародному бюро мір і ваг у м. Севрі (Франція).

Також використовують й інші несистемні одиниці вимірювання маси: мг, г, ц, т.

1 мг = 0,000001 кг 1 ц = 100 кг
1 г = 0,001 кг 1 т = 1000 кг

У повсякденному житті масу тіла вимірюють способом зважування. Для цього використовують різні види ва́гів (мал. 14.4).


Мал. 14.4. Ваги

Запам'ятайте

Взаємну дію тіл одне на одне називають ***взаємодією***.

Явище збереження швидкості тіла, коли на нього не діють інші тіла або дія інших тіл скомпенсована, називають ***інерцією***.

Інертність — це властивість, яка притаманна усім тілам і полягає у тому, що для зміни швидкості тіла потрібен певний час.

Маса — це фізична величина, що є мірою інертності тіла.

Перевірте себе

1. З чим взаємодіє човен, коли людина, яка сидить у ньому, веслує?

2. Що буде з велосипедистом, якщо під час руху він наїде на камінь? Чому?

3. Який автомобіль (вантажний чи легковий) швидше зупиниться, якщо рухаються вони з однаковою швидкістю?

4. Маля їжака має масу 25 г. Виразіть значення цієї маси в одиницях СІ.

5. У рецептурному відділі аптеки фармацевт-практикант зважив 14 г лікарської речовини за допомогою електронних ваг. Але він вирішив перевірити цю масу за допомогою важільних терезів. Під час зважування практикант використав такі різноважки: 10 г, 2 г, 1 г, 500 мг, 200 мг, 200 мг і 100 мг. Чи однакові результати його вимірювання?

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Використовуючи вішачок для одягу, два паперові стакани, лінійку, шовкову нитку, шило, картон, ножиці, пластилін або інші підручні матеріали, сконструюйте терези.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Взаємодія	Interaction
Інерція	Inertia
Інертність	Inertness
Маса	Mass
Терези	Scales

§ 15. Густина речовини

Людина здавна прагнула мати прикраси. Відомо, що їх носили ще за часів палеоліту. Приблизно п'ять тисяч років тому в Єгипті, Греції та Римі з'явилися прикраси з благородних металів. Знайдено античні кольє із золота та інші вироби з нього. Ювеліри й нині віддають перевагу дорогоцінним металам завдяки їхній зовнішній привабливості та блиску, а також пластичності та зручності оброблення. Золото для прикрас використовують у вигляді сплавів. З'ясуємо, чим вони різняться.

Дізнаймося про...

- **густину речовини;**
- **розрахунок густини речовини, маси і об'єму тіла.**

1. Густина речовини

Якщо покласти на шальки важільних терезів два тіла, які мають однаковий об'єм (мал. 15.1), то рівновага може порушитися. Чому? Очевидно, їхні маси різні. Якщо ж взяти два тіла однакової маси (мал. 15.2), то їхні об'єми можуть бути різними. Це пов'язано з тим, що речовини, з яких вони виготовлені, мають різну густину.



Мал.15.1. Тіла однакового об'єму



Мал.15.2. Тіла однакової маси

Густина — це фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню маси тіла до його об'єму:

$$\text{густина} = \frac{\text{маса}}{\text{об'єм}}.$$

Густину позначають символом **ρ** («ро») і розраховують за формулою:

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

Густина показує, яка маса речовини міститься в її одиниці об'єму.

Одиницею вимірювання густини в системі СІ є ***кілограм на метр кубічний*** **(кг/м³)**. Тобто це маса 1 м³ речовини.

Також використовують й інші несистемні одиниці вимірювання густини: г/см³, г/дм³ та ін.

Розглянемо зв'язок між одиницями густини:

$$1\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1 \cdot \frac{1000\ \text{г}}{1000000\ \text{см}^3} = 0{,}001\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3},$$

$$1\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 1 \cdot \frac{0{,}001\ \text{кг}}{0{,}000001\ \text{м}^3} = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Різні речовини мають різну густину, яку можна знайти у таблицях густин (додаток 1). За таблицею знайдемо густини алюмінію, води і кисню:

$$\rho_{\text{алюмінію}} = 2700\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},\ \rho_{\text{води}} = 1000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},\ \rho_{\text{кисню}} = 1{,}43\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Як бачимо, вони різні.

Поміркуйте і дайте відповідь

Чому густина речовин є різною?

2. Розрахунок маси та об'єму тіла

З формули густини можна визначити масу тіла, якщо відомі густина речовини та її об'єм:

$$m = \rho V$$

та об'єм тіла, якщо відомі маса тіла й густина речовини:

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

3. Приклад розв'язування задачі

Вінні Пух приніс у подарунок своєму другові Крістоферу Робіну бочечку меду об'ємом 2 л і масою 2,7 кг. Чи «правильні» були бджоли і чи «правильний» мед вони зробили? Таблична густина меду 1350 кг/м³?

Дано:	СІ		Розв'язання:
$V = 2$ л	0,002 м³	$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho = \frac{2{,}7 \text{ кг}}{0{,}002 \text{ м}^3} = 1350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
$m = 2{,}7$ кг			
ρ — ?			

Відповідь: $\rho = 1350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, тому бджоли «правильні» і мед зробили «правильний».

Запам'ятайте

Густина — це фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню маси тіла до його об'єму: $\rho = \frac{m}{V}$.

Густина показує, яка маса речовини міститься в її одиниці об'єму.

Перевірте себе

1. Густина льоду 900 кг/м³. Що це означає?
2. Знайдіть у таблиці (додаток 1) густину водяної пари. Порівняйте її з густиною льоду та поясніть причину різниці цих густин.
3. Знайдіть і виправте помилку:

$240 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} > 2{,}7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; $3{,}9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $8500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} < 7{,}4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

4. Визначте масу олії у пляшці об'ємом 1 л.
5. Визначте об'єм крижини масою 1080 кг.
6. Чавунна куля об'ємом 150 см³ має масу 800 г. Чи є в кулі порожнина?
7. Цегла має розміри 25×12×6,5 см. Визначте її масу.

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Створіть модель пошарового розташування в посудині рідин з різною густиною за складеним вами алгоритмом. За зразок візьміть приготування різнокольорового желе.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Густина	Density

Лабораторна робота № 4
Визначення густини твердих тіл та рідини

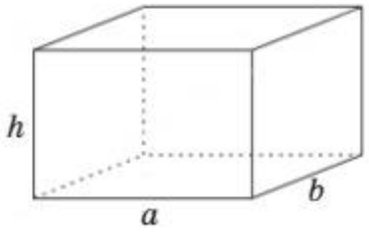
Мета: навчитися визначати густини твердих тіл та рідини.
Обладнання: лінійка, вимірювальний циліндр (мензурка), тверде тіло правильної геометричної форми (прямокутний паралелепіпед), тверде тіло неправильної геометричної форми, посудина з водою, важільні терези, набір важків.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

I. Визначення густини твердого тіла правильної геометричної форми

1. Визначте ціну поділки шкали лінійки.
2. Виміряйте сторони прямокутного паралелепіпеда (мал. 1):
$a =$ _____ см; $b =$ _____ см; $h =$ _____ см.
3. Визначте об'єм прямокутного паралелепіпеда $V =$ _____ см^3.



Мал. 1

4. Виміряйте його масу за допомогою важільних терезів. Результати вимірювань запишіть у табл. 1.

Таблиця 1

Набір важків (наприклад, 1 г, 2 г, 5 г, 10 г, 50 мг, 100 мг)	Маса тіла, m, мг	Маса тіла, m, г

5. Визначте густину речовини, з якої виготовлене тверде тіло правильної геометричної форми $\rho = \frac{m}{V}$:

$\rho =$ _____ $\frac{\text{г}}{\text{см}^3} =$ _____ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

6. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 2.

Таблиця 2

Досліджуване тіло	Маса, m, г	Довжина, a, см	Ширина, b, см	Висота, h, см	Об'єм тіла, V, см^3	Густина, ρ	
						$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

ІІ. Визначення густини рідини

1. Налийте у мензурку 50 мл води:

$V =$ _____ см^3.

Пригадайте: 1 мл = 1 см^3.

2. Виміряйте за допомогою важільних терезів масу порожньої посудини:

$m_1 =$ _____ г.

3. Перелийте рідину з мензурки у посудину для зважування та виміряйте масу посудини з водою:

$m_2 =$ _____ г.

4. Визначте масу води у посудині за формулою $m = m_2 - m_1$:

$m =$ _____ г.

5. Визначте густину води:

$\rho =$_____ $\frac{\text{г}}{\text{см}^3} =$_____ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

6. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 3.

Таблиця 3

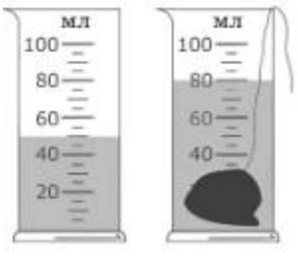
Дослі-джувана речовина	Маса порожньої посудини, m_1, г	Маса посудини з водою, m_2, г	Маса води, m, г	Об'єм води, V, см^3	Густина, ρ	
					$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Вода						

ІІІ. Визначення густини твердого тіла неправильної геометричної форми

1. Виміряйте масу тіла неправильної геометричної форми за допомогою важільних терезів:

$m =$ _____ г.

2. Налийте в мензурку води так, щоб можна було повністю занурити у неї досліджуване тіло (мал. 2).



Мал. 2

3. Виміряйте об'єм налитої рідини V_1:

$V_1 =$ _____ см^3.

4. Занурте у воду досліджуване тіло.

Виміряйте загальний об'єм води з тілом V_2:

$V_2 =$ _____ см^3.

6. Визначте об'єм досліджуваного тіла за формулою $V = V_2 - V_1$:

$V =$ _____ см^3.

7. Визначте густину речовини, з якої виготовлене тверде тіло неправильної геометричної форми:

$\rho =$ _____ $\frac{\text{г}}{\text{см}^3} =$ _____ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

8. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 4.

Таблиця 4

Дослі-джуване тіло	Маса тіла, m_1, г	Об'єм води в мензурці, V_1, см^3	Об'єм води в мензурці після занурення тіла, V_2, см^3	Об'єм тіла, V, см^3	Густина, ρ	
					$\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме визначали під час виконання лабораторної роботи; значення яких величин обчислювали та які результати отримали; чи можна вважати результати експерименту абсолютно точними; де набуті знання можна використати на практиці).

Додаткове завдання

Запропонуйте спосіб визначення густини сплаву з двох речовин, якщо відомі їхні маси та густини.

§ 16. Сили. Вимірювання сил. Динамометр

Усі ми в дитинстві любили українські народні казки. Хто не чув про Микиту Кожум'яку чи Котигорошка? Силу вони мали неабияку! «Котигорошко як рвонувся — так того дуба й вивернув з корінням». «Микита Кожум'яка... — перекинув через плече дванадцять кож волячих разом і поніс їх до річки».



А сучасні силачі — Василь Вірастюк і Олексій Новіков — свого часу мали титул «Найсильніша людина світу».

А що у фізиці розуміють під поняттям «сила»?

Дізнаймося про...

- **силу як міру взаємодії тіл;**
- **вимірювання сили.**

1. Сила як міра взаємодії тіл

Що приводить тіла в рух? Що підтримує цей рух? Що є причиною зупинки тіла?



Мал. 16.1. Змагання на байдарках

Спробуємо дати відповідь на прикладі олімпійського виду спорту — веслування на байдарках. Щоб зрушити човен з місця, необхідна взаємодія весел і води. Спортсмени веслами відкидають воду назад, тим самим штовхаючи човен вперед (мал. 16.1).

Чим частішою й сильнішою буде така взаємодія, тим швидше буде плисти байдарка. Якщо ж припинити веслувати, то швидкість човна поступово зменшуватиметься. Це пов'язано вже із взаємодією човна й води.

Якщо вдарити легко ногою по футбольному м'ячу, то він покотиться по траві та через деякий час зупиниться. А може перелетіти через все футбольне поле, якщо вдарити по ньому сильно.

Проте наслідком взаємодії тіл є не тільки зміна їх швидкості, а й зміна форми та розмірів. В одних випадках це непомітно (взаємодія ноги і м'яча), а в інших — очевидно: пластилінова кулька в разі падіння взаємодіє з підлогою і стає сплюснутою. Досвід підказує — чим сильніше кинути кульку вниз, тим відчутнішою буде зміна її форми.

Це все прояв ***взаємодії тіл***. У кожному з випадків результат залежить від того, наскільки «сильною» буде взаємодія. А як її виміряти? Для цього у фізиці впровадили поняття «сила».

Сила — це фізична величина, яка є мірою дії одного тіла на інше (мірою взаємодії).

Силу позначають символом ***F***. Одиницею сили в СІ є ***ньютон*** (позначають великою літерою **Н**).

Також використовують частинні та кратні одиниці вимірювання:

1 мкН = 0,000001 Н 1 кН = 1000 Н

1 мН = 0,001 Н 1 МН = 1 000 000 Н

Якщо на тіло діє більша сила, то швидкість його руху змінюється на більшу величину. Так, дорослий гравець у боулінг може надати кулі досить великої швидкості (мал. 16.2), а дитина — меншої, бо не може так сильно штовхнути кулю (мал. 16.3).



Мал. 16.2.
Дорослі гравці у боулінг



Мал. 16.3.
Юні гравці у боулінг

Поміркуйте і дайте відповідь

За допомогою математичних знаків (>, <, =) порівняйте значення фізичних величин: 4 кН і 4000 Н; 10 мН і 0,01 Н; 600 мкН і 0,006 Н.

2. Вимірювання сили

Для вимірювання сили використовують спеціальні прилади — ***динамометри***. Динамометр може мати різні конструкції (мал. 16.4).



Мал. 16.4. Динамометри

Лабораторний динамометр складається з пружини, закріпленої на панелі зі шкалою, яка проградуйована в одиницях сили, та стрілки, що приєднана до пружини (мал. 16.5, *а*). Положення стрілки вказує значення сили на шкалі.

Поміркуйте і дайте відповідь

З якими силами тягарці взаємодіють з гачком динамометра в обох випадках (мал. 16.5)?



а *б*

Мал. 16.5. Вимірювання сили

Запам'ятайте

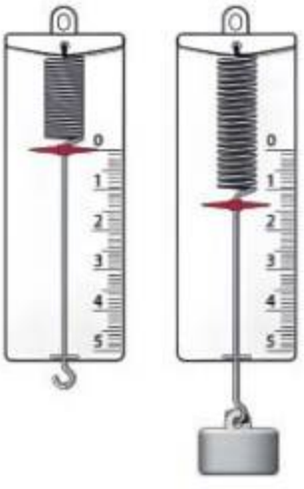
Сила — це фізична величина, яка є мірою дії одного тіла на інше (мірою взаємодії).

Динамометр – прилад для вимірювання сили.

Перевірте себе

1. Запишіть у порядку зростання значення сил, які діють на тіло, попередньо перетворивши їх на одиниці системи СІ: 3 Н, 500 мН, 50 кН, 5 мН.

2. За мал. 16.6 визначте ціну поділки шкали динамометра та силу, з якою тягарець діє на нього?



Мал. 16.6. Вимірювання сили за допомогою динамометра

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Взаємодія	Interaction
Сила	Force
Динамометр	Dynamometer

§ 17. Графічне зображення сил. Додавання сил

Народна мудрість каже: «В гурті і комар сила», «Одна бджола меду не наносить», «Що два, то не один», «Одна голова добре, дві — ліпше». А що «каже» фізика?

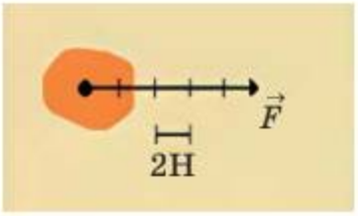
Дізнаймося про...

- **зображення сил, які діють на тіло;**
- **рівнодійну сил.**

1. Графічне зображення сил

Будь-яка сила, що діє на тіло, має точку прикладання, напрям і числове значення. Фізичні величини, які мають напрям, називають векторними. Графічно силу зображають у вигляді вектора — відрізка прямої зі стрілкою на кінці.

Розглянемо мал. 17.1. Вектор сили бере початок у точці прикладання сили і напрямлений у бік дії сили. Значення сили дорівнює 10 Н, оскільки одиничний відрізок має 2 Н.



Мал. 17.1. Графічне зображення сили

2. Рівнодійна сил

У повсякденному житті ми спостерігаємо багато ситуацій, які можна вирішити швидко, коли на допомогу приходять друзі, або навпаки, не вирішити, бо хтось створює перешкоди. Так само й у фізиці: на допомогу одній силі «приходять» інші, збільшуючи загальну дію, або «перешкоджають», зменшуючи цю дію.

Усі сили, що діють на тіло, можна замінити однією — рівнодійною сил.

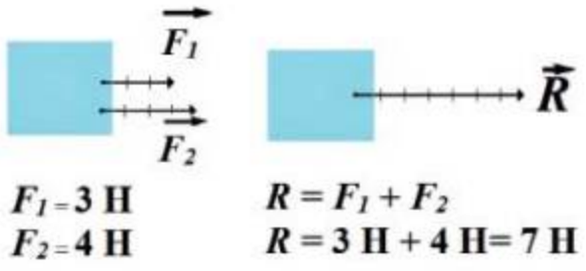
Рівнодійна сил — це сила, яка діє так само, як декілька окремих сил, прикладених до цього тіла одночасно.

Позначають рівнодійну сил великою літерою $\boldsymbol{R}$. Одиницею вимірювання в СІ є ***ньютон*** **(Н)**.

Як визначити цю силу? Розглянемо різні варіанти.

Якщо дві сили діють на тіло вздовж однієї прямої в один бік, то напрям їхньої рівнодійної збігається з напрямом дії прикладених сил, а значення рівнодійної дорівнює сумі значень цих сил (мал. 17.2).

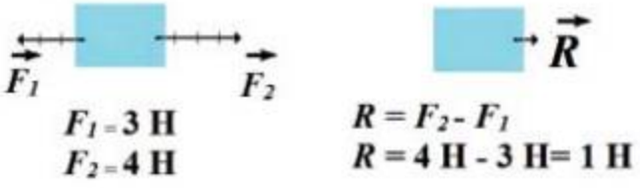




Мал. 17.2. Рівнодійна сил, які напрямлені вздовж однієї прямої в одному напрямі

Якщо дві сили діють на тіло вздовж однієї прямої у протилежні боки, то напрям їхньої рівнодійної збігається з напрямом більшої за величиною сили, а значення дорівнює різниці значень сил (мал. 17.3).





Мал. 17.3. Рівнодійна сил, які напрямлені вздовж однієї прямої у протилежних напрямах

Поміркуйте і дайте відповідь

Якою буде рівнодійна сил, якщо на тіло вздовж однієї прямої будуть діяти дві протилежно напрямлені сили, однакові за значенням?

Запам'ятайте

Рівнодійна сил — це сила, яка діє так само, як декілька окремих сил, прикладених до цього тіла одночасно.

Перевірте себе

1. До тіла, що рухається, прикладені дві сили 40 Н і 60 Н, напрямлені вздовж однієї прямої. Яким може бути значення рівнодійної цих сил? Розгляньте всі можливі випадки. Зобразіть сили графічно. Масштаб оберіть самостійно.

2. Рівнодійна трьох сил, що діють на тіло вздовж однієї прямої, дорівнює 150 Н. Яке значення може мати третя сила, якщо дві з них мають значення 50 Н і 70 Н відповідно? Виконайте відповідні схематичні рисунки в зошиті.

§ 18. Всесвітнє тяжіння. Сила тяжіння. Взаємодія тіл Сонячної системи. Галактики. Метагалактика

Ще з дитячих років ви помічаєте, що все випущене з рук чи підкинуте вгору падає на землю, ніби його тягне невидима сила. А чи можна зробити так, щоб звільнитися від неї? Чи можна втілити в реальність ідею персонажа твору фантаста Герберта Велса про створення «гравітаційного щита», який допоміг би звільнити предмет від притягання до Землі і дати йому змогу полетіти до небесних тіл?

Дізнаймося про...

- **гравітацію;**
- **силу тяжіння;**
- **галактики та Метагалактику.**

1. Гравітаційна взаємодія

Між двома довільними тілами, що мають певні маси, існує ***гравітаційна взаємодія***. Її проявом є ***всесвітнє тяжіння*** — взаємне притягання між тілами, а кількісною мірою — ***сила тяжіння***. Гравітаційну взаємодію дослідив і математично описав Ісаак Ньютон.

У своєму ***законі всесвітнього тяжіння*** дослідник стверджував, що сила взаємодії між двома тілами залежить від їхніх мас і відстані між ними: зростає із збільшенням їхньої маси і зменшується зі збільшенням відстані. Ця сила є взаємною. Наприклад, з якою силою Земля притягує до себе Місяць, утримуючи його на орбіті, з такою ж силою Місяць «тягне» Землю, спричиняючи припливи та відпливи (мал. 18.1).



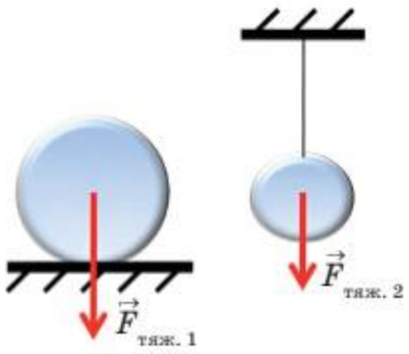
Мал. 18.1.
Гравітаційна взаємодія Місяця і Землі

2. Сила земного тяжіння

Наш досвід свідчить, що кожен предмет, який ми випадково випускаємо з рук чи кидаємо в будь-якому напрямку — падає на землю. Причиною цього є ***сила тяжіння*** — сила, з якою Земля притягує до себе усі тіла, розташовані на її поверхні або поблизу неї. Для різних тіл вона не однакова, бо залежить від маси тіла. Проте ***напрям сили тяжіння*** є однаковим — до центру Землі (мал.18.2). Точкою прикладання сили тяжіння є центр тіла (мал.18.3).



Мал. 18.2.
Напрям сили тяжіння



Мал. 18.3.
Зображення сили тяжіння



Мал. 18.4. Висок

У цьому кожен з вас може переконатися за допомогою ***виска*** — тіла, підвішеного на нитці. Лінія дії сили тяжіння на висок збігається з ниткою і напрямлена вниз (мал. 18.4).

Величину сили тяжіння, яка діє на тіло, вимірюють за допомогою динамометра. Для цього до вертикально закріпленого динамометра потрібно підвісити це тіло.

Для обчислення модуля сили тяжіння використовують формулу:

$$F_{\text{тяж}} = mg,$$

де $g = 9{,}8$ Н/кг — коефіцієнт пропорційності.

Для того щоб полегшити математичні розрахунки під час розв'язування задач на застосування формули сили тяжіння, рекомендуємо вважати $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Це не стосується лабораторних робіт чи тих задач, які вимагають високої точності кінцевого результату.

Поміркуйте і дайте відповідь

Визначте силу, з якою Земля притягує до себе плитку шоколаду масою 100 г; кавун масою 3 кг.

3. Прояви всесвітнього тяжіння

Сила тяжіння має важливе значення для життя на Землі, адже завдяки їй існує повітряна оболонка, течуть ріки, а живі організми орієнтуються у просторі, визначаючи за допомогою спеціальних рецепторів напрям сили тяжіння. У людини цю функцію виконує вестибулярний апарат.



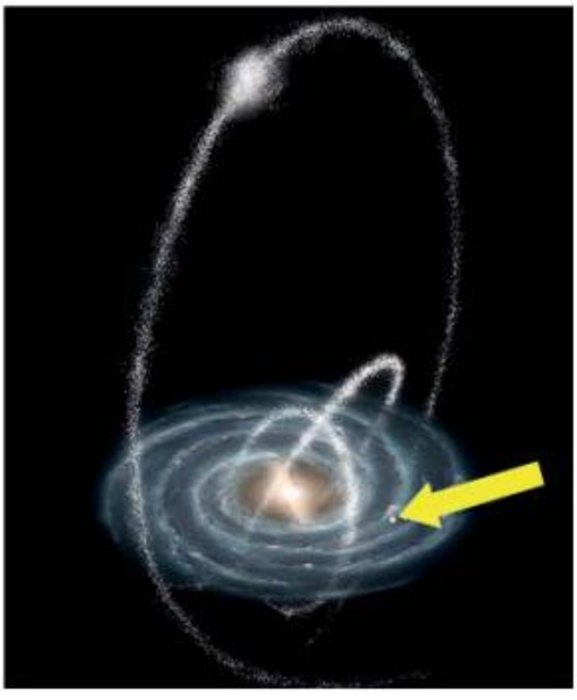
Мал. 18.5. Сонячна система

Завдяки силі тяжіння Земля утримує біля себе супутники: штучні та природний (назвіть їх).

Сонячна система існує (не розпадається) через те, що з боку Сонця, як найбільш масивного тіла, діє сила тяжіння на кожного її «мешканця» (мал. 18.5).

Сила тяжіння утримує в стабільному стані Сонце та інші зорі.

Гравітаційна взаємодія унеможливлює розпад галактик. ***Галактика*** — це величезне скупчення зір, які обертаються навколо спільного центра. На мал. 18.6 показано ***нашу Галактику*** і приблизне розташування Сонця разом з



Мал. 18.6. Наша Галактика

нами. Майже всі зорі, видимі неозброєним оком, належать до неї. А загалом там налічується приблизно 400 мільярдів зір. Нашу Галактику ще називають ***Молочним Шляхом,*** або ***Чумацьким Шляхом*** *(поцікавтесь чому?)*.

Наша Галактика разом з іншими галактиками Всесвіту, які доступні нам для спостереження, утворюють ***Метагалактику***.



Запам'ятайте

Гравітаційна взаємодія — взаємне притягання тіл.

Сила тяжіння — це сила, з якою Земля притягує до себе усі тіла, розташовані на її поверхні або поблизу неї.

Галактика — це величезне скупчення зір, яке утримується завдяки гравітаційній взаємодії.

Метагалактика — частина Всесвіту, яка доступна нам для спостереження.



Перевірте себе

1. Чому твердження «Яблуко притягує до себе Землю» є істинним?
2. Визначте силу, з якою Земля діє на вас.
3. Земля притягує до себе колібрі-бджолу (найменшого птаха) із силою 18 мН. Визначте його масу.



Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

За власним алгоритмом розрахуйте силу тяжіння, що діє на повітря у вашій кімнаті. Для виконання завдання використайте рулетку і таблицю густин речовин.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!



Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Гравітація	Gravity
Сила тяжіння	Gravitational force
Галактика	Galaxy
Метагалактика	Metagalaxy

§ 19. Деформація тіл. Види деформації. Сила пружності. Вага тіла



Чи стрибали ви на батуті? Хто не стрибав — спробуйте. Відчуття незабутні! А чому ми підстрибуємо так високо і так легко? Давайте це з'ясуємо.

Дізнаймося про...

- **деформацію та її види;**
- **силу, що виникає під час деформації;**
- **вагу тіла та невагомість.**

1. Деформація як наслідок взаємодії тіл

Відомо, що внаслідок взаємодії може змінюватися швидкість тіл, а також відбуватися деформація (зміна форми чи розмірів тіла).

Отже, ***деформація*** — це зміна форми або розмірів тіла під час взаємодії з іншими тілами.

Під час деформації відстані між частинками тіла змінюються: збільшуються або зменшуються. При цьому переважають сили притягання або сили відштовхування відповідно, які намагаються повернути тіло у недеформований стан.

Частинки тіла зміщуються одна відносно іншої неоднаково, і через це деформація може бути різною: ***розтягу*** (розтяг пружини, гумового джгута, струни бандури, хребта та кісток рук гімнаста під час виконання сальто на брусах); ***стиску*** (стиск деталей під час пресування, фундаментів і стін будинків, ніжок стільця під час сидіння на ньому, хребта людини та кісток ніг під час ходіння і стояння); ***згину*** (згин мостів, якими рухається транспорт, підлоги під час ходіння по ній, хребта людини під час збирання ягід); ***кручення*** (шийний відділ хребта при повороті голови, свердло електродрилі, автомобільні осі); ***зсуву*** (ножі під час заточування, зубці пили під час розпилювання дерева, тіла під час шліфування їхніх поверхонь, зуби під час жування).

Зсув, кручення, стиск — основні причини порушення постави у дітей та підлітків. Деформація зсуву пояснює небезпеку ходіння жінок на високих підборах (деформується стопа). А розтягування

м'язів, зв'язок та сухожиль не тільки спричиняє больові відчуття, а й потребує тривалого лікування.

Сучасна реабілітаційна медицина не могла б існувати без урахування фізичних законів і явищ, а також закономірностей різних видів деформацій.

Розрізняють ще деформації пружні та пластичні.

Якщо після припинення дії зовнішньої сили деформації зникають, то їх називають ***пружними*** (мал. 19.1). Приклади: ресори автомобілів під час руху, батут під час стрибків на ньому, струни музичних інструментів під час гри на них.

Якщо після припинення дії зовнішньої сили деформації залишаються, то їх називають ***пластичними*** (мал. 19.2). Приклади: тісто під час приготування випічки, глина у процесі виготовлення керамічних виробів, жувальна гумка.



Мал. 19.1. Стрільба з лука

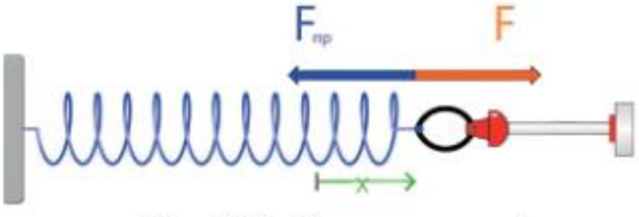


Мал. 19.2. Робота з пластиліном

2. Сила пружності

Унаслідок деформації тіла виникає сила пружності $\boldsymbol{F}_{\text{пр}}$, яка напрямлена протилежно до зміщення частинок тіла (у бік, протилежний до прикладеної сили $\boldsymbol{F}$) (мал. 19.3).

У XVII ст. дослідженням процесів, пов'язаних з деформаціями тіл, займався англійський вчений Роберт Гук. Він дійшов висновку, що ***для малих пружних деформацій сила пружності прямо пропорційна до видовження тіла і має напрям, протилежний до зміщення частинок тіла (закон Гука).***

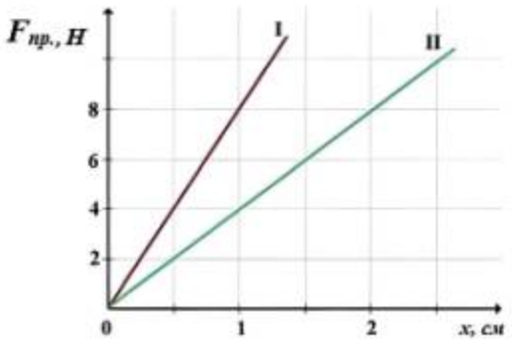


Мал. 19.3. Сила пружності

3. Графік залежності сили пружності від деформації

На прикладі графіка залежності сили пружності від видовження (мал. 19.4) з'ясуємо, яке з двох тіл має більшу пружність.

За кутом нахилу графіка до осі абсцис можна зробити висновок про пружні властивості речовини. Чим більший кут нахилу графіка, тим більш пружним є тіло. Отже, тіло I має більш пружні властивості.



Мал. 19.4.
Графік залежності сили пружності від деформації

Поміркуйте і дайте відповідь

Чому на батуті можна, не докладаючи зусиль, високо підстрибнути?

4. Вага та невагомість

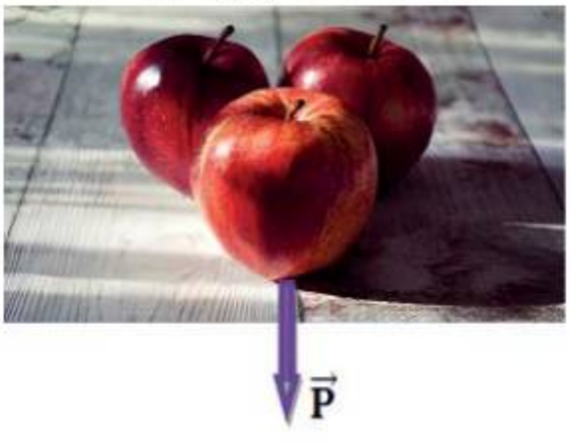
Існує ще одна сила, яка виникає через притягання до Землі, внаслідок чого відбувається деформація стиску чи розтягу.

Цю силу називають ***вагою*** і її позначають символом P. Одиницею ваги в системі СІ є ***ньютон*** **(Н)**.

Вага тіла — це сила, з якою тіло внаслідок притягання до Землі діє на горизонтальну опору чи вертикальний підвіс:

$$P = mg.$$

За цією формулою можна визначити вагу тіла, коли воно перебуває у стані спокою або рівномірного прямолінійного руху. Звертаємо увагу, що силу тяжіння визначають аналогічно, але вона прикладена до тіла, а вага прикладена до опори (мал.19.5) або до вертикального підвісу (мал. 19.6).



Мал. 19.5. Яблука на столі



Мал. 19.6. Яблука на гілці

Як ви думаєте: чи може вага того самого тіла змінюватися; чи може тіло не мати ваги? Виявляється, що так! Зміну ваги ви могли відчути під час руху в ліфті. Коли ліфт починає рух угору, вас немовби притискає до підлоги ліфта: ваша вага збільшується. Коли ліфт рушає вниз, то ви ніби піднімаєтеся вгору: ваша вага зменшується. Крім цього, тіло може ще й не мати ваги.

Стан, у якому перебуває тіло, що рухається тільки під дією сили тяжіння, називають ***невагомістю***. У цьому стані вага тіла дорівнює нулю.

У невагомості перебувають астронавти під час дослідження космосу. Невагомість впливає на їхнє самопочуття, тому перед польотом їх тривалий час тренують на спеціальних тренажерах, щоб підготувати організм.

Якщо за звичайних умов не брати до уваги опір повітря, то в стані невагомості буде перебувати спортсмен, який виконує вправи на батуті або стрибає з вишки вниз у воду.

5. Приклад розв'язування задачі

Задача. Визначте масу яблука, якщо його вага дорівнює 1,5 Н.

Дано:		Розв'язання:
$P = 1{,}5$ Н	$P = mg$	$m = \dfrac{1{,}5\ \text{Н}}{10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0{,}15$ кг
$g \approx 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$	$m = \dfrac{P}{g}$	
m — ?		

Відповідь: $m = 0{,}15$ кг.



Запам'ятайте

Деформація — це зміна форми або розмірів тіла під час взаємодії з іншими тілами.

Пружні деформації — це такі деформації, які зникають після припинення дії зовнішньої сили.

Пластичні деформації — це такі деформації, які залишаються після припинення дії зовнішньої сили.

Закон Гука: для малих пружних деформацій сила пружності прямо пропорційна до видовження тіла і має напрям, протилежний до зміщення частинок тіла.

Вага тіла — це сила, з якою тіло внаслідок притягання до Землі діє на горизонтальну опору чи вертикальний підвіс.

Невагомість — це стан, у якому перебуває тіло, що рухається тільки під дією сили тяжіння (вага тіла дорівнює нулю).

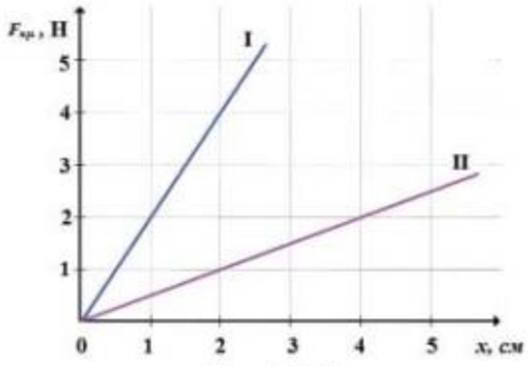
Перевірте себе

1. Чому пружину динамометра виготовляють зі сталі, а не з алюмінію або міді?

2. Чи має вагу пташка під час польоту? Чому?

3. До чого прикладена вага мурахи, яка повзе по стежині?

4. Розгляньте графіки (мал. 19.7) залежності сили пружності від деформації двох пружин та визначте, яка з них більш пружна.



Мал. 19.7.
Графік залежності сили пружності від деформації

5. Визначте вагу книжки масою 400 г, що лежить на столі.

6. Куля, що висить на нитці, діє на неї із силою 5 Н. Визначте масу кулі.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Деформація	Deformation
Вага тіла	Weight of an object
Невагомість	Weightlessness
Підвіс	Suspension
Опора	Support

§ 20. Тертя. Сили тертя. Тертя у природі та техніці

Народна мудрість каже: «Коса любить брусок і сала кусок», «Не підмажеш — не поїдеш», «Пішло діло як по маслу», «Стоїть на слизькій дорозі», «Зникло б у ниток тертя, пропали б одяг і взуття». А що про це «скаже» фізика?

Дізнаймося про...

- **силу тертя;**
- **причини виникнення тертя;**
- **види тертя;**
- **тертя у повсякденному житті.**

1. Таємнича сила

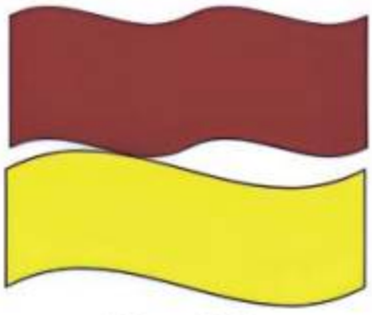
Ми вже знаємо про існування сили тяжіння, сили пружності та ваги тіла. У цьому параграфі ми ознайомимося ще з однією силою. Це таємнича сила. Чому таємнича? Тому що дуже корисна та шкідлива одночасно. Чому й коли вона виникає, де ми з нею стикаємося? Почнемо з кінця — стикаємося завжди, коли сидимо на стільці, пишемо в зошиті, тримаємо ручку в руках, зав'язуємо шнурівки у кросівках, ходимо, займаємося спортом, танцями чи навіть прибираємо (мал. 20.1). Все це є проявами сили тертя.



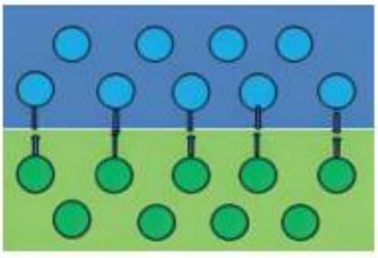
Мал. 20.1. Приклади прояву тертя

2. Причини виникнення тертя

Сила тертя виникає між поверхнями взаємодіючих тіл. Якщо подивитися під мікроскопом на поверхні тіл, то навіть дуже гладке тіло має нерівності. Вони і є однією з причин виникнення тертя (мал. 20.2). Чим більші нерівності поверхонь, тим більша сила тертя. Якщо ж поверхні взаємодіючих тіл ідеально відшліфувати, тоді причиною тертя будуть сили взаємодії між молекулами (мал. 20.3).



Мал. 20.2. Нерівності дотичних поверхонь



Мал. 20.3. Міжмолекулярна взаємодія

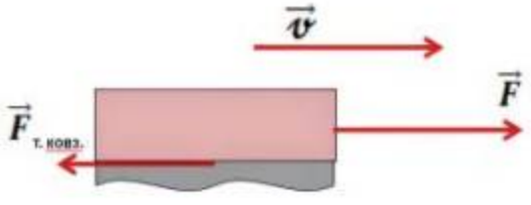
3. Тертя та його види

Однією з традицій українських родин є генеральне прибирання перед великими святами, у якому бере участь кожен член сім'ї в міру своєї можливості. Під час прибирання відсувають усі меблі, витирають пил, усе миють і вичищають. Можливо, ви звернули увагу, що пересунути крісло, стіл значно легше, ніж шафу з одягом.

Коли ви намагаєтеся зрушити з місця важкий предмет і це вам не вдається, то у цей момент ***сила тертя спокою*** протидіє ймовірному рухові (мал. 20.4). Тільки-но ваш предмет почне рух, виникає ***сила тертя ковзання*** між ним та поверхнею. Ця сила є меншою від сили тертя спокою та має напрям, протилежний до руху тіла (мал. 20.5).



Мал. 20.4. Сила тертя спокою



Мал. 20.5. Сила тертя ковзання

Сила тертя залежить не лише від стану поверхонь, що стикаються, а й від ваги тіла. ***Чим більша вага тіла, тим більша сила тертя.***

Сила тертя — це сила, що виникає під час руху одного тіла по поверхні іншого або при спробі зрушити його з місця.

Сила тертя спокою — це сила, яка виникає при спробі зрушити нерухоме тіло з місця і перешкоджає початку руху.

Сила тертя ковзання — сила, що виникає під час ковзання одного тіла по поверхні іншого.

Якщо б ви поставили будь-який предмет на ролики, то вам було б набагато легше його пересувати. У цьому разі виникає ***сила тертя кочення***, яка є значно меншою за силу тертя ковзання.

Інколи буває так, що двері у квартирі починають «скрипіти». Щоб усунути неприємний звук, змащують завіси дверей спеціальним мастилом. Це роблять тому, що сила рідкого тертя значно менша від сили сухого тертя.

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Чому деякі рослини можуть «витися», а інші — ні?
2. Чому цвяхи, вбиті у стіну, тримаються?
3. Чому рибалці, який впіймав рибу, так важко її втримати в руках?

4. Тертя у природі й техніці

Італійський дослідник, винахідник, художник, архітектор, інженер Леонардо да Вінчі ще в далекому 1500 році зацікавився силою тертя, намагався зрозуміти, від чого вона залежить і що собою являє. У XX ст. подальші дослідження в цій галузі принесли так багато нової інформації, що з'явилася наука — трибологія, яка досліджує процеси тертя, зношування та змащування.



Мал. 20.6. Підшипники: а) кульковий, б) роликовий

Про те, що тертя дуже корисне для нас, ми вже знаємо. Але...

Ви замислювалися, чому ваше взуття зношується? Чому автомобільні покришки потрібно час від часу міняти? Чому псуються деталі механізмів під час тривалої взаємодії? Внаслідок тертя тіла руйнуються. Що ж робити? Потрібно зменшувати тертя. За можливості заміняють тертя ковзання на тертя кочення. Для цього придумали пристрої, які називають підшипниками (мал. 20.6). В інших випадках між дотичними поверхнями тіл вносять мастило.

Але у житті не все так однозначно. Інколи потрібно збільшити тертя. Наприклад, поверхню автомобільних чи тракторних шин роблять з протекторами (ребристими виступами) для кращого зче-

плення з дорогою. Залежно від пори року використовують різні типи шин: літні та зимові (мал. 20.7). Під час ожеледиці посипають дорогу піском, щоб пішоходи не падали. Інколи колеса автомобілів «взувають» у ланцюги.



Мал. 20.7. Шини автомобіля: а) літня, б) зимова

Якщо йдеться про рідини та гази, то силу тертя називають силою опору. Вона значною мірою залежить від форми тіла. Форми тіл деяких морських жителів (дельфіна, тунця тощо) «підказали» конструкторам ідеї для вдосконалення моделей морських, повітряних суден та інших транспортних засобів. Тому літакам, ракетам, кораблям, підводним човнам, автомобілям надають обтічної форми (мал. 20.8).



Мал. 20.8. Обтічна форма тіл

Запам'ятайте

Сила тертя — це сила, що виникає під час руху одного тіла по поверхні іншого або за спроби зрушити його з місця.

Сила тертя спокою — це сила, яка виникає за спроби зрушити нерухоме тіло з місця і перешкоджає початку руху.

Сила тертя ковзання — сила, що виникає під час ковзання одного тіла по поверхні іншого.

Перевірте себе

1. Поясніть прислів'я, наведені на початку параграфа.
2. Чому метеорит, який влітає в земну атмосферу, сильно нагрівається і навіть обвуглюється?
3. Навіщо воротар футбольної команди під час гри користується спеціальними рукавицями, особливо в дощову погоду?
4. Навіщо деякі майстри, перед тим як угвинчувати шуруп у скріплювальні деталі, змащують його милом?
5. Чому на губках лещат чи плоскогубців роблять насічку?
6. Чому бігуни та альпіністи використовують взуття із шипами?
7. Чому космічним станціям не потрібно надавати обтічної форми?

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Сила тертя	Frictional force
Сила тертя спокою	Static friction
Сила тертя ковзання	Kinetic friction
Сила опору	Drag force (fluid resistance)

Лабораторна робота № 5
Визначення залежності між силою тертя ковзання і вагою під час руху тіла по горизонтальній поверхні

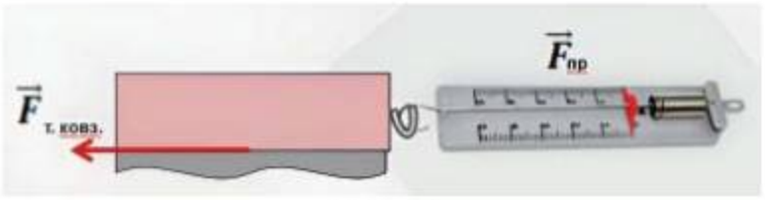
Мета: дослідити залежність між силою тертя ковзання та вагою тіла.

Обладнання: дерев'яна лінійка, дерев'яний брусок з отворами, набір тягарців масою по 102 г, динамометр лабораторний.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

1. Визначте ціну поділки шкали динамометра.
2. Виміряйте вагу дерев'яного бруска за допомогою динамометра: $P_{брус}$ = _____.
3. Покладіть брусок на горизонтально розташовану дерев'яну лінійку широким боком. Прикріпіть брусок до гачка динамометра (мал. 1) та ***рівномірно*** тягніть його вздовж дошки, ***щоб сила тертя ковзання чисельно дорівнювала силі пружності.***
4. Виміряйте силу тертя ковзання: $F_{т.ковз}$ = _____.
5. Повторіть дослід ще тричі, поклавши на брусок спочатку один тягарець, потім одночасно два тягарці, а відтак одночасно три тягарці.



Мал. 1

6. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 1.

Таблиця 1

№ з/п	Досліджуване тіло	Вага, P, Н	Сила тертя ковзання, $F_{т.ковз}$, Н
1	Брусок		
2	Брусок з одним тягарцем		
3	Брусок з двома тягарцями		
4	Брусок з трьома тягарцями		

7. Проаналізуйте залежність між силою тертя ковзання та вагою під час руху тіла по горизонтальній поверхні.

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме вимірювали під час виконання лабораторної роботи; яку залежність досліджували; який отримали результат; де набуті знання можна використати на практиці).

Додаткове завдання

Використовуючи наявне обладнання, дослідіть залежність між силою тертя ковзання та площею дотичної поверхні. Зробіть висновок.

Здійсніть самоперевірку

Заповнити пропущене	https://learningapps.org/watch?v=pkpu8w7nc23	
Логічні пари «Фізичні величини, одиниці їх вимірювання в СІ, формули, фізичні прилади»	https://learningapps.org/watch?v=p7irj37m523	
Логічні пари «Сили та їх зображення на рисунку, види деформації та їх зображення»	https://learningapps.org/watch?v=pp5yrai5523	
Кросворд «Взаємодія тіл»	https://learningapps.org/watch?v=ph4vy2htn23	
«Розв'яжи задачу»	https://learningapps.org/watch?v=pt4gteuqj23	
Числова пряма «Від найменшої до найбільшої»	https://learningapps.org/watch?v=ps6h9nhqt23	

Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2)

Орієнтовні теми проєктів:

- Інерція: за чи проти?
- Казка про життя без сили тяжіння або сили тертя.
- Тертя у природі та техніці.
- Пружність на службі у людини.
- Фантастична історія «Поза Землею: переваги у стані невагомості для людини».



Тиск твердих тіл, рідин і газів

§ 21. Тиск. Одиниці тиску. Способи зміни тиску

Чи відомо вам, що тварини та рослини на відмінно «знають фізику»? Тонкі жала комарів, ос, бджіл легко проколюють навіть шкіру крокодила. Гострі ікла й зуби хижаків, дзьоби та кігті птахів не тільки лякають ворогів, а й допомагають здобувати їжу. Тварини, які живуть на болотах, легко бігають по них, а тварини суходолу цього зробити не можуть. Троянди та кактуси, їжаки та дикобрази захищаються колючками. Спостереження за природою підштовхнуло людей до певних дій. Вони почали заточувати ножі, серпи, сокири, лопати, зуби пилки, скальпелі, голки. А з часом використовувати гусеничні трактори замість колісних під час роботи на болотистій місцевості. Чому?

Дізнаймося про...

- **тиск;**
- **силу тиску;**
- **способи зменшення та збільшення тиску.**

1. Тиск твердих тіл

Зрозуміти усе це нам допоможе фізична величина — тиск.

Тиск — це фізична величина, що характеризує дію сили на фізичне тіло і чисельно дорівнює відношенню сили, яка діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні:

$$\text{тиск} = \frac{\text{сила}}{\text{площа}}.$$

Тиск позначають символом p і розраховують за формулою:

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

Одиницею вимірювання тиску в системі СІ є ***паскаль*** **(Па)**. Названа ця одиниця на честь французького вченого Блеза Паскаля.

1 Па — це такий тиск, який чинить сила 1 Н, що діє на поверхню площею 1 м^2 перпендикулярно до цієї поверхні:

$$1\ \text{Па} = 1\ \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

На практиці часто використовують кратні одиниці: гПа, кПа, МПа.

1 гПа = 100 Па 1 кПа = 1000 Па 1 МПа = 1 000 000 Па

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Трава, щоб прорости з-під асфальту, створює тиск приблизно 700 кПа. Виразіть цей тиск в одиницях системи СІ.

2. Тиск, який чинить на сніг вовк, дорівнює 12 кПа, а тиск зайця на сніг — 0,12 Н/см². Хто з тварин глибше провалюється у пухкий сніг?

2. Сила тиску

Силу, що діє перпендикулярно до площі поверхні, називають силою тиску.

Силу тиску можна визначити з формули тиску:

$$F = pS$$

та за формулою ваги (для тіла, що розташоване нерухомо на горизонтальній поверхні):

$$F = P,\ P = mg, \text{ отже, } F = mg.$$

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. Площа опори Ейфелевої вежі 450 м². Її маса 9000 т. Визначте її тиск на ґрунт у кПа.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$S = 450$ м²		$p = \frac{F}{S}$	$F = 9\,000\,000 \text{ кг} \cdot 10\frac{\text{Н}}{\text{кг}} =$
$m = 9000$ т	9 000 000 кг	$F = P = mg$	$= 90\,000\,000$ Н
			$p = \frac{90\,000\,000 \text{ Н}}{450 \text{ м}^2} =$
			$= 200\,000$ Па $= 200$ кПа
p — ?(кПа)			

Відповідь: $p = 200$ кПа.

4. Способи зміни тиску

Чому зерновоз залишає глибший слід на полі, коли він навантажений?

Він створює більший тиск, бо сила, з якою він тисне на поверхню (вага), більша. Отже, ***чим більша сила тиску на поверхню певної площі, тим тиск більший,*** і навпаки.

Чому, рятуючи людину, яка провалилася під лід, рятувальники наближаються до потерпілого по тонкому льоду, повзучи на животі?

Тиск залежить не лише від сили тиску, а й від площі поверхні, на яку вона діє. У такий спосіб рятувальник розподіляє свою вагу на більшу площу, тому створює менший тиск на лід. Отже, ***чим більша площа поверхні, на яку діє стала сила, тим тиск менший***, і навпаки.

Поміркуйте і дайте відповідь

1. У якому випадку лелека (мал. 21.1) створює більший тиск?



Мал. 21.1. Лелеки

2. Для чого боксери під час боїв використовують боксерські рукавиці?

Запам'ятайте

Тиск — це фізична величина, що характеризує дію сили на фізичне тіло і чисельно дорівнює відношенню сили, яка діє перпендикулярно до поверхні, до площі цієї поверхні: $p = \frac{F}{S}$.

Силу, що діє перпендикулярно до площі поверхні, називають ***силою тиску***.

Чим більша сила тиску на поверхню певної площі, тим тиск більший, і навпаки.

Чим більша площа поверхні, на яку діє стала сила, тим тиск менший, і навпаки.

Перевірте себе

1. Виразіть значення тиску в одиницях системи СІ та розташуйте їх у порядку спадання: 14 Н/см^2; 4 Па; 0,014 МПа; 4 кПа; 140 Па; 1,4 кПа.

2. Одне відро з водою має на дужці дерев'яну ручку, а друге — ні. У разі піднімання якого з відер буде більший тиск на руку?

3. Чим можна пояснити, що маленький комар під час укусу створює тиск 100 млрд кПа, а важкий гусеничний трактор — 40—50 кПа?

4. Каток, що трамбує асфальт, має вагу 48 кН. Площа опори катка 0,12 м^2. Визначте тиск, який він створює.

5. Визначте силу, яку треба прикласти до головки цвяха, щоб він створив тиск 1000 МПа, якщо площа вістря 0,5 мм^2.

6. Визначте площу, яку має стопа однієї ноги слона масою 4 т, якщо він створює тиск 10 Н/см^2, коли стоїть на усіх ногах.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Тиск	Pressure
Сила тиску	Pressure force

§ 22. Тиск рідин і газів. Закон Паскаля

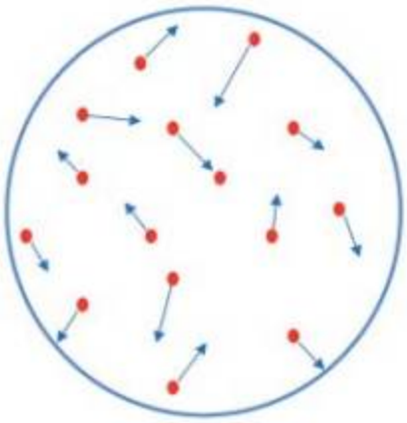
Чому звичайна повітряна кулька має форму кулі? Що з нею станеться, якщо її занурити глибоко під воду? А якщо її внести в тепле приміщення? Пошукаємо відповіді на ці та інші запитання.

Дізнаймося про...

- **тиск газів;**
- **закон Паскаля;**
- **гідростатичний тиск.**

1. Тиск газу

Якщо газом наповнити посудину, то він рівномірно розподілиться по всьому її об'єму завдяки безперервному і хаотичному руху його молекул. Під час такого руху молекули стикаються зі стінками посудини і чинять на них певний тиск. Сила тиску однієї молекули мізерно мала, але молекул газу навіть в невеликому об'ємі дуже багато, тому тиск є відчутним (мал. 22.1).



Мал. 22.1. Тиск газу

Отже, ***тиск газу спричиняється ударами його молекул об стінки посудини.***

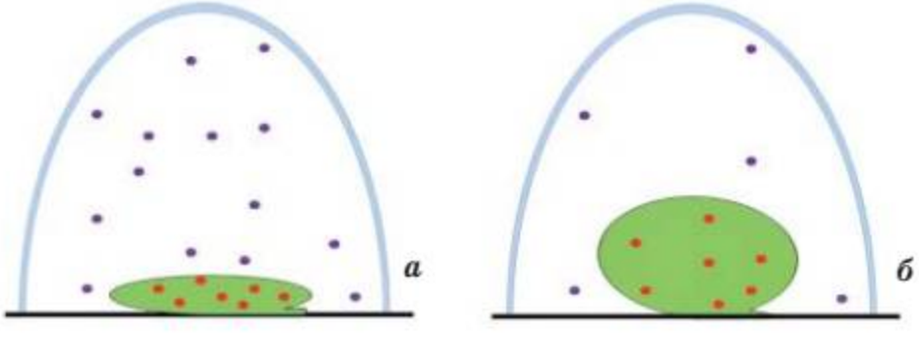
Від чого залежить тиск газу? Що потрібно зробити, щоб збільшити його тиск? Очевидно, збільшити кількість молекул у тому ж об'ємі за незмінної температури, тобто ***збільшити густину газу***. Чим більша кількість молекул стикається з поверхнею стінки протягом 1 с, тим більша сила тиску діє на стінку.

Ще можна збільшити тиск газу, якщо його ***нагріти за сталого об'єму***. У такому разі швидкість руху молекул газу збільшиться, молекули частіше будуть вдарятися об стінку посудини і сила їхнього удару буде більшою.

Якщо не змінювати масу і температуру газу, а ***зменшити об'єм газу***, то тиск збільшиться, і навпаки.

Поміркуйте і дайте відповідь

Якщо трохи надуту зав'язану повітряну кульку помістити під скляний ковпак, який щільно прилягає до поверхні (мал. 22.2, *а*), і відкачувати з-під ковпака повітря, то об'єм кульки буде збільшуватись (мал. 22.2, *б*). Поясніть суть досліду.



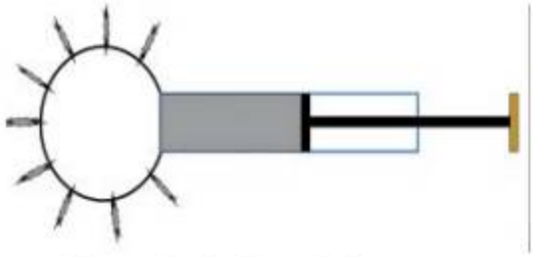
Мал. 22.2. Повітряна кулька під ковпаком до (а) і після (б) відкачування повітря

2. Особливості передавання тиску рідинами і газами

А чи задумувалися ви, чому м'яч, повітряна кулька, мильна бульбашка набувають форми кулі? Дослідив це й описав Блез Паскаль.

Закон Паскаля: ***тиск, який діє на рідину чи газ, передається однаково у кожну точку рідини чи газу.***

Наочно підтверджує це ***куля Паскаля***: сфера з великою кількістю отворів, прикріплена до трубки з поршнем. Якщо її заповнити димом і тиснути на поршень, то дим буде під однаковим тиском у всіх напрямках виходити з кулі (мал. 22.3).



Мал. 22.3. Куля Паскаля

3. Гідростатичний тиск

Тиск нерухомої рідини на дно посудини називають ***гідростатичним тиском***. З'ясуємо, від чого він залежить.

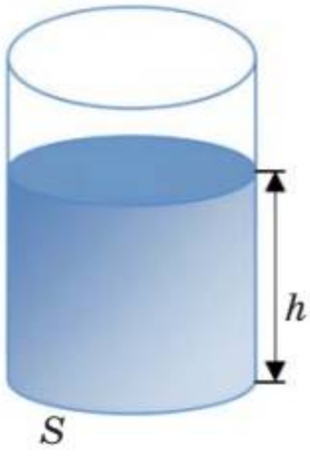
Рідина, яка є в посудині (мал. 22.4), має вагу P, а тому чинить певний тиск p на дно площею S:

$$p = \frac{F}{S}, \text{ де } F = P.$$

Вага рідини $P = mg$, оскільки $m = \rho V$, а

$$V = Sh, \text{ то } P = \rho Shg.$$

Тому тиск: $p = \frac{\rho Shg}{S} = \rho gh$.



Мал. 22.4. Тиск рідини на дно посудини

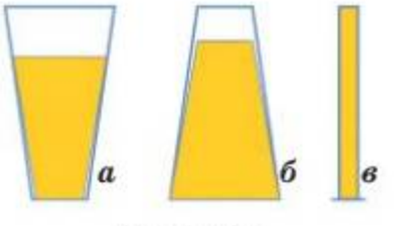
Отже, тиск рідини на дно посудини визначають за формулою:

$$p = \rho gh.$$

Звідси видно, що ***гідростатичний тиск залежить тільки від густини рідини і висоти її стовпа.***

Якщо потрібно знайти густину рідини чи висоту її стовпа, скористаємося такими формулами:

$$\rho = \frac{p}{gh}, \; h = \frac{p}{\rho g}.$$



Мал. 22.5. Тиск олії на дно посудин

Поміркуйте і дайте відповідь

У якій посудині (мал. 22.5) гідростатичний тиск олії найбільший? Чому?

Запам'ятайте

Тиск газу спричиняється ударами його молекул об стінки посудини.

Закон Паскаля: тиск, який діє на рідину чи газ, передається однаково в кожну точку рідини чи газу.

Гідростатичний тиск — тиск нерухомої рідини на дно посудини.

Перевірте себе

1. Бензин перелили з каністри в бак автомобіля. Чи змінився при цьому гідростатичний тиск бензину?

2. Використовуючи лінійку та півторалітрову пляшку з водою, розрахуйте тиск, який чинить вода на дно пляшки.

3. Стінки батискафа (глибоководного апарата) витримують тиск 40 МПа. На якій глибині він може працювати?

4. На глибині 20 м гідростатичний тиск 226,6 кПа. Де це можливо — у річці чи морі?

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Складіть алгоритм дій та дослідіть залежність тиску повітря від його маси, температури та об'єму, використовуючи повітряну кульку, холодильник.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Гідростатичний тиск	Hydrostatic pressure

§ 23. Сполучені посудини. Манометри. Гідравлічний прес



У 2007 році національний дендрологічний парк «Софіївка» (м. Умань Черкаської області) Національної академії наук України визнано одним із Семи чудес України. Він є шедевром світового садово-паркового мистецтва кінця XVIII — початку XIX ст. Це зразок пейзажного паркового мистецтва — композиції води, землі, каменів, рослин, архітектурних споруд і скульптур. І серед Нижнього ставу Софіївського парку стоїть кам'яна брила, на якій лежить змія, а вище за цей ставок є інший, з якого вода підземною трубою тече до брили. Тому з порожнини рота змії б'є потужний фонтан на висоту до 20 м. Який фізичний закон тут діє?

Дізнаймося про...

- **сполучені посудини;**
- **манометри;**
- **гідравлічний прес.**

1. Сполучені посудини



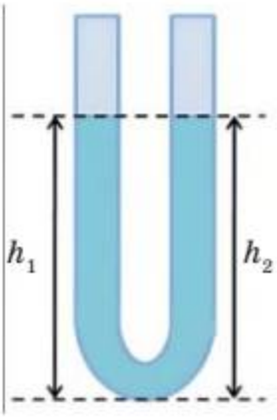
Мал. 23.1. Сполучені посудини

Якщо дві або декілька посудин з'єднати між собою так, щоб між ними могла протікати рідина, то вони стануть ***сполученими посудинами.***

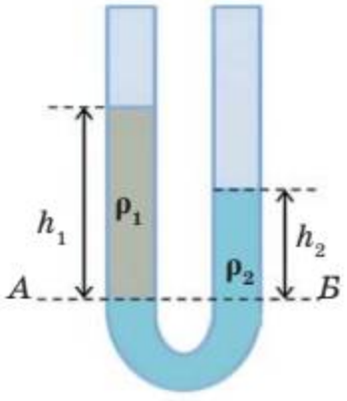
З власного досвіду ми знаємо, що вода в усіх посудинах встановиться на одному рівні (мал. 23.1).

Чому так? У разі наливання рідини в одне з колін сполучених посудин (мал. 23.2) вона перетікає у друге коліно доти, поки тиски рідин в обох колінах не стануть однаковими: $p_1 = p_2$. Оскільки $p = \rho g h$, а рідина однорідна, то висоти її стовпчиків також однакові: $h_1 = h_2$. В цьому полягає суть **закону сполучених посудин для однорідної рідини**: ***у відкритих сполучених посудинах поверхні однорідної рідини встановлюються на одному рівні.***

Якщо ж у коліна сполучених посудин налити різні рідини, то їхні поверхні встановляться на різних рівнях (мал. 23.3).



Мал. 23.2. Сполучені посудини з однорідною рідиною



Мал. 23.3. Сполучені посудини з різними рідинами

Поміркуйте і дайте відповідь

Які рідини можуть бути у лівому коліні (мал. 23.3), а які у правому?

Після встановлення рівноваги тиски рідин в обох колінах стануть однаковими. Оскільки нижче рівня *АБ* в обох колінах та сама рідина, то тиски рідин у лівому і правому колінах на рівні *АБ* дорівнюють один одному:

$$p_1 = p_2$$

$$p_1 = \rho_1 g h_1,\ p_2 = \rho_2 g h_2$$

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

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

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

З отриманого результату можна зробити висновок: ***у рідини з меншою густиною висота стовпа є більшою, і навпаки.***

Це **закон сполучених посудин для різних рідин**: ***у відкритих сполучених посудинах стовпчик нерухомої рідини з меншою густиною є вищим за стовпчик нерухомої рідини з більшою густиною.***

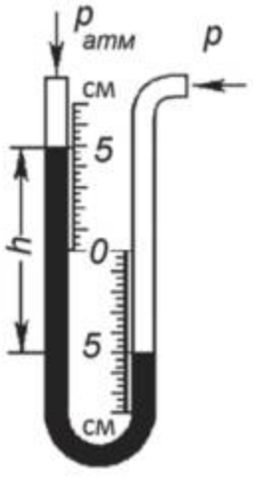
Отже, $\rho_2 > \rho_1$ (мал. 23.3). Чи правильно ви міркували?

Найпростішими прикладами сполучених посудин є чайник, лійка для поливу квітів. Принцип сполучених посудин лежить в основі роботи фонтана, водопроводу, шлюзу.

2. Будова і принцип дії манометрів

Прилади для вимірювання тисків рідин і газів називають ***манометрами***. Манометри є двох видів: рідинні та металеві.

Основою ***рідинного манометра*** (мал. 23.4) є *U*-подібна скляна трубка з прикріпленою до неї шкалою. Прилад заповнюють до половини рідиною. Лівий кінець трубки залишають відкритим, а правий приєднують до посудини, у якій потрібно виміряти тиск. Різниця рівнів рідини (h) в обох колінах дає змогу за формулою $p = \rho g h$ розрахувати, наскільки тиск у посудині більший чи менший від атмосферного.



Мал. 23.4. Рідинний манометр

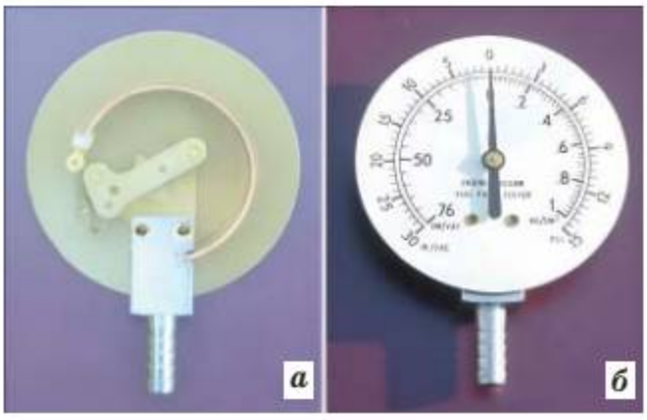
Простішим і зручнішим у користуванні є ***металевий манометр*** (мал. 23.5). Він складається з пружної дугоподібної металевої трубки, один кінець якої приєднують до посудини, у якій вимірюють тиск, а другий кінець запаяний і з'єднаний за допомогою передавального механізму зі стрілкою-вказівником (мал. 23.6, *а*).



Мал. 23.5. Металевий манометр

Якщо тиск зростає, то трубка випрямляється, а якщо зменшується, то трубка ще більше згинається. У разі зміни форми трубки змінюється положення стрілки на шкалі (мал. 23.6, *б*).

Застосування манометрів дуже широке: від вимірювання тиску повітря у шинах автомобіля до вимірювання тиску газу, нафти, води у трубопроводах чи мастила в різних гідравлічних машинах і системах.

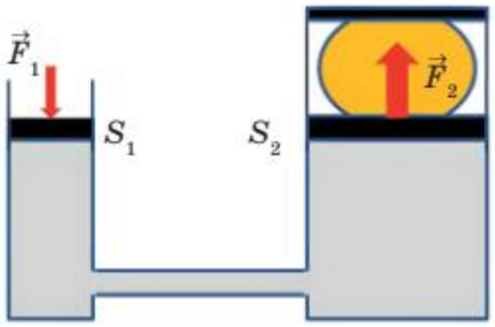


Мал. 23.6. Будова металевого манометра

3. Гідравлічні машини

Пристрої, дія яких ґрунтується на законах руху і рівноваги рідини, називають ***гідравлічними машинами***.

Гідравлічна машина складається з двох циліндрів різного діаметру, з'єднаних між собою, заповнених гідравлічною оливою і закритих поршнями.



Мал. 23.7. Гідравлічний прес

Гідравлічними машинами є домкрат, прес, гідравлічне гальмо і гідравлічний підсилювач керма в автомобілі.

Розглянемо фізичні основи гідравлічної машини на принципі роботи ***преса*** (мал. 23.7).

Прес — це гідравлічна машина, призначена для оброблення матеріалів тиском.

Діючи на менший поршень площею S_1 з малою силою F_1, ми спричиняємо тиск $p = \frac{F_1}{S_1}$.

Згідно із законом Паскаля, такий самий тиск буде і під більшим поршнем площею S_2: $p = \frac{F_2}{S_2}$. Звідси $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$, або $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}$.

З отриманої формули видно, що прес чи будь-яка інша ***гідравлічна машина дає виграш у силі у стільки разів, у скільки площа її великого поршня більша за площу малого поршня.***

4. Приклад розв'язування задачі

Задача. У сполучені посудини налито нафту і воду. Висота стовпчика нафти дорівнює 10 см. Якою є висота стовпчика води?

Дано:	СІ	Розв'язання:
$h_1 = 10$ см	0,1 м	$p_1 = p_2$
$\rho_1 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		$p_1 = \rho_1 g h_1$
$\rho_2 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		$p_2 = \rho_2 g h_2$
		$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$
		$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$
h_2 — ?		$h_2 = \frac{\rho_1 h_1}{\rho_2}$

$$h_2 = \frac{800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0{,}1\ \text{м}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0{,}08\ \text{м}$$

Відповідь: $h_2 = 0{,}08$ м.

Запам'ятайте

Сполучені посудини — це дві або декілька посудин, з'єднаних між собою так, щоб між ними могла протікати рідина.

Прилади для вимірювання тисків рідин і газів називають ***манометрами***.

Гідравлічна машина — це пристрій, дія якого ґрунтується на законах руху та рівноваги рідини.

Перевірте себе

1. У сполучені посудини налито воду і бензин (мал. 23.3). Наскільки вище розміщена поверхня бензину щодо поверхні води, якщо висота стовпчика бензину 10 см?

2. За показниками ртутного манометра (мал. 23.4) визначте, наскільки тиск повітря в посудині більший від атмосферного.

3. Який виграш у силі дає домкрат, поршні якого мають площі 2 $см^2$ і 1 $дм^2$?

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Створіть модель гідравлічної машини за складеним власним алгоритмом, використовуючи два медичні шприци різного діаметру (без голки), прозору трубку від крапельниці. Розрахуйте, який виграш у силі дає ваша конструкція.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Сполучені посудини	Communicating vessels
Манометр	Manometer
Гідравлічна машина	Hydraulic machinery

§ 24. Вага повітря. Атмосферний тиск. Дослід Торрічеллі

Бургомістр (голова міського управління) німецького міста Магдебурга Отто фон Геріке провів у 1654 році цікавий дослід. Взяв дві мідні півсфери, щільно притиснув одну до одної і відкачав повітря з порожнини, що утворилася. Після цього запропонував бажаючим їх роз'єднати. Процес тривав довго, навіть 16 коней не змогли цього зробити. Але достатньо було відкрити кран на одній із півсфер і впустити всередину повітря, як вони практично самі роз'єдналися.



У чому суть досліду? Звідки виникає така величезна сила і чому ми її не відчуваємо?

Дізнаймося про...

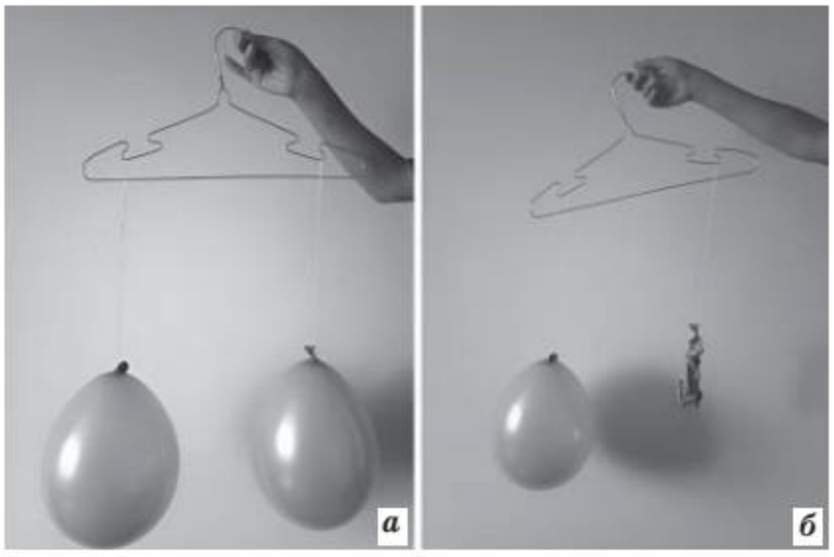
- **вагу повітря;**
- **атмосферний тиск;**
- **вимірювання атмосферного тиску.**

1. Чи має вагу повітря?

Повітря оточує нас з усіх боків, але ми не відчуваємо його ваги, тому питання «Чи має вагу повітря?» здається дивним. Раніше люди так і думали, що повітря не має ваги. Проте ***Евангеліста Торрічеллі***, учень Галілео Галілея, після тривалих досліджень довів, що повітря таки має масу, а отже, і вагу. Як нам переконатися, що повітря має вагу? Для цього виконаємо дослід. До обох кінців вішачка для одягу прив'яжемо дві однакові повітряні кульки. Він розміститься горизонтально (мал. 24.1, *а*). Якщо голкою проткнути одну з надутих кульок, з неї вийде повітря і рівновага порушиться (мал. 24.1, *б*). Як бачимо, кулька з повітрям важча від кульки без повітря. Отже, повітря має вагу.



Евангеліста Торрічеллі



Мал. 24.1. Дослід з кульками

Поміркуйте і дайте відповідь

Обчисліть, скільки важить повітря у класі, якщо його довжина 6 м, ширина 4 м, висота 3 м. Густина повітря 1,29 кг/м^3.

2. Атмосферний тиск

Ми перебуваємо на дні своєрідного «повітряного» океану. Подібно до того як вода в океані чинить тиск на його дно, так атмосфера своєю вагою створює тиск на поверхню Землі. Тиск, який чинить атмосфера на поверхню Землі та на всі тіла поблизу неї, називають ***атмосферним***.

Атмосфера Землі має дуже велику масу. Чому ж тоді повітря не може розчавити нас своєю вагою? Чому люди не відчувають тиск атмосфери? Причина в тому, що «повітряний стовп» тисне на нас не тільки зверху, а й з усіх боків рівномірно. Також у процесі еволюції живі організми пристосувалися до тиску земної атмосфери — кровоносні судини та інші порожнини організму, які заповнені рідинами чи газами, чинять на стінки судин і порожнин зсередини такий самий тиск, як атмосфера ззовні. Тому тканини організму не деформуються.



Мал. 24.2. Приклад існування атмосферного тиску

Доведемо існування атмосферного тиску на прикладі піднімання рідини у шприці (мал. 24.2). Під час руху поршня вгору між

ним і рідиною утворюється безповітряний простір. Там тиск на поверхню рідини дорівнює нулю. А на вільну поверхню рідини в посудині діє атмосферний тиск, і він «змушує» рідину переміщуватись за поршнем та заповнювати шприц.

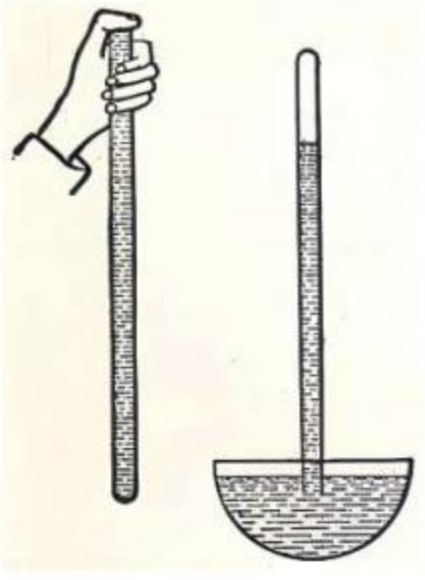
Поміркуйте і дайте відповідь

Дорослі слони засмоктують воду в хобот, а потім виливають її в рот. Як відбувається процес засмоктування води з погляду фізики?

3. Вимірювання атмосферного тиску

Виміряти атмосферний тиск вперше вдалося італійському фізику та математику Еванджелісті Торрічеллі за допомогою досліду, зображеного на мал. 24.3.

У скляну трубку довжиною 1 м, що запаяна з одного кінця, дослідник налив ртуть і відкритим кінцем опустив у посудину з ртуттю. Частина рідини витекла в посудину, але стовпчик ртуті висотою 760 мм залишився у трубці. Результат досліду Торрічеллі пояснив так: ртуть витікала до того моменту, поки тиск стовпа ртуті не зрівнявся з тиском, який чинить атмосфера на поверхню ртуті у посудині. Спостерігаючи за трубкою, він побачив, що протягом доби висота стовпа ртуті дещо змінюється. Це наштовхнуло на думку, що атмосферний тиск залежить від стану атмосфери, а отже, потрібен прилад для його вимірювання. Прикріпивши до трубки з ртуттю лінійку, науковець отримав ***барометр*** — прилад для вимірювання атмосферного тиску.



Мал. 24.3.
Дослід Е. Торрічеллі

Такий ***ртутний барометр*** вимірює атмосферний тиск у ***міліметрах ртутного стовпчика***. Це несистемна одиниця тиску, але в Україні та багатьох інших країнах прийнято виражати атмосферний тиск саме у ***мм рт. ст.***

Тиск величиною **760 мм рт. ст.**, виміряний на рівні моря, називають ***нормальним атмосферним тиском***.

Щоб подати значення атмосферного тиску у Па, можна скористатись такою рівністю: **1 мм рт. ст. ≈ 133,3 Па.**

У її правильності ви можете переконатися, самостійно обчисливши за формулою $p = \rho g h$ тиск стовпа ртуті висотою 1 мм.

Отже, **760 мм рт. ст. ≈ 100 кПа.**

Є ще інші несистемні одиниці атмосферного тиску:

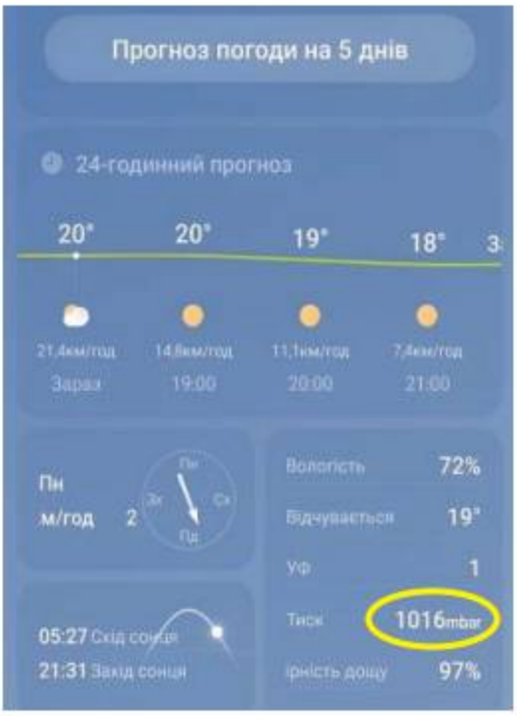
• ***фізична атмосфера*** **(1 атм),** одна фізична атмосфера дорівнює нормальному атмосферному тиску:

1 атм ≈ 100 кПа;

• ***бар*** (дрібніша одиниця — ***мілібар***). Використовують одиницю мілібар у метеорології (мал. 24.4) і для вимірювання тиску у вакуумі.

1 бар ≈ 750,062 мм рт. ст.

1 бар ≈ 0,99 атм.



Мал. 24.4.
Мобільний додаток «Погода»

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Чи зміг би Торрічеллі використати у своєму досліді замість ртуті воду? Чому?

2. Виразіть запропонований тиск в одиницях СІ:
760 мм рт. ст., 1 атм.

Запам'ятайте

Атмосферний тиск — це тиск, з яким атмосфера діє на поверхню Землі й на всі тіла поблизу неї.

Уперше довів існування атмосферного тиску ***Евангеліста Торрічеллі.***

Нормальний атмосферний тиск: $p_{атм.}$ **= 760 мм рт. ст.**

Барометр — прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Перевірте себе

1. Виразіть запропонований тиск в одиницях СІ:
753 мм рт. ст., 770 мм рт. ст., 200 кПа, 15 атм.

2. У шахті встановлено водяний барометр. Визначте висоту водяного стовпа в ньому, якщо атмосферний тиск у шахті дорівнює 810 мм рт. ст.

3. Перед початком тренувань кожен учасник робить розминку, при цьому він повинен завжди правильно дихати. Уявіть себе спортсменом на розминці. Станьте рівно. Покладіть руку на діафрагму. Зробіть декілька глибоких вдихів та видихів. Поясніть, як ви робите вдих з погляду фізики.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Атмосферний тиск	Atmospheric pressure
Барометр	Barometer

§ 25. Барометр-анероїд. Зміна атмосферного тиску з висотою. Альтиметр

Чи може колодязь передбачати погоду? Виявляється, що так. Незвичайний колодязь є в селі Покровському Миколаївської області. Глибокий, завжди наповнений смачною холодною водою, він часом так втягує в себе повітря, що потрібно прикласти неабияку силу, щоб відкрити кришку. Іноді, навпаки, він з такою силою виштовхує повітря, що кришку на ньому ніби лихоманить, і вона весь час підстрибує, як на киплячому чайнику. Якщо в цей час вкинути в колодязь шапку, її із силою викине назовні.

Місцеве населення здавна використовує цей колодязь як «своєрідний барометр» для передбачення погоди. Виявляється, у «поведінці» колодязя є певна закономірність: він «вдихає» повітря завжди перед хорошою погодою, а «видихає» перед дощем або снігом. Науковці пояснюють це явище особливостями будови шарів ґрунту.

Звичайно, колодязь у Покровському не єдиний. Подібні колодязі-барометри є в південних районах Херсонської, Запорізької та Одеської областей.

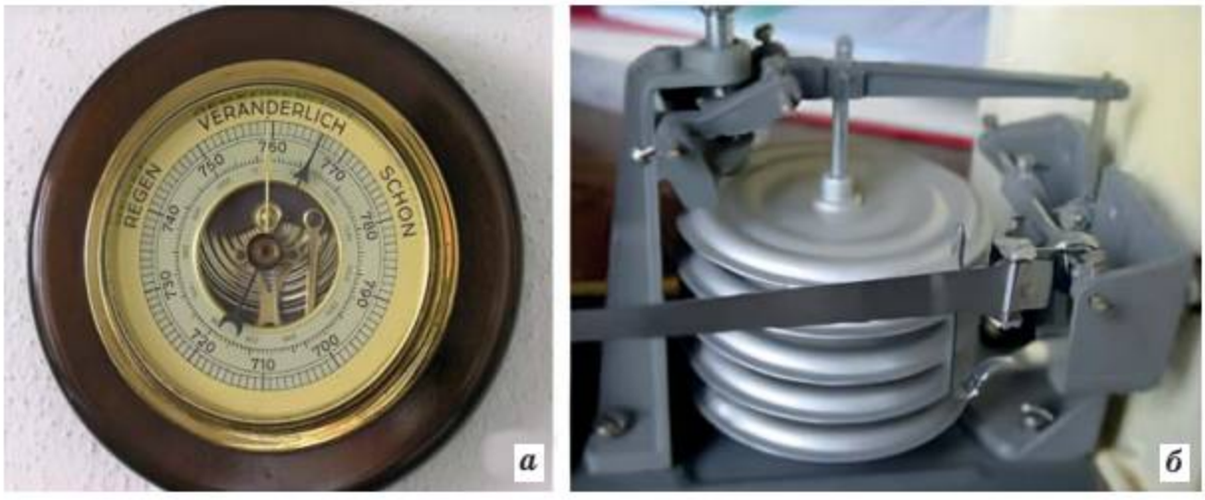
Дізнаймося про...

- **барометр-анероїд;**
- **зміну атмосферного тиску з висотою;**
- **альтиметр.**

1. Барометр-анероїд

Ртутний барометр, з яким ви ознайомилися у попередньому параграфі, є доволі точним приладом. Проте він незручний через великі розміри трубки і небезпечний для здоров'я, оскільки містить ртуть, пари якої через органи дихання потрапляють в організм людини та розносяться кров'ю до життєво важливих органів — печінки, нирок, серця, шлунково-кишкового тракту, головного мозку — і негативно впливають на їхню роботу.

Поява першого барометра без ртуті пов'язана з ім'ям французького інженера ***Люсьєна Віді***. У 1844 році він сконструював і запатентував новий барометр, який отримав назву ***барометр-анероїд*** (мал. 25.1, *а*).

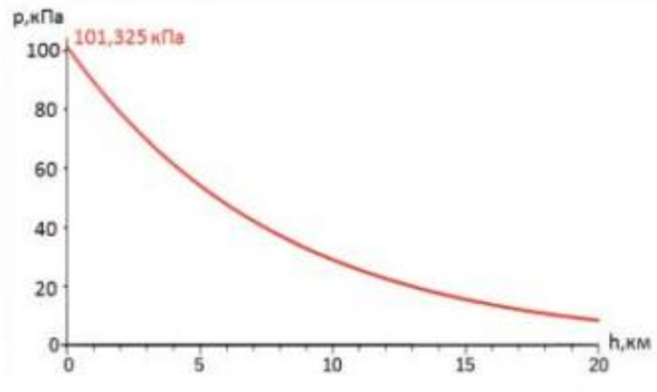


Мал. 25.1. Барометр-анероїд

Основною частиною барометра-анероїда є пружна гофрована металева коробка, з якої викачане повітря (мал. 25.1, *б*). Вона реагує на зміни атмосферного тиску зміною своєї форми. Збільшення тиску призводить до вдавлювання стінок всередину коробки, а зменшення — до збільшення її опуклості. Зміна форми коробки передається стрілці, яка показує значення атмосферного тиску на шкалі приладу. Шкалу барометра-анероїда градують в міліметрах ртутного стовпчика або в кілопаскалях.

2. Зміна атмосферного тиску з висотою

Спостерігаючи за барометром, легко виявити, що його показники змінюються в разі зміни погоди. Перед негодою атмосферний тиск падає, а перед ясною погодою — зростає.



Мал. 25.2.
Залежність атмосферного тиску від висоти

Проте якщо виміряти атмосферний тиск на першому поверсі багатоповерхівки і на останньому чи біля підніжжя гори та на її вершині, то показники барометра теж будуть різнитися. Чому? Атмосферний тиск залежить від висоти над рівнем моря. Чим вище ми будемо підніматися, тим меншим ставатиме атмосферний тиск (мал. 25.2).

Це пов'язано з тим, що з підняттям над землею кількість молекул атмосферних газів зменшується, а отже, й зменшується створюваний ними тиск.

Біля поверхні Землі атмосферний тиск зменшується приблизно на 1 мм рт. ст. кожні 11 м висоти.

Визначимо атмосферний тиск на висоті 200 м, якщо на поверхні Землі тиск 720 мм рт. ст.

Складемо і розв'яжемо пропорцію:

$$11 \text{ м} — 1 \text{ мм рт. ст.}$$
$$200 \text{ м} — X \text{ мм рт. ст.}$$

$$X = \frac{200 \text{ м} \cdot 1 \text{ мм рт. ст}}{11 \text{ м}} \approx 18 \text{ мм рт. ст.}$$

Отже, атмосферний тиск на висоті 200 м дорівнює:

$$720 \text{ мм рт. ст.} - 18 \text{ мм рт. ст.} = 702 \text{ мм рт. ст.}$$

Поміркуйте і дайте відповідь

Визначте висоту гірської вершини, якщо біля підніжжя гори барометр показує 720 мм рт. ст., а на її вершині — 420 мм рт. ст.

3. Альтиметр

Оскільки атмосферний тиск залежить від висоти, то барометром-анероїдом можна вимірювати висоту над поверхнею Землі,

проградуювавши його шкалу у метрах. Такий прилад називають альтиметром (мал. 25.3).



Мал. 25.3. Альтиметри

Альтиметри є незамінними приладами на всіх літальних апаратах — від повітряної кулі до сучасного літака. Їх використовують парашутисти, альпіністи, геологи. Крім цього, прилад популярний і в побуті. Ви легко можете купити сучасний годинник, у якому є альтиметр (мал. 25.4).



Мал. 25.4. Годинник, що містить альтиметр

До речі, раніше альтиметром називали простий кутомірний інструмент для визначення висоти зірок, планет та інших небесних тіл.

Запам'ятайте

Барометр-анероїд — це прилад для вимірювання атмосферного тиску.

Біля поверхні Землі атмосферний тиск зменшується приблизно на 1 мм рт. ст. кожні 11 м висоти.

Альтиметр — дуже чутливий металевий барометр, що має шкалу, за якою безпосередньо можна визначити висоту над поверхнею Землі.

Перевірте себе

1. Найвища в Україні метеостанція розташована в Карпатах на схилі гори Пожижевська, висота якої 1820 м. На вершині цієї гори барометр показує атмосферний тиск 588 мм рт. ст, а на станції — 615 мм рт. ст. Визначте, на якій висоті розташована метеостанція.

2. Визначте атмосферний тиск на висоті 500 м, якщо на рівні моря він становить 760 мм рт. ст.

3. Визначте атмосферний тиск на вершині гори Говерла, якщо на висоті 183 м він становить 740 мм рт. ст. Висота Говерли 2061 м.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Барометр-анероїд	Aneroid barometer
Альтиметр	Altimeter

§ 26. Дія рідини й газу на занурене в них тіло. Архімедова сила

Чи пробували ви занурити м'яч під воду? А коло для плавання? Спробуйте! Якась невідома потужна сила не дає вам цього зробити. І навіть якщо вам вдасться, доклавши неймовірних зусиль, занурити м'яч чи коло під воду, вони одразу опиняться на поверхні води, тільки-но ви їх відпустите. З'ясуймо, що ж це за «водяний монстр».

Дізнаймося про...

- **виштовхувальну силу;**
- **визначення виштовхувальної сили;**
- **закон Архімеда;**
- **використання сили Архімеда.**

1. Виштовхувальна сила

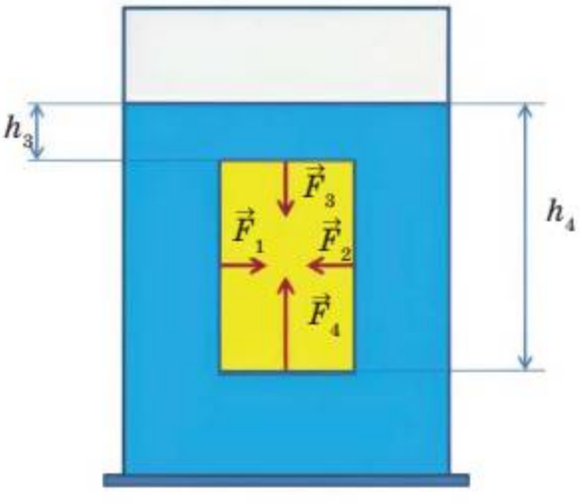
Численні відкриття і винаходи Архімеда були об'єктами особливого подиву людства. Збереглися легенди, що Архімед під час оборони рідного міста Сиракузи від нападу римлян не тільки використовував сконструйовані ним військові машини, а й застосував проти римського флоту увігнуті дзеркала, запалюючи кораблі сфокусованими сонячними променями. Інша легенда розповідає про те, як Архімед перевіряв, чи корона, яку виготовив майстер царю Гієрону, була з чистого золота. У результаті дослідження Архімед зрозумів, як вимірювати об'єми тіл неправильної геометричної форми. На основі цього він відкрив закон про виштовхувальну силу, і його вигук «Еврика» ввійшов у лексику як успіх у відкриттях (мал. 26.1).



Мал. 26.1. Ілюстрація легенди про Архімеда

Визначною працею Архімеда був його твір «Про плаваючі тіла», у якому описано відкритий ним основний закон гідростатики, що згодом назвали законом Архімеда.

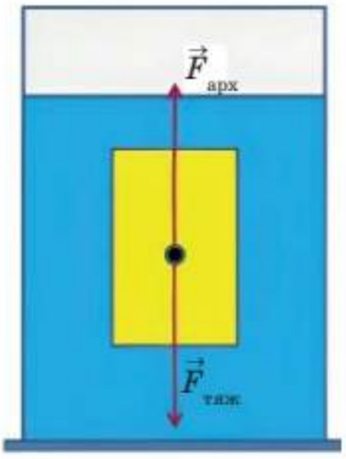
Якщо опустити в посудину з водою брусок, то на його грані будуть діяти сили тиску з боку води (мал. 26.2).



Мал. 26.2. Брусок занурений у воду

Сили (F_1 і F_2), що діють на бічні грані, компенсуються, бо є протилежні за напрямом і рівні за значенням, оскільки площі бічних граней однакові та розташовані на однаковій глибині. Сили (F_3 і F_4), які діють на верхню і нижню грані бруска, не зрівноважуються. На верхню грань діє сила тиску, зумовлена висотою стовпця h_3, а на нижню грань — h_4. Так як $h_4 > h_3$, то і сила $F_4 > F_3$, а рівнодійна сила — це різниця цих двох сил, яка напрямлена в бік більшої сили, тобто вгору. Цю силу і називають ***виштовхувальною***.

Ще звернемо увагу на те, якщо у посудині на початок досліду було води по вінця, то в разі занурення тіла частина води виллється. Об'єм цієї води дорівнює об'єму зануреного у неї тіла.



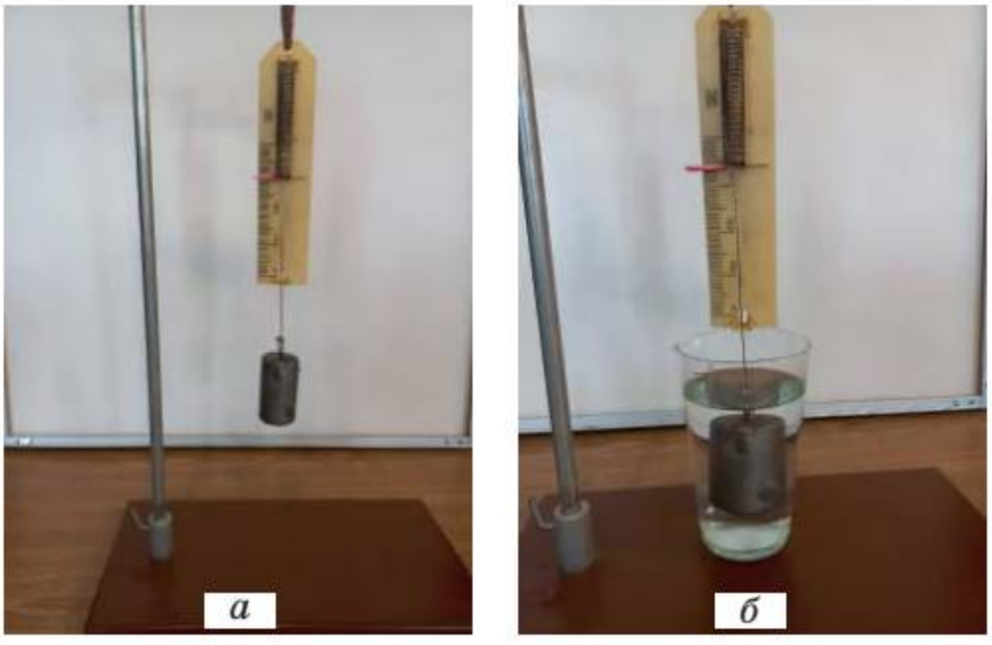
Мал. 26.3. Напрям сили Архімеда

Така ж сила виникає і в газах. Цю силу ще називають ***архімедовою силою*** і вимірюють у ***ньютонах*** **(Н)**. *Архімедова сила напрямлена з боку рідини (або газу) вертикально вгору і протилежна силі тяжіння. Прикладена ця сила до центра зануреного у рідину тіла або частини тіла, зануреної в рідину* (мал. 26.3).

2. Визначення виштовхувальної сили. Закон Архімеда

Виштовхувальну силу можна визначити експериментально. Для цього нам потрібні динамометр, посудина з рідиною та досліджуване тіло. Спочатку виміряємо вагу тіла у повітрі $\boldsymbol{P_1}$ (мал. 26.4, *а*). Потім повністю зануримо тіло у посудину з рідиною і знову виміряємо вагу $\boldsymbol{P_2}$ (мал. 26.4, *б*). Архімедова сила — це різниця ваги тіла в повітрі та ваги тіла в рідині:

$$\boldsymbol{F_{арх} = P_1 - P_2}.$$



Мал. 26.4. Вага тіла: а — у повітрі; б — у рідині

Здійснивши низку експериментів, було зроблено висновки про залежність виштовхувальної сили від об'єму зануреного тіла, густини рідини та густини тіла.

- Виштовхувальна сила залежить від об'єму зануреного в рідину тіла. ***Чим більший об'єм зануреного тіла, тим більша виштовхувальна сила.***
- Виштовхувальна сила залежить від густини рідини, у яку занурюється тіло. ***Чим більша густина рідини, у яку занурюється тіло, тим більша виштовхувальна сила.***
- ***Виштовхувальна сила не залежить від густини тіла, яке занурюють у рідину.***

Підсумовуючи результати дослідів, формулюємо висновок, який називається **законом Архімеда:** ***на тіло, занурене у рідину (або газ), діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини (або газу) в об'ємі зануреної частини тіла:***

$$F_{\text{а}} = \rho_{\text{р}}\, g V_{\text{зан.част.т.}}$$

Виштовхувальна сила залежить від густини рідини (або газу) та об'єму зануреної частини тіла і не залежить від густини самого тіла.

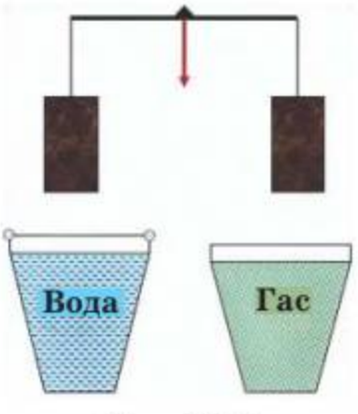
Поміркуйте і дайте відповідь

1. Яка сила не дає нам занурити м'яч під воду?

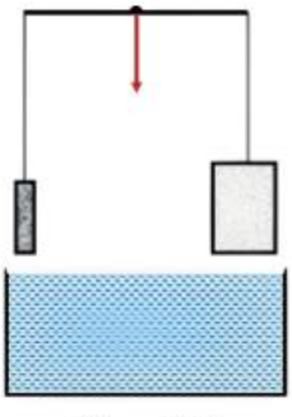
2. Чому ви легко можете підняти великий камінь у морі чи іншій водоймі, а на березі це дуже важко зробити?

3. Два однакових циліндри підвісили до коромисла терезів. Терези зрівноважені, бо маси циліндрів однакові (мал. 26.5). Один циліндр занурюють у посудину з гасом, а другий — у посудину з водою. Чи порушиться рівновага? Якщо так, то в який бік?

4. Два циліндри, свинцевий і алюмінієвий, зрівноважені на терезах (мал. 26.6). Чи порушиться рівновага в разі їх занурення у воду? Чому?



Мал. 26.5.
Циліндри однакових об'ємів



Мал. 26.6.
Циліндри однакових мас

3. Використання сили Архімеда

Архімедова сила допомагає у воді піднімати важкі предмети. Якщо на дні водойми лежить важке тіло, то щоб виникла виштовхувальна сила, тіло треба припідняти («відліпити») з дна. В іншому разі на нижню частину не буде діяти сила тиску, яка виштовхує тіло.

Знання про виштовхувальну силу потрібні для конструювання човнів, кораблів, катерів та інших плавальних засобів.

На законі Архімеда ґрунтується принцип дії ***ареометра*** — приладу для вимірювання густини. Він плаває на різних рівнях у рідинах з різною густиною (мал. 26.7). Ареометр занурюється в рідину доти, доки вага витісненої рідини не зрівняється з його вагою. Він плаває вертикально, бо його колба навантажена свинцевими дробинками.



Мал. 26.7. Ареометри

За допомогою ареометрів контролюють густину електроліту в акумуляторах та густину продуктів харчування.

4. Приклад розв'язування задачі

Задача. Чавунна деталь має вагу 3,5 Н у повітрі. Визначте вагу деталі в разі повного занурення її у гас.

Дано:	СІ	Розв'язання:
$P_1 = 3{,}5$ Н	$P_2 = P_1 - F_а$	$V_т = \dfrac{3{,}5\ \text{Н}}{7000\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0{,}00005\ \text{м}^3$
$\rho_р = 800$ кг/м^3	$F_а = \rho_р g V_т$	$F_а = 800\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0{,}00005\ \text{м}^3 =$
$\rho_ч = 7000$ кг/м^3	$P_1 = mg$	$= 0{,}4$ Н
$g \approx 10$ Н/кг	$V_т = \dfrac{P_1}{\rho_ч g}$	$P_2 = 3{,}5\ \text{Н} - 0{,}4\ \text{Н} = 3{,}1\ \text{Н}$
P_2 — ?		

Відповідь: $P_2 = 3{,}1$ Н.

Запам'ятайте

Виштовхувальна (архімедова) сила — це сила, зумовлена різницею тисків на верхню та нижню грані тіла.

Закон Архімеда: на тіло, занурене в рідину (або газ), діє виштовхувальна сила, яка дорівнює вазі рідини (або газу) в об'ємі зануреної частини тіла.

Виштовхувальна сила залежить від густини рідини (або газу) та об'єму зануреної частини тіла, не залежить від густини самого тіла.

Перевірте себе

1. Вага тіла в повітрі становить 1,5 Н, а в разі занурення у воду зменшується до 1,2 Н. Чому дорівнює величина виштовхувальної сили, що діяла на тіло?

2. На тіло об'ємом 600 $см^3$, яке повністю занурене у невідому рідину, діє архімедова сила 4,8 Н. Що це за рідина?

3. Визначте об'єм циліндра, якщо в разі повного занурення його в нафту на нього діє виштовхувальна сила 3,2 Н.

4. Визначте масу срібного браслета, якщо на нього у воді діє виштовхувальна сила 9,5 мН.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Виштовхувальна сила	Buoyant force
Закон Архімеда	Archimedes' principle

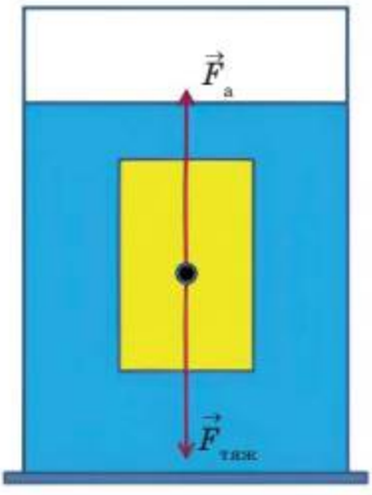
§ 27. Умови плавання тіл

Чому риби та підводні човни плавають у товщі води, а не виштовхуються нею на поверхню? Чому великі кораблі, важкі танкери плавають, а невеликі камінці тонуть?

Дізнаймося про...

- **умови плавання тіл;**
- **плавання живих організмів.**

1. Умови плавання тіл



Мал. 27.1. Тіло плаває

Пригадаємо, які сили діють на занурене у воду тіло (мал. 27.1). Вертикально вниз до центра Землі напрямлена сила тяжіння $F_{тяж}$, а вгору — виштовхувальна сила (архімедова сила) $F_а$.

Якщо ці сили між собою чисельно рівні, тобто жодна з них «не перемогла», то тіло ***буде плавати всередині рідини*** (мал. 27.2, *а*):

$$F_{тяж} = F_а.$$

Якщо сила тяжіння більша від виштовхувальної сили, то тіло тоне (мал. 27.2, *б*):

$$F_{тяж} > F_а.$$

Якщо ж виштовхувальна сила більша від сили тяжіння, то тіло спливає на поверхню води (мал. 27.2, *в*):

$$F_{тяж} < F_а.$$



Мал. 27.2. Умови плавання тіл

Оскільки сила тяжіння $F_{тяж} = mg = \rho_т g V_т$, а сила Архімеда $F_а = \rho_р g V_т$, то умови плавання тіл можна записати по-іншому (табл. 27.1):

Таблиця 27.1

Умови плавання тіл		
Плаває	$F_{тяж} = F_а$	$\rho_т = \rho_р$
Тоне	$F_{тяж} > F_а$	$\rho_т > \rho_р$
Спливає	$F_{тяж} < F_а$	$\rho_т < \rho_р$

2. Плавання живих організмів

Як занурюються та спливають риби? Природа про це потурбувалася. Риби мають плавальний міхур, що виконує декілька функцій, серед яких і регулювання висоти плавання. Міхур може збільшуватися чи зменшуватися за рахунок повітря. Так об'єм риби збільшується чи зменшується, і вона спливає або занурюється (мал. 27.3).

Водорості мають тонкі й довгі стебла (мал. 27.4). Чому вони не потребують товстіших і міцніших? Під дією архімедової сили стебла водоростей досить стійко зберігають вертикальне положення, тому міцність стебла неважлива.

Молюск наутилус плаває завдяки здатності змінювати об'єм внутрішніх порожнин у своєму організмі (мал. 27.5).

Повітряна оболонка на черевці дає змогу водяному павуку підніматися з глибини на поверхню (мал. 27.6).



Мал. 27.3. Риби



Мал. 27.4. Водорості



Мал. 27.5. Молюск наутилус



Мал. 27.6. Водяний павук

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Чи діє виштовхувальна сила на камінці, які ми кидаємо у воду? Чому вони тонуть?

2. У посудину налили три рідини, що не змішуються: воду, гас і ртуть. У якому порядку вони розташовані?

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. Крижина площею 2 м^2 і товщиною 20 см плаває в озері. Чи зможе вона втримати зайця масою 6 кг?

Дано:	СІ		Розв'язання:
$m_1 = 6$ кг		$F_{тяж} = mg$	$V_т = 2\ м^2 \cdot 0{,}2\ м = 0{,}4\ м^3$
$\rho_р = 1000$ кг/м^3		$m = m_1 + m_2$	$m_2 = 900\ \frac{кг}{м^3} \cdot 0{,}4\ м^3 = 360$ кг
$g \approx 10$ Н/кг		$m_2 = \rho_л V_т$	$m = 6$ кг $+ 360$ кг $= 366$ кг
$S = 2$ м^2		$V_т = Sh$	$F_{тяж} = 366\ кг \cdot 10\ \frac{Н}{кг} = 3660$ Н
$h = 20$ см	0,2 м	$F_а = \rho_р g V_т$	$F_а = 1000\ \frac{кг}{м^3} \cdot 10\ \frac{Н}{кг} \cdot 0{,}4\ м^3 =$
$\rho_л = 900$ кг/м^3			$= 4000$ Н
			$F_а > F_{тяж}$
$F_а \geq F_{тяж}$ — ?			

Відповідь: *заєць не потоне, оскільки* $F_а > F_{тяж}$.

Запам'ятайте

Тіло плаває всередині рідини (у газі), якщо густина тіла дорівнює густині рідини (газу).

Тіло, занурене у рідину (газ), тоне, якщо густина тіла більша від густини рідини (газу).

Тіло спливає, якщо густина тіла менша від густини рідини (газу).

Перевірте себе

1. Чому айсберг плаває, занурившись у воду майже повністю?

2. Чи може тіло в одній рідині тонути, а в іншій плавати?

3. Чому не можна гасити палаючі нафтопродукти водою?

4. Чи потоне дубова колода об'ємом 0,2 м^3 у воді?

5. У місті Солотвино Закарпатської області є дуже солоне озеро Кунігунда (мал. 27.7). Його ще називають мертве озеро. Густина води у ньому становить 1,2 г/см^3. Визначте вагу людини масою 70 кг, що плаває у цьому озері. Об'єм тіла людини — 58 дм^3.



Мал. 27.7. Озеро Кунігунда

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Складіть власний алгоритм дій для перевірки умов плавання тіл на прикладі моделі плота. На плоті потрібно перевезти мінііграшкових тварин через водойму. Для цього використайте широку посудину з водою, однакові олівці, лінійку, скотч та дитячі іграшки-звірятка.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Тіло тоне	Submerged body
Тіло спливає	Buoyant body
Тіло плаває	Floating body

Лабораторна робота № 6
З'ясування умов плавання тіл

Мета: перевірити на досліді умови плавання тіл.

Обладнання: важільні терези, набір важків, мензурка з водою, пробірка з пробкою, дротяний гачок або нитка, фільтрувальний папір або суха тканина, посудина із сухим піском.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

1. Визначте ціну поділки мензурки.
2. Насипте в пробірку сухого піску стільки, щоб вона, закрита пробкою, плавала в мензурці з водою у вертикальному положенні і її частина була над поверхнею води.
3. Опустіть пробірку з піском у мензурку з водою і визначте виштовхувальну силу, що діє на неї.

Сила Архімеда дорівнює вазі води, витісненої пробіркою:

$$F_в = P_{вит.\ води} = \rho_{води}\, g V_{зан.\ част.\ тіла};$$

$$V_{зан.\ част.\ тіла} = V_{води\ витісн.\ тілом};$$

$$V_{води\ витісн.\ тілом} = V_2 - V_1.$$

Початковий об'єм води у мензурці:

$V_1 =$ _____ см^3 = _____ м^3.

Об'єм води після занурення у неї пробірки з піском:

$V_2 =$ _____ см^3 = _____ м^3;

$V_{зан.\ част.\ тіла} =$ _____ м^3;

$F_в =$ _____ Н.

4. Витягніть пробірку з води, протріть її фільтрувальним папером. Виміряйте масу за допомогою терезів та визначте силу тяжіння, що діє на пробірку з піском за формулою:

$$F_{тяж} = mg.$$

$m =$ _____ г = _____ кг;

$F_{тяж} =$ _____ Н.

5. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 1.
6. Повторіть дослід, насипавши у пробірку сухого піску стільки, щоб вона плавала всередині рідини.

$V_1 =$ _____ см^3 = _____ м^3;

$V_2 =$ _____ см^3 = _____ м^3;

$V_{зан.\ част.\ тіла} =$ _____ м^3;

$F_в =$ _____ Н;

$m =$ _____ г = _____ кг;

$F_{тяж} =$ _____ Н.

7. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 1.
8. Повторіть дослід, насипавши у пробірку сухого піску стільки, щоб вона потонула.

$V_1 =$ _____ см^3 = _____ м^3;

$V_2 =$ _____ см^3 = _____ м^3;

$V_{зан.\ част.\ тіла} =$ _____ м^3;

$F_в =$ _____ Н;

m = _____ г = _____ кг;
$F_{тяж}$ = _____ Н.

7. Результати вимірювань та обчислень запишіть у табл. 1.

Таблиця 1

№ з/п	V_1, м^3	V_2, м^3	$V_{зан. част. тіла}$, м^3	$F_в$, Н	m, кг	$F_{тяж}$, Н	Порівняння (>, <, =) $F_в$ та $F_{тяж}$	Спостережуване явище
1								
2								
3								

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме досліджували під час виконання лабораторної роботи; який отримали результат; де набуті знання можна використати на практиці).

§ 28. Плавання суден

У червні 2023 року на верфі у Фінляндії завершено будівництво найбільшого у світі круїзного лайнера Icon of Seas та розпочато морські випробування. Цей лайнер має довжину 365 м і прогнозовану масу 250 800 т. На борту можна розмістити до 7000 пасажирів і 2500 членів екіпажу. Особливістю корабля став найбільший у світі аквапарк на морі. Перших пасажирів новий лайнер прийняв на початку 2024 року. Як такий велетень втримується на воді?





Дізнаймося про...

- **розвиток судноплавства;**
- **плавання суден;**
- **характеристики суден.**

1. Судноплавство

Судноплавство — це використання водних шляхів (морів, річок, озер та інше) для руху суден. Суднами називають самохідні або несамохідні плавучі споруди, що використовують для перевезення людей, тварин та вантажів.

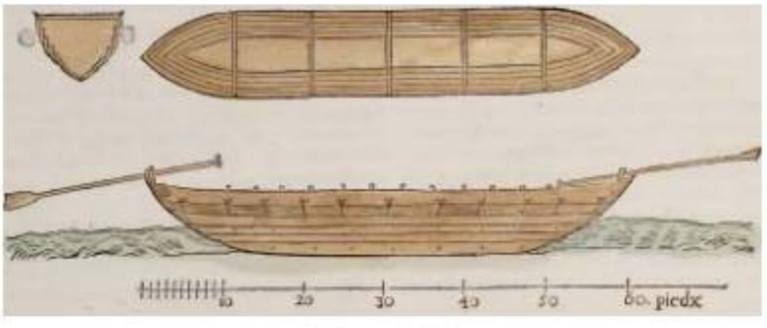
Людина почала освоювати водні простори ще в доісторичні часи. Першими засобами, створеними людьми для пересування по воді, були плоти зі зв'язаних колод. На зміну їм прийшли човни-довбанки (човен, виготовлений видовбуванням серцевини стовбура одного суцільного дерева). Один з таких човнів довжиною 12 м (мал. 28.1) виявили у серпні 2015 року на Волині в річці Стир біля села Старосілля. У результаті радіовуглецевого аналізу було встановлено, що цей човен виготовлений приблизно у 1350 році і, ймовірно, належав литовським князям.

Минали тисячоліття, і на зміну цим найпростішим засобам пересування по воді прийшли більш складні — човни, обтягнуті шкірою, що переміщалися по воді за допомогою весел. Пізніше з'явилися вітрильні судна.

Українське судноплавство активно почало розвиватися в часи козаччини. Запорізькі козаки для здійснення морських походів будували малі човни — чайки (мал. 28.2) і великі однощоглові кораблі.



Мал. 28.1.
Човен-довбанка, знайдений на Волині

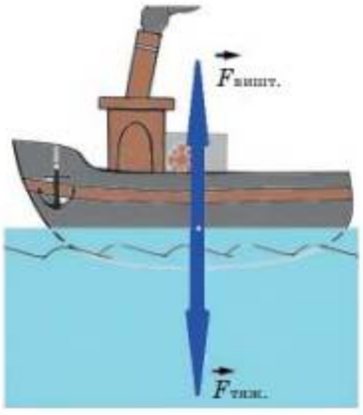


Мал. 28.2.
Ілюстрація «чайки» запорізьких козаків, 1660 рік

Усі конструкції були дерев'яні чи з очерету. І лише в другій половині XIX ст. в будівництві суден почали застосовувати різні метали. Зазвичай корпус суден виготовляють зі сталі.

2. Плавання суден

Під час занурення судна у воду виникає виштовхувальна сила (сила Архімеда), яка напрямлена в протилежний бік до сили тяжіння, що діє на судно (мал. 28.3). Ця сила дорівнює вазі води, що витісняється судном. Судна, які плавають озерами, річками, морями й океанами, побудовані з різних матеріалів, кожен з яких має свою густину (як більшу, так і меншу від густини води). Всередині судна також є повітря. Конструкція корабля нагадує металеве тіло з порожниною. Якщо математично розрахувати густину судна, то вона буде меншою, ніж густина води. Тому судно плаває, занурюючись у воду на невелику частину свого об'єму.



Мал. 28.3. Плавання судна

Глибину, на яку занурюється судно у воду, називають ***осадкою***. Осадка судна змінюється залежно від навантаження судна, а також від того, у якій воді воно плаває — прісній чи морській.

Поміркуйте і дайте відповідь

Чому і як змінюється осадка корабля, якщо він переходить з річки в море?

На корпус судна наносять горизонтальну лінію (мал. 28.4), що позначає його максимально допустиму осадку, її називають ***ватерлінією*** (від голландського слова «ватер» — вода).

Однією з експлуатаційних характеристик судна є ***водотоннажність*** — це вага води, яку витісняє судно, занурюючись до ватерлінії, що дорівнює силі тяжіння, яка діє на судно з вантажем.

Якщо від водотоннажності відняти вагу самого судна, то отримаємо



Мал. 28.4. Ватерлінія на судні

граничну вагу вантажу, який може перевезти це судно, тобто визначимо ***вантажність судна***.

Поміркуйте і дайте відповідь

Де більша вантажність однієї і тієї ж баржі: у річковій чи в морській воді? Чому?

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. Водотоннажність судна, яке перевозить 4000 т вантажу, дорівнює 60 МН. Визначте масу самого судна.

Дано:	Розв'язання:	
$P_{\text{води}} = 60$ МН$=$	$P_{\text{води}} = F_{\text{а}} = F_{\text{тяж}}$	$m_{\text{судна}} = \dfrac{60\,000\,000\ \text{Н}}{10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} -$
$= 60\,000\,000$ Н	$F_{\text{тяж}} = (m_{\text{вант}} + m_{\text{судна}})g$	$- 4\,000\,000$ кг $=$
$m_{\text{вант}} = 4000$ т	$m_{\text{вант}} + m_{\text{судна}} = \dfrac{P_{\text{води}}}{g}$	$= 2\,000\,000$ кг $= 2000$ т
$= 4\,000\,000$ кг	$m_{\text{судна}} = \dfrac{P_{\text{води}}}{g} - m_{\text{вант}}$	
$g \approx 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$		
$m_{\text{судна}} - ?$		

Відповідь: $m_{\text{судна}} = 2\,000\,000$ кг $= 2000$ т.

Запам'ятайте

Глибину, на яку судно занурюється у воду, називають ***осадкою***.

Ватерлінія — це горизонтальна лінія на корпусі судна, що позначає його максимально допустиму осадку.

Водотоннажність — це вага води, яку витісняє судно, занурюючись до ватерлінії, що дорівнює силі тяжіння, яка діє на судно з вантажем.

Вантажність судна — гранична вага вантажу, який може перевезти це судно.

Перевірте себе

1. Чи можна на судно водотоннажністю 60 кН помістити вантаж масою 5000 кг, якщо маса самого судна становить 2 т?

2. Судно, яке плаває у річці, витісняє воду об'ємом 5000 м^3. Розрахуйте вагу вантажу, якщо вага судна без вантажу дорівнює 5 МН.

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Складіть алгоритм для дослідного підтвердження умов плавання тіл, використовуючи два шматки пластиліну однакової маси, посудину з водою. Переконайтеся в тому, що суцільний шматок пластиліну тоне у воді, а зроблений з такого ж шматка кораблик буде плавати.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Судноплавство	Navigation
Осадка	Draft/draught
Ватерлінія	Waterline
Водотоннажність	Displacement tonnage
Вантажність судна	Ship's tonnage

§ 29. Повітроплавання

Уявіть собі, як одночасно в небо підіймаються десятки яскравих повітряних куль, плавно рухаючись то вниз, то вгору, граційно ловлячи вітер на різних висотах. Вони створюють незабутнє видовище та одночасне враження легкості й величі. А кажуть, що без крил не літають...

Дізнаймося про...

- **аеростати та дирижаблі;**
- **практичне застосування повітроплавання.**

1. Основи повітроплавання

Повітроплавання — це польоти в атмосфері Землі на апаратах, легших за повітря. На такий апарат з боку Землі діє сила тяжіння:

$$F_{\text{тяж.}} = m_{\text{тіла}}\, g = \rho_{\text{тіла}} g V_{\text{тіла}},$$

а з боку повітря — сила, яка прагне підняти його вгору — сила Архімеда:

$$F_{\text{А}} = \rho_{\text{пов.}} g V_{\text{тіла}}.$$

Для піднімання вгору необхідно, щоб сила тяжіння була меншою від архімедової сили. А це можливо за умови, коли густина тіла є меншою за густину повітря ($\rho_{\text{тіла}} < \rho_{\text{пов.}}$). Для цього можна використати такі гази: водень, гелій, гаряче повітря та деякі інші. Якщо ними заповнювати цупкі оболонки, то середня густина такої кулі буде меншою від густини повітря і вона злетить вгору. На такому принципі ґрунтується повітроплавання. Саме тому піднімається кулька, наповнена гелієм (мал. 29.1), чи повітряний ліхтарик, у якому використовується нагріте внаслідок горіння свічки повітря (мал. 29.2).



Мал. 29.1. Повітряні кульки



Мал. 29.2. Повітряний ліхтарик

Поміркуйте і дайте відповідь

До якого моменту повітряна кулька чи повітряний ліхтарик будуть підніматися вгору?

2. Історія винайдення аеростата

Літальні апарати, легші за повітря, називають ***аеростатами,*** чи ***повітряними кулями.***

Перший публічний запуск безпілотної повітряної кулі відбувся 5 червня 1783 року. Його продемонстрували французи, брати ***Жозеф-Мішель*** та ***Жак-Етьєнн Монгольф'є.*** Їхня куля, наповнена гарячим повітрям, перебувала в повітрі приблизно 10 хвилин, піднявшись на висоту 300 метрів (мал. 29.3).



Брати Монгольф'є



Мал. 29.3. Повітряна куля-монгольф'єр

Інший французький винахідник ***Жак-Александр-Сезар Шарль*** заповнив оболонку воднем. Густина водню у 14 разів менша за густину повітря, отже, суттєво зросла підіймальна сила аеростата. Свій перший політ така куля здійснила 27 серпня 1783 року (мал. 29.4).



Ж. Шарль



Мал. 29.4. Повітряна куля-шарльєр

Аеростати, у яких використовують водень, гелій чи інший газ, легший за повітря, ще називають ***шарльєрами***, а ті, що містять гаряче повітря — ***монгольф'єрами.***

Для того щоб підніматися вгору на шарльєрах, потрібно викидати баласт з кошика. Щоб опускатися вниз — випускають газ через отвір у верхній частині кулі.

Керування монгольф'єрами відбувається за допомогою газових пальників: вогонь інтенсивніше горить — повітря сильніше нагрівається і куля піднімається вгору. Пальник не горить — повітря охолоджується і куля опускається вниз.

Недоліком обох типів аеростатів є те, що в горизонтальному польоті вони рухаються тільки за вітром.

3. Дирижаблі в Україні

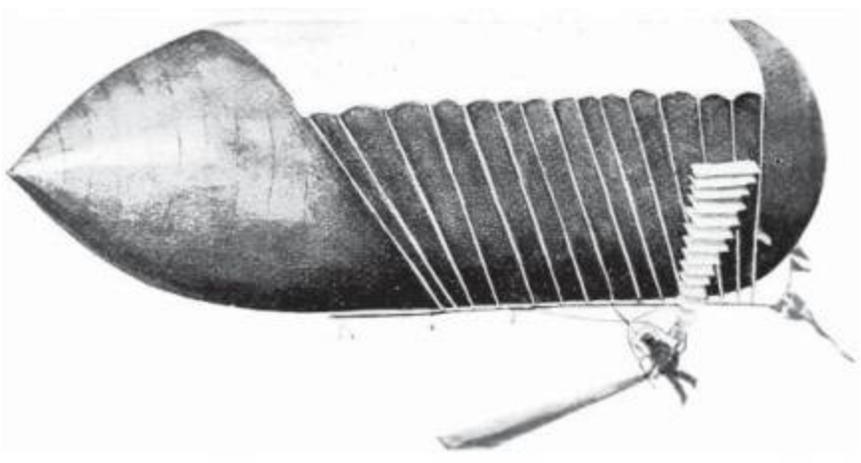
Для того щоб змусити повітряну кулю рухатись у довільному горизонтальному напрямку, зокрема проти вітру, потрібен двигун і пропелер. Такі аеростати з'явилися наприкінці XIX ст. і отримали назву ***«дирижабль»***.

Дирижаблі тоді конкурували з літаками. Їх використовували для перевезення пасажирів, ведення воєнних дій, а також для розваг і реклами.

В Україні перший дирижабль спроєктував, виготовив і сам пілотував харків'янин ***Костянтин Данилевський*** у 1897 році (мал. 29.5).



К. Данилевський



Мал. 29.5. Дирижабль К. Данилевського

А у 1911 році киянин Федір Андерс сконструював дирижабль «Київ», який брав на борт чотирьох пасажирів. До 100-річчя цієї події в Україні було випущено марку із зображенням дирижабля «Київ» (мал. 29.6).



Ф. Андерс



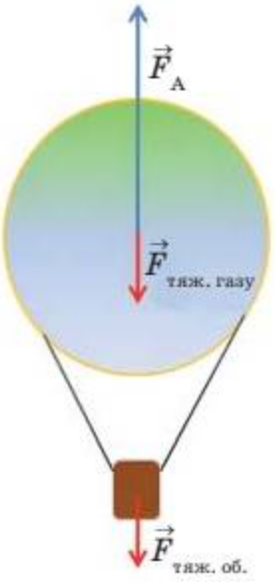
Мал. 29.6. Дирижабль «Київ»

Поміркуйте і дайте відповідь

Як ви вважаєте, чи мають переваги дирижаблі над літаками?

4. Підіймальна сила аеростата

Кожен аеростат використовують для того, щоб підняти якесь корисне навантаження: вимірювальну апаратуру, пасажирів чи інший вантаж. Найбільшу вагу вантажу, який може підняти аеростат, називають ***підіймальною силою***. Як її розрахувати? З мал. 29.7 видно, що порожній аеростат піднімає вгору сила Архімеда, а протидіють цьому сила тяжіння газу і оболонки.



Мал. 29.7. Аеростат

Різниця між архімедовою силою і силою тяжіння є підіймальною силою аеростата:

$$F_{\text{під.}} = F_{\text{А}} - (F_{\text{тяж.газу}} + F_{\text{тяж.об.}}).$$

З формули випливає, що для збільшення підіймальної сили потрібно збільшувати архімедову силу і зменшувати масу газу й самого аеростата. Для цього потрібно виготовляти кулю більшого об'єму та заповнювати її газом меншої густини, а аеростат — з легших матеріалів.

5. Сучасний стан повітроплавання

Пік повітроплавання припав на кінець XIX — початок XX ст. Проте аеростати використовують і тепер.

Так монгольф'єри (мал. 29.8) використовують для фотографування поверхні землі і моря, скупчення тварин, для туристичних і пізнавальних подорожей, спортивних змагань.



Мал. 29.8. Монгольф'єр



Мал. 29.9. Метеорологічний зонд

Шарльєри застосовують для метеорологічних досліджень (мал. 29.9), проведення наукових експериментів, а також для спортивних змагань.

Аеростати для дослідження верхніх шарів атмосфери називають ***стратостатами***.

Дирижаблі (мал. 29.10) використовують для доставки великих вантажів у важкодоступні райони, для перевезення пасажирів, під час рятувальних операцій, для спостереження за певною територією.



Мал. 29.10. Сучасний дирижабль

Поміркуйте і дайте відповідь

Де ще можна застосовувати аеростати?

Запам'ятайте

Повітроплавання — це польоти в атмосфері Землі на апаратах, легших за повітря.

Аеростат — літальний апарат, легший за повітря.

Дирижабль — це аеростат, який має двигун і може рухатися незалежно від повітряних потоків.

Підіймальна сила аеростата — це найбільша вага вантажу, який він може підняти.

Перевірте себе

1. Однакові кульки наповнили теплим повітрям, воднем, вуглекислим газом і гелієм. Як вони розташуються в повітрі?

2. Визначте підіймальну силу, яку має кулька об'ємом 2,5 дм^3, заповнена воднем. Маса кульки разом з воднем 3 г.

3. Маса аеростата (оболонки і кошика) 440 кг, об'єм кулі 1500 м^3. Вантаж якої маси він підніме, якщо наповнити оболонку гелієм?

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Повітроплавання	Aviation
Аеростат	Aerostat
Дирижабль	Airship/dirigible/blimp/ zeppelin

Здійсніть самоперевірку

Класифікація «Збільшення чи зменшення тиску»	https://learningapps.org/watch?v=p4t285w3a23	
Заповнити пропущене «Тиск твердих тіл, рідин і газів»	https://learningapps.org/watch?v=p6aft6o2k23	
Логічні пари «Тиск твердих тіл, рідин і газів»	https://learningapps.org/watch?v=pirqpv6ak23	
Кросворд «Тиск твердих тіл, рідин і газів»	https://learningapps.org/watch?v=podzvucg223	
«Розв'яжи задачу»	https://learningapps.org/watch?v=pt61pnebc23	
Фрагменти зображення «Прилади»	https://learningapps.org/watch?v=pu4713jw323	

Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2)

Орієнтовні теми проєктів:

- Тиск у нашому житті.
- Гори України та атмосферний тиск на їх вершинах.
- Комікс «Посіпаки у подорожі навколо світу».
- Модель-прототип фонтана парку «Софіївка».



Механічна робота і потужність. Енергія

§ 30. Механічна робота



«Це дуже важка робота — нічого не робити». Що мав на увазі ірландський письменник Оскар Вайльд, якому належать ці слова?



Дізнаймося про...

- **роботу;**
- **механічну роботу;**
- **умови виконання механічної роботи.**

1. Робота і механічна робота

Уявіть собі ситуацію на дорозі, коли в неочікуваний момент двигун автомобіля з механічною коробкою передач «глохне», хоча до цього працював нормально. Що робити в такій ситуації? Є кілька варіантів. Щоб авто рушило, його треба штовхати — а це важко. Викликати евакуатор — потрібно довго чекати і заплатити за його послуги, а це чималі кошти. А ще можна просто сидіти і чекати на «диво»...

Розглянемо всі варіанти, але почнемо з кінця. Сидимо і чекаємо, думаємо, аналізуємо, мріємо, розуміємо, що запізнюємося, нас чекають неприємні моменти, час іде, але нічого не змінюється, автомобіль залишився на місці.

Приїхав евакуатор, забрав автомобіль і нас, доправив до автосервісу, ми оплатили його послуги, проте знову запізнилися.

Поштовхали автомобіль, втомилися, забруднили руки, але він завівся і ми поїхали. Нам пощастило, ми не запізнилися.

Як ви вважаєте: чи у всіх випадках ви виконували роботу? Так, бо у двох перших це була інтелектуальна робота, а у третьому — фізична, механічна. Хоча у другому випадку роботу за вас виконав евакуатор.

Чому ви виконали механічну роботу? На автомобіль з вашого боку діяла сила, яка спричинила його рух. Отже, робимо висновок.

Умови виконання механічної роботи:

- на тіло повинна діяти сила;
- під дією цієї сили тіло повинно пройти певний шлях.

Механічна робота — це фізична величина, що дорівнює добутку сили і шляху, пройденого тілом під дією цієї сили:

механічна робота = сила · шлях.

Механічну роботу позначають символом A і розраховують за формулою:

$$A = FS.$$

Одиницею вимірювання механічної роботи в системі СІ є ***джоуль*** **(Дж)**. Названа ця одиниця на честь англійського вченого Джона Джоуля.

1 Дж — це робота, яку виконує сила 1 Н, переміщуючи тіло на 1 м:

$$1\ \text{Дж} = 1\ \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Також використовують й інші частинні та кратні одиниці вимірювання: мДж, кДж, МДж.

1 мДж = 0,001 Дж

1 кДж = 1000 Дж

1 МДж = 1 000 000 Дж

Поміркуйте і дайте відповідь

1. У якому випадку мурашка виконує більшу роботу: коли переносить одну й ту саму соломинку на відстань 1 м чи на 2 м? Чому?

2. У якому випадку їжачок (мал. 30.1) виконує більшу роботу, переносячи від яблуні до своєї хатинки яблука? Чому?



Мал. 30.1. Їжачок несе яблука

2. Приклад розв'язування задачі

Задача. Єгор Леоненко із Сум — найсильніший хлопчик України — у віці 8 років зміг підняти у витиску лежачи штангу масою 41 кілограм на висоту 25 см. Визначте роботу, яку виконав хлопчик.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$m = 41$ кг		$A = FS$	$F = 41 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 410 \text{ Н}$
$h = 25$ см	0,25 м	$S = h$	$A = 410 \text{ Н} \cdot 0{,}25 \text{ м} = 102{,}5 \text{ Дж}$
$g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$		$F = mg$	
A — ?			

Відповідь: $A = 102{,}5$ Дж.

Запам'ятайте

Умови виконання механічної роботи:

- на тіло повинна діяти сила;
- під дією цієї сили тіло повинно пройти певний шлях.

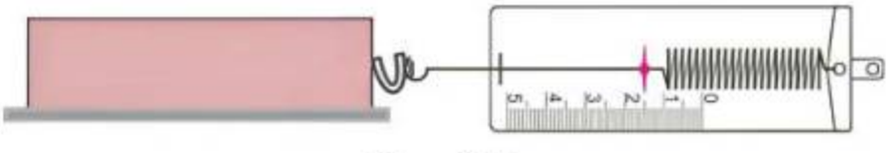
Механічна робота — це фізична величина, що дорівнює добутку сили і шляху, пройденого тілом під дією цієї сили: $\boldsymbol{A = FS}$.

Перевірте себе

1. Якщо ви хочете з'їсти яблуко у садочку, це можна зробити двома способами: лягти під деревом, відкрити рота і чекати, поки яблуко впаде, а можна його зірвати й насолодитися чудовим смаком. Як пов'язати цей приклад з епіграфом до параграфа?

2. За допомогою математичних знаків (>, <, =) порівняйте значення фізичних величин: 350 кДж і 0,35 МДж, 700 мДж і 6 Дж, 2 МДж і 2000 Дж.

3. Дерев'яний брусок масою 150 г рівномірно переміщують по столу на відстань 30 см за допомогою динамометра (мал. 30.2). Визначте роботу, яку виконує сила, прикладена до динамометра.



Мал. 30.2.
Переміщення бруска за допомогою динамометра

4. За допомогою пристосування для підйому вантажів на будівництві піднімають піддон з цеглою на висоту 20 м, виконуючи роботу 170 кДж. Визначте силу, необхідну для підняття вантажу.

5. Каштан Шевченка — один із найстаріших каштанів Києва. Вік дерева 150 років, висота 15 м. Визначте роботу, яку виконає сила тяжіння під час падіння горіха каштана масою 30 г з вершини дерева на землю.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Робота	Work
Механічна робота	Mechanical work

§ 31. Потужність

Уявіть собі, що у прокат нарешті вийшов довгоочікуваний фільм, який можна подивитися в кінотеатрі, що розташований на третьому поверсі торгово-розважального центру. Біля сходової клітки — ліфт. Ви вагаєтеся: чекати на ліфт, який на верхньому поверсі чи підніматися сходами? Що оберете? Чому?

Дізнаймося про...

- **потужність;**
- **епоху «кінських сил».**

1. Потужність

Якщо у кінотеатр підніматися сходами, то ми затратимо більше часу і втомимося. Якщо скористатися ліфтом, то це відбудеться значно швидше і без затрат наших зусиль. Чому? Ліфт і ми виконаємо ту саму роботу, але за різний час. Тому можна сказати, що потужність ліфта більша за потужність людини.

Потужність — це фізична величина, що характеризує швидкість виконання механічної роботи.

Потужність чисельно дорівнює відношенню роботи до часу, за який її було виконано:

$$\text{потужність} = \frac{\text{робота}}{\text{час}}.$$

Потужність позначають символом N і розраховують за формулою:

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

Одиницею вимірювання потужності в системі СІ є ***ват*** **(Вт)**, на честь англійського вченого Джеймса Ватта. Це потужність, за якої робота 1 Дж буде виконана за 1 с.

Також використовують й інші кратні одиниці вимірювання: кВт, МВт.

1 кВт = 1000 Вт

1 МВт = 1 000 000 Вт

Знаючи потужність і час, можна обчислити роботу:

$$A = Nt.$$

2. Залежність потужності від сили тяги та швидкості руху

Пригадаємо, що під час прямолінійного рівномірного руху швидкість тіла обчислюють за формулою:

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

а механічну роботу — за формулою:

$$A = FS.$$

Підставляємо у формулу потужності $N = \frac{A}{t}$ вираз для обчислення роботи. Тоді $N = \frac{FS}{t}$. Врахувавши, що $\frac{S}{t} = v$, ми отримуємо вираз:

$$N = Fv.$$

3. Епоха «кінських сил»

Англійський винахідник Джеймс Ватт (за легендою) спостерігав на вугільній копальні за роботою коней, які витягували за допомогою простих механізмів кошики з вугіллям масою 150 кг з глибини 30 м за 1 хв. Зрозуміло, що вони розвивали певну потужність для виконання цієї роботи. Її Ватт прийняв за одну ***кінську силу*** (horse power, позначають її HP або hp) і вперше використав для визначення потужності створеного ним у 1784 році універсального парового двигуна.

Золоте століття для «конячок» Ватта закінчилося в жовтні 1960 року, коли на XI Генеральній конференції з мір та ваг була

прийнята єдина Міжнародна система одиниць СІ. У цій системі потужність вимірюють у Вт. Одна кінська сила ≈ 735,5 Вт.

Цю одиницю вимірювання застосовують і сьогодні для характеристики потужності двигунів транспортних засобів.

Наведемо приклади марок автомобілів, які досягають рекордних швидкостей завдяки обтічній формі та великій потужності двигунів (табл. 31.1).

Таблиця 31.1

Марка автомобіля	Країна-виробник	Потужність двигуна, к. с.	Максимальна швидкість, км/год
Hennessey Venom F5	США	1842	484
Bugatti Chiron Super Sport 300+	Франція	1600	482,8
Koenigsegg Agera RS	Швеція	1360	445
SSC Tuatara	США	1350	443
Hennessey Venom GT	США	1451	435

Поміркуйте і дайте відповідь

Шкільний автобус «Богдан А092S2» має потужність двигуна 129 к. с. Виразіть її в одиницях системи СІ.

4. Приклад розв'язування задачі

Задача. Двигун автобуса MAN D26 розвиває на дорозі потужність 375,1 кВт. Визначте, яку роботу він виконує при перевезенні пасажирів протягом 2 год. Відповідь запишіть у МДж.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$N = 375{,}1$ кВт	375 100 Вт	$A = Nt$	$A = 375\,100$ Вт $\cdot$ 7200 с =
$t = 2$ год	7200 с		$= 2\,700\,720\,000$ Дж =
			$= 2700{,}72$ МДж
A — ? (МДж)			

Відповідь: $A = 2700{,}72$ МДж.

Запам'ятайте

Потужність — це фізична величина, що характеризує швидкість виконання механічної роботи.

Потужність чисельно дорівнює відношенню роботи до часу, за який її було виконано: $N = \frac{A}{t}$.

Перевірте себе

1. У цеху промислового підприємства працюють три машини, двигуни яких розвивають потужності: перший — 25 кВт, другий — 25 000 Вт, третій — 0,025 МВт. Порівнявши ці потужності, можемо стверджувати, що:

А) найбільшу потужність має двигун першої машини;

Б) найбільшу потужність має двигун другої машини;

В) найбільшу потужність має двигун третьої машини;

Г) потужності усіх двигунів однакові.

2. Дізнайтеся у знайомого автовласника інформацію про те, яку потужність розвиває двигун його автомобіля. Розрахуйте роботу, яку може виконати цей двигун за 1 с, 1 хв, 1 год.

3. Кран піднімає залізобетонну плиту масою 1 т на висоту 20 м за 20 с. Яку потужність він розвиває?

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Потужність	Power
Кінська сила	Horsepower

§ 32. Прості механізми. Важіль. Рівновага сил на важелі. Момент сили

«Дайте мені точку опори, і я зрушу Землю».

Архімед



Дізнаймося про...

- **прості механізми та їх застосування;**
- **важіль та умови рівноваги важеля;**
- **момент сили.**

1. Прості механізми та їх види

Ще тисячу років тому люди виконували всю роботу за допомогою своєї чи тваринної м'язової сили. З часом, щоб полегшити працю, вони почали майструвати найпростіші механізми, які у фізиці називають простими механізмами.

Прості механізми — це пристрої, які дають змогу змінити силу або напрям дії сили.

Помітивши, що важкі предмети набагато легше перекочувати, ніж пересувати, люди винайшли ***колесо***. Трапилося це приблизно 6 тисяч років тому. Цей винахід вважають найбільшим досягненням у сфері механіки за всю багатовікову історію людства. Нині найчастіше колесо використовують у транспортних засобах: автомобілях, потягах, велосипедах, самокатах, кінних возах, а також як шасі у літаках, гелікоптерах тощо.

Кмітливість людей підштовхнула їх до розуміння того, що важкі вантажі легше переміщувати за допомогою жердини, під яку ставлять підпору. Жердину називають ***важелем***, а точка опори (точка обертання) розташована у місці підпори. На цьому люди не зупинилися. Наступним кроком було застосування ***блоків*** (нерухомого й рухомого) та ***коловороту*** як різновидів важеля.

Блок — це колесо із жолобом для троса (мотузки чи каната). Блоки допомагають підіймати чи опускати вантаж. При цьому опускати вантажі за допомогою блоків ще легше, оскільки допомагає



Мал. 32.1. Система блоків

власна вага вантажу. Використання системи блоків дає змогу піднімати досить великі вантажі (мал. 32.1).

Коловорот — теж простий механізм. Його використовують у ручних підіймальних пристроях для підняття відер з криниць (мал. 32.2), для свердління отворів у деревині та інших м'яких матеріалах тощо.

Ще один простий механізм — ***похила площина***. Похила площина також полегшує підіймання вантажів (зменшується сила, але відстань доводиться долати більшу).

Похилу площину використовують для в'їзду на міст чи на багатоповерхову автостоянку, як трап для підйому пасажирів і вантажу на борт повітряного судна чи корабля (мал. 32.3). Для тих людей, яким важко самостійно пересуватись, дуже важливу роль відіграє пандус (мал. 32.4). Цей простий механізм встановлюють біля сходових кліток у будинках, скверах чи парках, медичних закладах, бібліотеках, школах, підприємствах і навіть у транспорті.



Мал. 32.2. Криниця



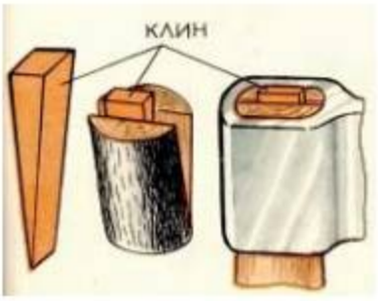
Мал. 32.3. Трап до корабля



Мал. 32.4. Пандус у сквері

Різновидом похилої площини є ***клин і гвинт***. ***Клин*** — це трикутний механізм, виготовлений із дерева або металу. За допомогою

клину легше розколоти дерев'яні колоди, каміння (мал. 32.5). Нарізка ***гвинта*** є похилою площиною, яка багато разів обвита навколо стрижня (мал. 32.6). Гвинтові сходи — це також похила площина (мал. 32.7).



Мал. 32.5. Клин



Мал. 32.6. Нарізка гвинта



Мал. 32.7. Гвинтові сходи

2. Важіль та умови рівноваги важеля

Важіль — тверде тіло, що може обертатися навколо нерухомої осі — осі обертання. Коли ви прикладете силу з одного боку важеля (мал. 32.8, *а*), то підніметься інший кінець разом з вантажем. Ваше зусилля буде менше, ніж ви підіймали б сам вантаж, тобто вам буде легше. ***Важіль дає виграш у силі, але програш у відстані.***





Мал. 32.8. Важіль

Найменшу відстань від точки обертання важеля до лінії дії сили називають ***плечем важеля*** (l_1, l_2) (мал. 32.8, *б*).











Мал. 32.9. Важелі в техніці та побуті

Криниця-журавель, ножиці, плоскогубці, терези, дитяча гойдалка — приклади застосування важеля (мал. 32.9).

Важіль перебуває у рівновазі, якщо плечі сил важеля обернено пропорційні значенням сил, що діють на нього **(умова рівноваги важеля):**

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}.$$

Згідно з властивостями пропорції:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2.$$

Добуток сили на її плече називають моментом сили і позначають символом M:

$$M = Fl.$$

Одиницею вимірювання моменту сил у системі СІ є ***ньютон на метр*** **(Н · м).**

Умову рівноваги важеля можна сформулювати ще так: ***важіль перебуває у рівновазі, якщо момент сили, який обертає важіль за годинниковою стрілкою, дорівнює моменту сили, що повертає важіль проти годинникової стрілки:***

$$M_1 = M_2.$$

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Різновидом якого простого механізму є садова тачка?
2. До якого виду простого механізму належить шлагбаум?

Запам'ятайте

Прості механізми — це пристрої, які дають змогу змінити силу або напрямок дії сили.

Важіль — тверде тіло, що може обертатися навколо нерухомої осі — осі обертання.

Плече важеля — найменша відстань від точки обертання важеля до лінії дії сили.

Момент сил — це добуток сили на її плече.

Умова рівноваги важеля: важіль перебуває у рівновазі, якщо момент сили, який обертає важіль за годинниковою стрілкою, дорівнює моменту сили, що повертає важіль проти годинникової стрілки.

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. До меншого плеча важеля прикладена сила 4 Н. До більшого плеча довжиною 12 см прикріплений вантаж масою 250 г. Яка довжина важеля?

Дано:	СІ	
$F_1 = 4$ Н		$l = l_1 + l_2$
$l_2 = 12$ см	0,12 м	$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$
$m_2 = 250$ г	0,25 кг	$F_1 l_1 = F_2 l_2$
$g \approx 10 \ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$		$l_1 = \frac{F_2 l_2}{F_1}$
		$F_2 = m_2 g$
l — ?		

Розв'язання:

$F_2 = 0{,}25 \text{ кг} \cdot 10 \ \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 2{,}5 \text{ Н}$

$l_1 = \frac{2{,}5 \text{ Н} \cdot 0{,}12 \text{ м}}{4 \text{ Н}} = 0{,}075 \text{ м}$

$l = 0{,}075 \text{ м} + 0{,}12 \text{ м} = 0{,}195 \text{ м}$

Відповідь: $l = 0{,}195$ м.

Перевірте себе

1. Чому не можна копати лопатою, тримаючи її однією рукою? Яка функція другої руки і де краще її тримати?

2. Плечі важеля дорівнюють 5 см та 8 см. До меншого плеча прикріпили вантаж масою 400 г. Визначте силу, яку потрібно прикласти до іншого плеча, щоб важіль перебував у рівновазі.

3. Якою є довжина важеля, до кінців якого прикладені сили 5 Н і 10 Н, якщо він перебуває в рівновазі, а менше його плече дорівнює 30 см?

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Важіль	Lever
Похила площина	Inclined plane
Блок	Block
Плече важеля	Lever arm
Рівновага	Equilibrium
Момент сил	Torque/Moment (of forces)

Лабораторна робота № 7
З'ясування умови рівноваги важеля

Мета: дослідити, за якого співвідношення сил і їх плечей важіль перебуває в рівновазі; перевірити на досліді правило моментів.

Обладнання: важіль, закріплений на штативі, набір тягарців (маса кожного тягарця 102 г), лінійка з міліметровими поділками, динамометр.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

1. Зрівноважте важіль за допомогою регулювальних гайок на його кінцях.
2. Підвісьте два тягарці на ліву частину важеля так, щоб відстань від осі обертання до точки підвісу становила 12 см ($l_1 = 12$ см).
3. За допомогою досліду встановіть, на якій відстані справа від осі обертання треба підвісити тягарці, щоб важіль утримати в рівновазі:

   А) один тягарець: l_2 = _____ ;
   Б) два тягарці: l_2 = _____ ;
   В) три тягарці: l_2 = _____ .

4. Запишіть значення прикладених сил на лівій та правій частині важеля (вважаючи, що кожен тягарець важить 1 Н) та їх плечей в табл. 1.
5. Визначте відношення сил і відношення плечей сил для кожного з дослідів. Результати обчислень запишіть у табл. 1.
6. Визначте моменти сил ($M_1 = F_1 l_1$, $M_2 = F_2 l_2$), що обертають важіль проти та за рухом стрілки годинника, для кожного досліду.

Таблиця 1

№ з/п	Сила на лівій частині важеля, F_1, Н	Плече сили F_1, l_1, м	Сила на правій частині важеля, F_2, Н	Плече сили F_2, l_2, м	Відношення	
					$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{l_2}{l_1}$
1						
2						
3						

7. Порівняйте отримані значення моментів сил.
8. Результати обчислень запишіть у табл. 2.

Таблиця 2

№ з/п	Момент сили, що обертає важіль		Порівняння моментів сил (>, <, =) M_1 та M_2
	проти руху стрілки годинника, M_1, Н · м	за рухом стрілки годинника, M_2, Н · м	
1			
2			
3			

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме досліджували під час виконання лабораторної роботи; який отримали результат; чи підтверджує результат дослідів умову рівноваги важеля під дією прикладених сил та правило моментів; де здобуті знання можна використати на практиці).

§ 33. Прості механізми у природі та техніці

Чи повірите ви, що можете бути сильнішими за себе? Якщо ви тримаєте в руці гантель вагою 2 Н, то м'яз руки розвиває зусилля 16 Н. Це тому, що місце з'єднання кістки та м'яза ділить кістку у відношенні 1 : 8. Виявляється, що ми сильніші самі за себе. Дивно, але факт.

Дізнаймося про...

- **прості механізми у техніці;**
- **прості механізми у природі.**

1. Прості механізми у техніці

Є предмети, якими ми користуємось у повсякденному житті: ложка, виделка, лопата, коромисло, педалі та гальмо велосипеда, клавіші піаніно — це все приклади важеля. Для веслування у човні чи витягання цвяхів з дошки теж застосовують важелі. Якщо

йдеться про ножиці, то це система двох важелів, з'єднаних між собою, ще й загострених клином. До речі, всі різальні та стругальні інструменти загострені клином.



Мал. 33.1.
Автомобільний домкрат

Механізми, які складаються з двох або більше простих механізмів, з'єднаних між собою, називають складними. Прикладом також може слугувати домкрат. Він складається з важеля та гвинта. Домкрат — це механізм для піднімання вантажів на невелику висоту. Вони бувають різні та можуть піднімати вантажі від декількох кілограмів до кількох сотень тонн. Їх широко використовують у будівельних та монтажних роботах, ремонті тощо. Є також автомобільні домкрати (мал. 33.1).

Існують ще складніші механізми, які складаються із системи багатьох простих механізмів. Це баштові крани та кар'єрні екскаватори (мал. 33.2).



Мал. 33.2.
Складні механізми: а — кар'єрний екскаватор; б — баштовий кран

Одним з найбільших екскаваторів у світі вважають екскаватор Bagger 288 (мал. 33.3), створений у Німеччині. Його маса становить 13 500 тонн. Довжина гігантського екскаватора 240 м, ширина 46 м, а висота становить 94 м (30 поверхів). Велика площа поверхні треку забезпечує дуже малий тиск (17,1 Н/см^2) Bagger 288 на землю, що дає змогу екскаватору пересуватися по гравію, землі та навіть по траві, не залишаючи помітного сліду.



Мал. 33.3. Екскаватор Bagger 288

2. Прості механізми у природі

Прості механізми людина створювала ще до нашої ери. Проте природа і сама створила прості механізми. Людський та тваринний кістяк — це теж набір важелів, де кінцівки є важелями, а суглоби — точками опори. Дослідники порахували, що у людському скелеті є понад двісті різноманітних важелів. Їх приводять в рух сили, що виникають в разі скорочення м'язів.

Дерева і кущі також тримаються у ґрунті за принципом важеля: стовбур (важіль) та коріння (точка опори). Коріння проникає глибоко в землю і створює надійну опору (мал. 33.4).

Як ви будете підніматися на високий пагорб? Звісно, підете пологим схилом, а не по прямій, бо так легше, оскільки він є природною похилою площиною. Автомобільні дороги на височинах теж будують за принципом похилої площини (мал. 33.5).



Мал. 33.4. Дерево



Мал. 33.5. Природна похила площина

Поміркуйте і дайте відповідь

Поясніть зміст прислів'я: «Навпростець тільки ворони літають, а люди по дорозі ходять».

У природі є ще один простий механізм — це клин. Можливо, ви навіть не здогадувались, що клин у рослин — це колючки, а у тварин — кігті, роги та зуби (мал. 33.6).



Мал. 33.6. «Клин» у природі

Перевірте себе

1. Наведіть приклади простих механізмів у вашій домівці.
2. Який простий механізм застосовують у рулонних шторах?

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Створіть модель важеля за складеним власним алгоритмом дій, використовуючи підручні матеріали.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

§ 34. Блоки. «Золоте правило» механіки

Під час розкопок на території Іраку археологи виявили приладдя з мотузок та виноградних ліан, які використовували 1500 років до нашої ери для підняття ємностей з водою. Як найдавніші блоки застосовували гілки дерев. Через них перекидали мотузку, до якої кріпили вантаж. У IV ст. до н. е. давні шумери, а також у II ст. до н. е. незалежно від них китайці винайшли колесо, через яке перекидали мотузку. А поєднання різних видів блоків у систему допомагає й тепер людям піднімати вантажі, які на перший погляд є непідйомними.

Дізнаймося про...

- **нерухомий блок;**
- **рухомий блок;**
- **«золоте правило» механіки.**

1. Нерухомий блок

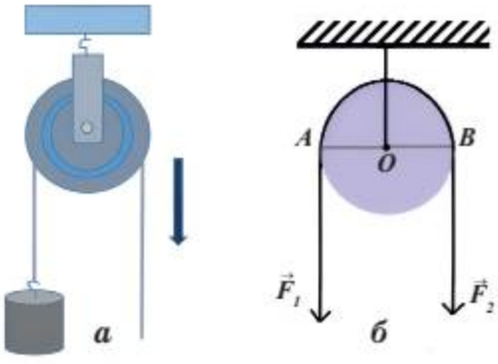
Блок — це один з простих механізмів (мал. 34.1), який має форму колеса з жолобом, що обертається навколо своєї осі. Жолоб призначений для мотузки, каната, ланцюга тощо.



Мал. 34.1. Блоки

Якщо вісь блока закріплена нерухомо в обоймі, то такий блок називають ***нерухомим***. Вам уже відомо, що важіль — це тверде тіло, що обертається навколо осі, то нерухомий блок — це різновид важеля (рівноплечий важіль).

На малюнку 34.2 (*а*) показано піднімання вантажу за допомогою нерухомого блока, плечі сил якого дорівнюють радіусу колеса (мал. 34.2, *б*): $AO = OB = R$. *Такий блок виграшу в силі не дає* ($F_1 = F_2$), *але дає змогу змінити напрям дії сили.*



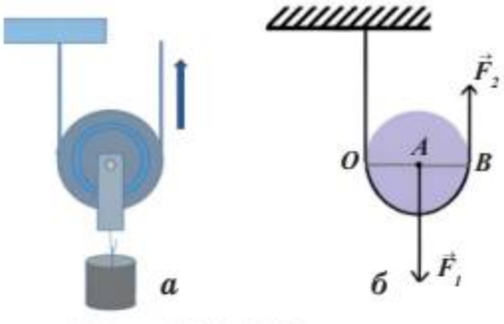
Мал. 34.2. Піднімання вантажу за допомогою нерухомого блока

Поміркуйте і дайте відповідь

Навіщо користуватися нерухомим блоком, якщо виграшу в силі він не дає? Де його зручно використовувати?

2. Рухомий блок

Рухомий блок — це блок, вісь якого піднімається й опускається разом з вантажем (мал. 34.3, *а*). Для такого блока OA — плече сили F_1, а OB — плече сили F_2. Оскільки $OB = 2OA$ (OB — діаметр колеса), то сила F_2 у 2 рази менша від сили F_1 ($F_1 = 2F_2$). Тому ***рухомий блок дає виграш у силі в 2 рази.***



Мал. 34.3. Піднімання вантажу за допомогою рухомого блока

Поміркуйте і дайте відповідь

Чи можна отримати за допомогою блоків виграш у силі більше ніж у 2 рази?

У техніці, альпінізмі, на кораблях використовують систему, що є комбінацією рухомих і нерухомих блоків (мал. 34.4).

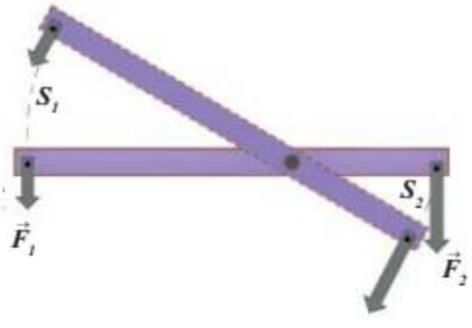


Мал. 34.4. Приклади використання системи блоків

У XII ст. н. е. збудовано багато кафедральних соборів. Це дуже великі споруди, які могли досягати 150 м у висоту. Завдяки використанню системи блоків будівельники підіймали великі камені на потрібну їм висоту.

3. «Золоте правило» механіки

Використовуючи прості механізми, можна одержати виграш у силі, але він супроводжується програшем у відстані. Можна й навпаки, одержати виграш у відстані, але тоді ми неодмінно програємо в силі. А чи дають прості механізми виграш у роботі?



Мал. 34.5. Зрівноваження на важелі дії однієї сили іншою

На мал. 34.5 показано як, зрівноваживши на важелі дві різні за модулем сили, можна привести важіль у рух. За той самий час точка прикладання меншої сили проходить більший шлях. І навпаки, точка прикладання більшої сили проходить менший шлях. Експериментально перевірено: у скільки разів сила F_2 більша від сили F_1, у стільки разів шлях S_2 менший від шляху S_1. Проте робота залишається незмінною, оскільки дорівнює добутку сили на шлях.

Отже, використовуючи прості механізми, ми ***виграємо в силі у стільки разів, у скільки разів програємо у відстані, або виграємо у відстані в стільки разів, у скільки разів програємо в силі***. Це твердження назвали **«золотим правилом» механіки**. Тому зрозумілим є те, що прості механізми не дають виграшу в роботі.

4. Приклад розв'язування задачі

Задача. За допомогою рухомого блоку піднімають вантаж. Визначте масу вантажу, якщо до вільного кінця мотузки прикладають силу 211 Н. Вагою блоку й тертям знехтувати.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$F_2 = 211$ Н $g \approx 10 \ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$		$F_1 = 2F_2$ $F_1 = mg$ $m = \frac{F_1}{g}$	$F_1 = 2 \cdot 211 \text{ Н} = 422 \text{ Н}$ $m = \frac{422 \text{ Н}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 42{,}2 \text{ кг}$
m — ?			

Відповідь: $m = 42{,}2$ кг.

Запам'ятайте

Блок — це один з простих механізмів, який має форму колеса з жолобом, що обертається навколо своєї осі.

Нерухомий блок — це блок, вісь якого закріплена нерухомо в обоймі.

Нерухомий блок виграшу в силі не дає, але дає змогу змінити напрям дії сили.

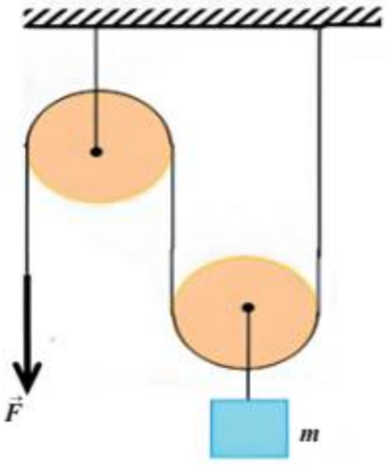
Рухомий блок — це блок, вісь якого рухається.

Рухомий блок дає виграш в силі у 2 рази.

«Золоте правило» механіки: *виграємо в силі у стільки разів, у скільки разів програємо у відстані, або виграємо у відстані в стільки разів, у скільки разів програємо в силі.*

Перевірте себе

1. Вантаж піднімають за допомогою нерухомого блока, прикладаючи при цьому до одного кінця мотузки силу 0,3 кН. Визначте масу вантажу, підвішеного до іншого кінця? ($g \approx 10 \ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$).



Мал. 34.6. Піднімання вантажу за допомогою системи блоків

2. Якої найбільшої маси вантаж можна підняти за допомогою системи блоків (мал. 34.6), якщо до вільного кінця мотузки прикладена сила 420 Н? Масою блоків і тертям знехтуйте ($g \approx 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$).

Обдумайте, змоделюйте, зробіть...

Унаслідок землетрусу люди виявилися заблокованими в будинку двістікілограмовим уламком бетонної плити. Складіть алгоритм порятунку потерпілих з використанням простих механізмів для надання їм домедичної допомоги.

Дотримуйтеся правил безпеки під час роботи!

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Нерухомий блок	Immovable block
Рухомий блок	Moving block

§ 35. Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізмів

Дізнаймося про...

- **корисну і повну (виконану) роботу;**
- **коефіцієнт корисної дії механізмів (ККД).**

1. Корисна і виконана робота

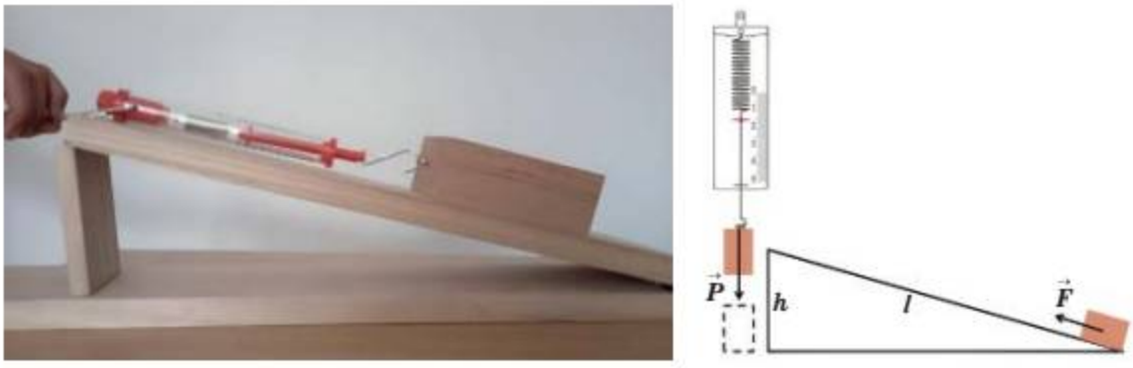
За ідеальних умов під час роботи простих механізмів ми не враховували силу тертя, яка виникала, тому робота, яку виконувала прикладена сила, дорівнювала корисній роботі з піднімання вантажу.

На практиці під час роботи будь-якого простого механізму необхідно враховувати вплив сили тертя, який призводить до витрат більшої енергії для виконання роботи. Таку роботу називають ***повною (виконаною)*** і позначають $A_п$. Вона є дещо більшою за корисну роботу, яку позначають $A_к$.

Розглянемо піднімання тіла вздовж похилої площини (мал. 35.1). Прикладена сила F, яка спрямована вздовж площини, виконує повну роботу:

$$A_п = Fl,$$

де l — довжина похилої площини.



Мал. 35.1. Рух тіла по похилій площині

У разі піднімання цього тіла на висоту h виконується корисна робота:

$$A_к = Ph,$$

де P — вага вантажу, а h — висота похилої площини.

Якщо провести експеримент і здійснити математичні розрахунки, то отримаємо: $A_к < A_п$.

2. Коефіцієнт корисної дії механізмів

Для визначення ефективності механізму треба знати, яку частину повної роботи становить корисна. Для цього вводять коефіцієнт корисної дії (ККД).

Коефіцієнт корисної дії — це фізична величина, яка характеризує механізм і дорівнює відношенню корисної роботи до повної (виконаної):

$$\eta = \frac{A_к}{A_п} \cdot 100\ \%.$$

ККД позначають буквою грецького алфавіту η («ета»). Його часто виражають у відсотках, наприклад $\eta = 60\ \%$, або $\eta = 0{,}6$.

Оскільки корисна робота завжди менша від повної, то ККД будь-якого механізму менший за одиницю.

Поміркуйте і дайте відповідь

Що потрібно зробити, щоб сконструювати простий механізм, ККД якого набуватиме максимально можливого значення?

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. За допомогою важеля рівномірно підняли вантаж вагою 2,4 кН на висоту 6 см. При цьому до більшого плеча важеля була прикладена сила 500 Н, а точка прикладання цієї сили опустилася на 30 см. Визначте ККД важеля.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$P = 2{,}4$ кН	2400 Н	$\eta = \frac{A_к}{A_п} \cdot 100\ \%$	$A_к = 2400\ Н \cdot 0{,}06\ м = 144\ Дж$
$S_1 = 6$ см	0,06 м	$A_к = F_1 S_1$	$A_п = 500\ Н \cdot 0{,}3\ м = 150\ Дж$
$F_2 = 500$ Н		$F_1 = P$	$\eta = \frac{144\ Дж}{150\ Дж} \cdot 100\ \% = 96\ \%$
$S_2 = 30$ см	0,3 м	$A_п = F_2 S_2$	
η — ?			

Відповідь: $\eta = 96\ \%$.

Запам'ятайте

Коефіцієнт корисної дії — це фізична величина, яка характеризує механізм і дорівнює відношенню корисної роботи до повної (виконаної).

$$\eta = \frac{A_к}{A_п} \cdot 100\ \%.$$

Перевірте себе

1. Чи може ККД механізмів бути більшим за 100 %?
2. Який ККД механізму, якщо корисна робота становить чверть повної?
3. По похилій площині піднімають вантаж масою 600 г, прикладаючи до нього силу 2,5 Н, спрямовану вздовж площини. Ви-

значте ККД похилої площини, якщо її довжина дорівнює 30 см, а висота — 10 см.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Повна (виконана) робота	Input work
Корисна робота	Useful output
Коефіцієнт корисної дії	Energy conversion efficiency

Лабораторна робота № 8
Визначення коефіцієнта корисної дії під час піднімання тіла вздовж похилої площини

Мета: переконатися на досліді в тому, що корисна робота, виконана за допомогою похилої площини, менша від повної; визначити ККД під час піднімання тіла вздовж похилої площини.

Обладнання: лінійка з міліметровими поділками, динамометр, три тягарці масою по 102 г, дерев'яний брусок з отворами, дерев'яна лінійка (трибометр), штатив із муфтою та лапкою.

Дотримуйтеся правил безпеки життєдіяльності під час роботи!

Вказівки до роботи

1. Закріпіть дерев'яну лінійку в лапці штатива, створивши похилу площину (мал. 1).
2. Виміряйте лінійкою довжину (l) та висоту (h) похилої площини:

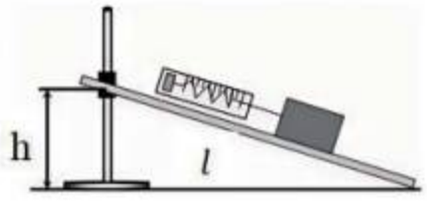
$l =$ _____ м ,

$h =$ _____ м .

3. Виміряйте за допомогою динамометра *вагу дерев'яного бруска:*

$P_1 =$ _____ Н.

4. Покладіть брусок на похилу пло-



Мал. 1

щину й за допомогою динамометра рівномірно пересувайте його вгору вздовж похилої площини.

5. Виміряйте силу тяги, що діє на брусок з боку динамометра:
$F_1 =$ _____ Н.

6. Виміряйте за допомогою динамометра вагу бруска з одним тягарцем, з двома тягарцями, з трьома тягарцями:
$P_2 =$ _____ Н,
$P_3 =$ _____ Н,
$P_4 =$ _____ Н.

7. Не змінюючи кута нахилу площини, повторіть дослід (пункт 4) ще тричі, розмістивши на бруску спочатку один, потім два, а потім три тягарці. Виміряйте силу тяги, що діє на брусок з тягарцями з боку динамометра у кожному випадку.
$F_2 =$ _____ Н,
$F_3 =$ _____ Н,
$F_4 =$ _____ Н.

8. Результати вимірювань запишіть у табл. 1.

9. Для кожного досліду визначте:

Таблиця 1

№ з/п	Довжина похилої площини, l, м	Висота похилої площини, h, м	Вага бруска і тягарців, P, Н	Сила тяги, F, Н	Корисна робота, $A_к$, Дж	Повна робота, $A_п$, Дж	ККД, η, %
1							
2							
3							

А) корисну роботу $A_к = P \cdot h$:
$A_к =$ _____ Дж;

Б) повну роботу $A_п = F \cdot l$:
$A_п =$ _____ Дж;

В) ККД похилої площини $\eta = \frac{A_к}{A_п} \cdot 100\ \%$:
$\eta =$ _____ %.

10. Результати обчислень запишіть у табл. 1.

Проаналізуйте результати експерименту. Зробіть висновок (що саме досліджували під час виконання лабораторної роботи; які величини вимірювали; який отримали результат; де здобуті знання можна використати на практиці).

§ 36. Механічна енергія та її види

Людину, яка здатна виконувати великий обсяг робіт, називають енергійною. А звідки вона черпає енергію? Звичайно, споживаючи їжу. А що означає слово «енергія»?

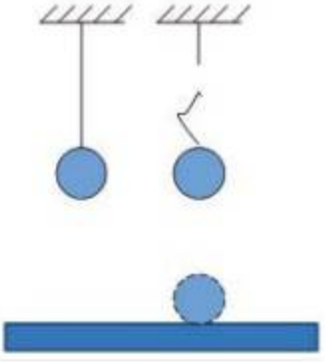
Дізнаймося про...

- **енергію;**
- **види механічної енергії.**

1. Енергія

Щоб дати відповідь на запитання, що таке «енергія», проаналізуємо кілька дослідів.

Розглянемо кульку, підвішену на нитці над столом (мал. 36.1). Вона перебуває у стані спокою. Сили, що діють на неї (сила тяжіння і сила пружності нитки), зрівноважують одна одну. Якщо перерізати нитку, сила пружності перестане діяти, а кулька під дією сили тяжіння впаде на стіл, деформуючи його і себе. Отже, кулька виконає механічну роботу.

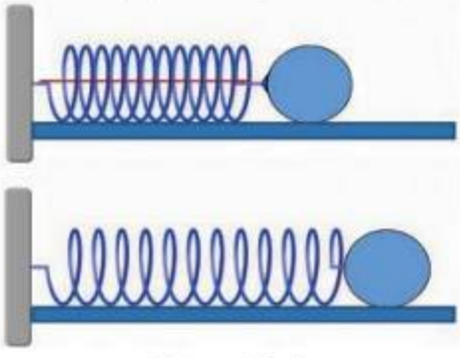


Мал. 36.1. Падіння кульки

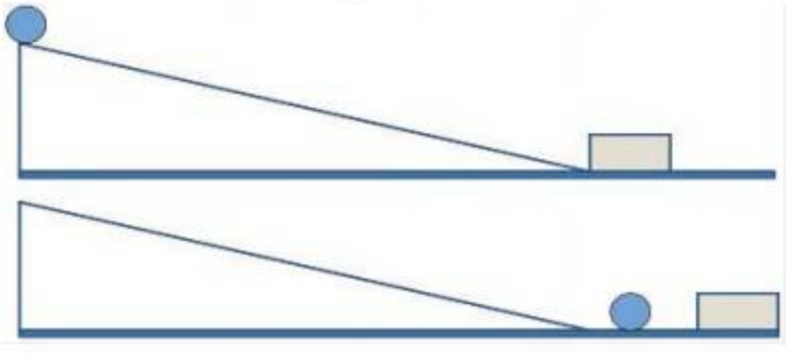
Стиснута пружина, розпрямляючись, теж здатна виконати роботу з переміщення кульки (мал. 36.2).

Виконують механічну роботу і рухомі тіла. Металева кулька, скотившись з похилої площини, вдаряється в дерев'яний брусок і виконує роботу з його переміщення (мал. 36.3).

Про всі тіла у фізиці, які здатні за певних умов виконувати механічну роботу, кажуть, що вони мають енергію.



Мал. 36.2. Випрямляння пружини



Мал. 36.3. Скочування кульки

Енергія — це міра здатності тіла або кількох тіл, які взаємодіють між собою, виконувати роботу. ***Що більшу роботу виконує тіло, то більшу енергію воно має.***

2. Види механічної енергії

Механічна енергія — це фізична величина, що показує, яка робота може бути виконана під час переміщення тіла.

Механічну енергію позначають символом E. Одиницею вимірювання енергії в системі СІ є ***джоуль*** (**Дж**).

До видів механічної енергії належать: потенціальна енергія ($E_п$) і кінетична енергія ($E_к$).

Потенціальну енергію має кулька, піднята над поверхнею Землі на певну висоту, стиснута або розтягнута пружина.

Отже, ***потенціальна енергія*** — це енергія, зумовлена взаємодією тіл або частин того самого тіла.

Потенціальну енергію тіла, піднятого на висоту h над поверхнею Землі, визначають за формулою:

$$E_п = mgh.$$

Потенціальна енергія залежить від маси тіла та висоти, на якій воно перебуває над поверхнею.

Кінетичну енергію мають усі рухомі тіла (наприклад: кулька, що скочується по похилій площині; птах, що летить; краплина дощу, що падає; транспортний засіб, який рухається).

Кінетична енергія — це енергія, зумовлена рухом тіл, яку визначають за формулою:

$$E_к = \frac{mv^2}{2}.$$

Кінетична енергія залежить від маси тіла та його швидкості.

Поміркуйте і дайте відповідь

1. Яку енергію має бджілка, яка сидить на квітці та збирає нектар?

2. Шпак дзьобав черешні на нижній гілці дерева. Потім він перелетів на вершечок дерева, де черешні були найспіліші. Як змінилася його потенціальна енергія? Чому?

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. Бджілка масою 0,1 г може під час польоту розвинути швидкість 54 км/год. Визначте її кінетичну енергію.

Дано:	СІ		Розв'язання:
$m = 0{,}1$ г	0,0001 кг	$E_к = \frac{mv^2}{2}$	$E_к = \frac{0{,}0001 \text{ кг} \cdot (15 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2} =$
$v = 54$ км/год	15 м/с		$= 0{,}01125$ Дж
$E_к$ — ?			

Відповідь: $E_к = 0{,}01125$ Дж.

Запам'ятайте

Енергія — це міра здатності тіла або кількох тіл, які взаємодіють між собою, виконувати роботу.

Що більшу роботу виконує тіло, то більшу енергію воно має.

Механічна енергія — це фізична величина, що показує, яка робота може бути виконана під час переміщення тіла.

Потенціальна енергія — це енергія, зумовлена взаємодією тіл або частин того самого тіла, яку визначають за формулою: $E_п = mgh$.

Кінетична енергія — це енергія, зумовлена рухом тіл, яку визначають за формулою: $E_к = \frac{mv^2}{2}$.

Перевірте себе

1. З наведених прикладів установіть вид енергії, яку має тіло: *катер пливе по озеру, прогинається сітка батута під час стрибків дітей, бурулька висить на даху, миша втікає від кота, папуга сидить на нерухомій гойдалці у клітці, міст під час проїзду автомобіля по ньому.*

2. Визначте енергію шпака масою 75 г, який сидить на гілці черешні на висоті 3 м над землею. Вважайте, що $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

3. На якій висоті відносно землі ягода черешні масою 10 г має потенціальну енергію 0,3 Дж? Вважайте, що $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

4. Швидкість коня породи мустанг може досягати 90 км/год. Визначте кінетичну енергію коня, якщо його маса 300 кг.

§ 37. Перетворення одного виду механічної енергії на інший. Закон збереження механічної енергії

«Енергія дається людині на якийсь час, і колись її потрібно повернути».

Цитата з фільму «Аватар»

Дізнаймося про...

- **повну механічну енергію;**
- **перетворення одного виду механічної енергії на інший;**
- **закон збереження механічної енергії.**

1. Повна механічна енергія

Яку енергію мають птахи під час перельоту, спортсмен — під час стрибка, літак — під час польоту, білка — під час стрибка з одного дерева на інше, лижник — на рухомому підйомнику, потоки річкової води, що спадають з високого стрімкого урвища? Кінетичну чи потенціальну? У всіх цих випадках тіла мають одночасно обидва види механічної енергії.

Суму кінетичної та потенціальної енергій тіла називають ***повною механічною енергією***:

$$E = E_к + E_п.$$

Один вид механічної енергії може перетворюватися на інший. Так, під час падіння горіха з дерева відбувається перетворення його потенціальної енергії на кінетичну. Внаслідок цього потенціальна енергія зменшується, а кінетична збільшується, причому повна механічна енергія не змінюється. Під час закидання баскетбольного м'яча у кошик його кінетична енергія перетворюється на потенціальну, причому кінетична енергія зменшується, потенціальна збільшується, а повна залишається незмінною. А якщо баскетболіст вдарить м'ячем об землю, то м'яч деформується, набуде потенціальної енергії, а в процесі розпрямляння його потенціальна енергія буде зменшуватися і перетворюватися на кінетичну. І знову повна механічна енергія не змінюється.

2. Закон збереження повної механічної енергії

У розглянутих вище прикладах діяли сила тяжіння та сила пружності. Силу тертя ми не брали до уваги. У такому разі підтверджується закон збереження повної механічної енергії.

Закон збереження повної механічної енергії: ***у системі тіл, які взаємодіють одне з одним тільки силами пружності та силами тяжіння, повна механічна енергія не змінюється.***

Крім механічної енергії, є ще й інші види енергії, з якими ми ознайомимося у старших класах. Тому для усіх природних явищ справедливий **закон збереження енергії:** ***енергія не виникає з нічого і не зникає безслідно, вона лише перетворюється з одного виду на інший або передається від одного тіла до іншого.***

Поміркуйте і дайте відповідь

Які перетворення енергії відбуваються, коли вітер піднімає листя вгору; під час падіння води з греблі; під час сходження лавини з гори?

3. Приклад розв'язування задачі

Задача. Зелений коник-стрибунець масою 3 г відштовхується від землі вертикально вгору, маючу кінетичну енергію 15 мДж. На яку висоту він може підстрибнути?

Дано:	СІ	Розв'язання:	
$m = 3$ г	0,003 кг	$E_к = E_п$	$E_п = 0{,}015$ Дж
$E_к = 15$ мДж	0,015 Дж	$E_п = mgh$	$h = \dfrac{0{,}015\ \text{Дж}}{0{,}003\ \text{кг} \cdot 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0{,}5$ м
$g \approx 10\ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$		$h = \dfrac{E_п}{mg}$	
h — ?			

Відповідь: $h = 0{,}5$ м.

Запам'ятайте

Суму кінетичної та потенціальної енергій тіла називають ***повною механічною енергією:*** $\boldsymbol{E = E_к + E_п}$.

Закон збереження повної механічної енергії: *у системі тіл, які взаємодіють одне з одним тільки силами пружності та силами тяжіння, повна механічна енергія не змінюється.*

Закон збереження енергії: *енергія не виникає з нічого і не зникає безслідно, вона лише перетворюється з одного виду на інший або передається від одного тіла до іншого.*

Перевірте себе

1. На малюнку зображено яблуко, що падає з дерева, у чотирьох положеннях. У якому положенні яблуко має найбільшу кінетичну енергію? Найбільшу потенціальну енергію? Найбільшу швидкість? У яких положеннях сили, що діють на яблуко, зрівноважують одна одну?



2. М'яч підкинули вертикально вгору. Визначте потенціальну енергію, яку він матиме у верхній точці траєкторії, якщо в момент кидання його кінетична енергія дорівнювала 20 Дж?

3. Камінь масою 6 кг падає з висоти 2 м. Визначте кінетичну енергію, яку має камінь в момент падіння на землю.

Вважайте, що $g \approx 10 \ \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Енергія	Energy
Потенціальна енергія	Potential energy
Кінетична енергія	Kinetic energy
Повна механічна енергія	Total mechanical energy
Закон збереження (енергії)	The law of conservation (of energy)

§ 38. Енергія річок і вітру. Екологічні характеристики джерел енергії

У наш час важко уявити свій день без ґаджета чи комп'ютера. Усім відомо, що для того, щоб вони працювали, потрібна електрична енергія. Її добувають різними способами. Про те, як отримують її з води і вітру та які переваги чи негативні наслідки такого виробництва, дізнаємося у цьому параграфі.

Дізнаймося про...

- **перші двигуни;**
- **гідроелектростанцію;**
- **вітроелектростанцію.**

1. Водяні та вітряні двигуни

Якщо тіло має певну механічну енергію, то воно може виконувати роботу. Людина з давніх часів старалася винаходити пристрої, які б за неї виконували роботу — важку чи монотонну. Пристрої, які перетворюють енергію на роботу, називають ***двигунами***. Тепер інтенсивно використовують двигуни внутрішнього згоряння, реактивні чи електричні двигуни.



Мал. 38.1. Водяне колесо

А починалося все з водяного колеса (мал. 38.1).

Такий пристрій є ***водяним двигуном***, бо перетворює кінетичну енергію води на механічну роботу. Його принцип роботи дуже простий — вода, падаючи на лопатки колеса, змушує його обертатися. Якщо до осі колеса прикріпити якийсь пристрій, то він буде виконувати роботу. Водяні двигуни ще у Давньому Єгипті піднімали за допомогою стрічки-транспортера з ковшами воду на поля для їх зрошення.



Мал. 38.2. Водяний млин

Приєднавши до осі колеса жорна, отримали водяний млин (мал. 38.2).

Водяних млинів в Україні було багато на кожній річці, і працювали вони до середини XX ст., поки на зміну водяному двигуну не прийшов електричний.

Крім води, ми маємо й інше джерело безкоштовної енергії — вітер. Його здавна навчилася використовувати людина. ***Вітряний двигун*** — пристрій, що перетворює кінетичну енергію вітру на механічну роботу. У нас найчастіше його використовували у вигляді вітряного млина (мал. 38.3). На багатьох картинах українські живописці зображали вітряк (мал. 38.4).



Мал. 38.3.
Вітряний млин



Мал. 38.4.
«Український пейзаж», В. Орловський

Поміркуйте і дайте відповідь

Порівняйте водяний і вітряний млини. Який з них ефективніший і чому?



Мал. 38.5.
Гідрогенератор

2. Гідро- та вітроелектростанції

Водяні та вітряні двигуни втратили свою актуальність, коли винайшли ***генератор*** — пристрій, що перетворює механічну енергію на електричну, яку можна передавати на велику відстань, а там вже за допомогою ***електричного двигуна*** виконувати механічну роботу. Вони трансформувались у гідроелектростанцію (ГЕС) і вітрову електростанцію (ВЄС), основою яких став генератор.

Гідроелектростанція — це установка, яка перетворює кінетичну енергію води на елек-

тричну енергію. Основними її агрегатами є гідротурбіна і генератор. Вода, падаючи на лопаті турбіни, змушує її обертатися. На одному валу з турбіною є генератор, який виробляє електричний струм (мал. 38.5). Для збільшення виробництва електроенергії необхідно, щоб вода падала з більшої висоти. Цього досягають підніманням рівня води за допомогою греблі (мал. 38.6).



Мал. 38.6. Гребля гідроелектростанції

В Україні є каскад великих ГЕС на Дніпрі та багато малих гідроелектростанцій, які забезпечують прилеглі території електроенергією. Вони споруджені на малих річках. Перша велика гідроелектростанція в Україні — Дніпровська ГЕС (мал. 38.7). Побудована вона у 1932 році на Дніпрі у Запоріжжі.

Шостою та останньою сходинкою Дніпровського каскаду гідроелектростанцій вважається Каховська ГЕС, яка розташована за 5 км від міста Нова Каховка Херсонської області. 6 червня 2023 року окупанти (Російська Федерація) здійснили підрив гідроелектростанції, спричинивши масштабний екоцид, який загрожує безпрецедентними екологічними наслідками для півдня України й усього Чорноморського регіону.



Мал. 38.7. Дніпровська ГЕС

Установку, яка перетворює кінетичну енергію вітру на електричну енергію, називають ***вітровою електростанцією*** (мал. 38.8, *а*).

Принцип дії ВЕС подібний до роботи ГЕС: вітротурбіна обертається завдяки потоку повітря, що на неї набігає. Це призводить до обертання ротора генератора й отримання електроенергії (мал. 38.8, *б*).

Вітрові електростанції належать до альтернативних джерел енергії. Їхня частка в загальному виробництві електроенергії невелика через високу собівартість такої енергії й через те, що вони здатні працювати тільки у вітряну погоду. Тому ВЕС будують на березі моря, в горах чи інших місцевостях, де часто дме вітер.



Мал. 38.8. Вітрова електростанція

Поміркуйте і дайте відповідь

Де, на вашу думку, в Україні можна споруджувати ВЕС? Перевірте правильність своїх міркувань за допомогою атласу.

3. Вплив ГЕС та ВЕС на екологію

На перший погляд і гідроелектростанції, і вітроелектростанції не є шкідливими для навколишнього середовища. Адже вони використовують відновлювальні джерела енергії, не забруднюють повітря та прилеглу територію, не створюють відходів, які потребують переробки або захоронення. Проте це не так.

Щоб побудувати гідроелектростанцію, потрібно підняти рівень води, перекривши річку греблею. Оскільки в нас місцевість переважно рівнинна, то це призводить до затоплення великої території. Унаслідок цього ми втрачаємо орні землі, піднімається рівень ґрунтових вод, гине рослинність, тварини змушені освоювати нові місця проживання.

Дамба на річці перешкоджає міграції риби, яка іде на нерест, спричиняє замулення річки. Через те, що глибина утвореного водосховища невелика, то дно добре прогрівається і буйно проростають водорості, які потім відмирають і продуктами розкладу забруднюють воду, поступово перетворюючи прибережну територію на болото.

Вітрові електростанції споруджують на березі моря або в горах. Техніка, яку використовують для їх встановлення, руйнує первісний ландшафт, знищує рослинність, відлякує тварин. Вітряк під час обертання створює певне шумове забруднення, що згубно впливає на живі організми, а також перешкоджає міграції перелітних птахів — потрапляючи під лопаті турбіни, вони гинуть, тому змушені змінювати свої традиційні маршрути.

Отже, потрібно дуже ретельно обирати місце під ГЕС чи ВЕС, зважаючи на всі негативні чинники, які можуть виникнути на цій території.

Запам'ятайте

Двигун — пристрій, який перетворює енергію на механічну роботу.

Водяний двигун перетворює кінетичну енергію води на механічну роботу.

Вітряний двигун перетворює кінетичну енергію вітру на механічну роботу.

Генератор — пристрій, що перетворює механічну енергію на електричну.

Гідроелектростанція — це установка, що виробляє електричну енергію за допомогою води.

Вітроелектростанція — це установка, що виробляє електричну енергію за допомогою вітру.

Електричний двигун — це пристрій, що перетворює електричну енергію на механічну роботу.

Перевірте себе

1. Чому вода і вітер належать до відновлювальних джерел енергії?

2. Монтер, який здійснював поточний ремонт вітрогенератора, випустив з рук інструмент масою 2 кг, що втратив 2,38 кДж енергії при падінні на землю. Визначте висоту вітроустановки. Вважайте, що $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

3. Щохвилини на лопаті гідротурбіни падає 200 м^3 води з висоти 10 м. Визначте потужність ГЕС. Вважайте, що $g \approx 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Словник фізичних термінів (для пошуку інформації в англомовних джерелах)

Двигун	Engine
Генератор	Generator
Електростанція	Power plant

Здійсніть самоперевірку

Вільна текстова відповідь «Прості механізми»	https://learningapps.org/watch?v=peugbri0v23	
Заповнити пропущене «Механічна робота і потужність. Енергія»	https://learningapps.org/watch?v=p616082vc23	
Пазл «Механічна робота і потужність. Енергія»	https://learningapps.org/watch?v=ppzoc1pbj23	
«Розв'яжи задачу»	https://learningapps.org/watch?v=prf44su8j23	
Фрагменти зображення «Перетворення енергії»	https://learningapps.org/watch?v=pu3322ee223	

Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2)

Орієнтовні теми проєктів:

- Важелі в тілі людини.
- Важелі на службі людини.
- Прості механізми Архімеда.
- Людина, енергія, робота.
- Потужність учня на уроці фізкультури.
- Альтернативна енергетика.

Додаток 1

Таблиця густин речовин у твердому стані
(за температури 20 °С і нормального атмосферного тиску)

Речовина	Густина		Речовина	Густина	
	кг/м³	г/см³		кг/м³	г/см³
Алюміній	2700	2,70	Мідь	8900	8,90
Бетон	2200	2,20	Олово	7300	7,30
Граніт	2600	2,60	Нікель	8900	8,90
Дуб сухий	800	0,80	Парафін	900	0,90
Залізо	7800	7,80	Платина	21500	21,50
Золото	19300	19,30	Свинець	11300	11,30
Іридій	22400	22,40	Скло	2500	2,50
Корок	240	0,24	Срібло	10500	10,50
Капрон	1140	1,14	Сосна суха	440	0,44
Крейда	2400	2,40	Сталь	7800	7,80
Латунь	8500	8,50	Цегла	1400-1600	1,40-1,60
Лід	900	0,90	Цинк	7100	7,10
Мармур	2700	2,70	Чавун	7000	7,00

Таблиця густин речовин у рідкому стані
(за температури 20 °С і нормального атмосферного тиску)

Речовина	Густина		Речовина	Густина	
	кг/м³	г/см³		кг/м³	г/см³
Ацетон	790	0,79	Машинне масло	900	0,90
Бензин	710	0,71	Мед	1350	1,35
Вода чиста	1000	1,00	Нафта	800	0,80
Вода морська	1030	1,03	Олія	900	0,90
Гас	800	0,80	Ртуть	13600	13,60
Гліцерин	1260	1,26	Спирт	800	0,80
Дизельне паливо	840	0,84	Сульфатна кислота	1800	1,80

Таблиця густин речовин у газоподібному стані
(за температури 0 °С і нормального атмосферного тиску)

Речовина	Густина		Речовина	Густина	
	кг/м³	г/см³		кг/м³	г/см³
Азот	1,250	0,00125	Кисень	1,430	0,00143
Водень	0,090	0,00009	Повітря	1,290	0,00129
Вуглекислий газ	1,980	0,00198	Чадний газ	1,250	0,00125
Гелій	0,180	0,00018	Хлор	3,210	0,00321

Додаток 2

Орієнтовний алгоритм роботи над проєктом

I. Планування навчального проєкту.

1. Формування проєктної групи.
2. Вибір теми проєкту.
3. Формулювання проблеми проєкту.
4. Визначення цілей проєкту.
5. Розподіл обов'язків та завдань між учасниками щодо реалізації цілей проєкту з укладанням робочого плану та врахуванням часових рамок.

II. Реалізація навчального проєкту.

1. Реалізація завдань, що витікають з робочого плану.
2. Підготовка публічного представлення результатів роботи.

III. Публічна презентація проєкту.

IV. Оцінювання проєкту ***(оцінювання власної роботи та співпраці в команді)*.**

Додаток 3

Орієнтовні запитання для оцінювання власної роботи та співпраці в команді

1. Чого я навчився/навчилася?
2. Яких умінь і навичок я набув/набула, працюючи над проєктом?
3. Що сприяло роботі над проєктом?
4. Що заважало роботі над проєктом?
5. У чому полягали переваги/недоліки роботи в команді?
6. Я задоволений/задоволена результатом роботи групи над проєктом та власним внеском у нього?
7. Якби мені довелося починати новий проєкт, що б я зробив/зробила інакше?

Додаток 4

Орієнтовний паспорт проєкту

Назва проєкту	
Учасники проєкту	
Аргументація обраної теми	
Проблема	
Цілі проєкту	
Опис покрокових дій щодо реалізації проєкту	
Отриманий результат	
Висновки	
Оцінка проєкту	
Використаний ресурс *(перелік посилань та використаних джерел інформації)*	

Відеоматеріали

Параграф	Покликання	QR-код
§ 2	Фізичні явища https://academiabook.club/f7/2.mp4	
§ 6	Стиснені циліндри під навантаженням https://academiabook.club/f7/6.mp4	
§ 7	Залежність швидкості перебігу дифузії в рідинах від температури https://academiabook.club/f7/7.mp4	
§ 9	Види траєкторій https://academiabook.club/f7/9.mp4	
§ 13	Телурій https://academiabook.club/f7/13.mp4	
§ 14	Взаємодія тіл https://academiabook.club/f7/14_1.mp4	
	Інерція та інертність https://academiabook.club/f7/14_2.mp4	

§ 15	Будова та принцип дії ареометра https://academiabook.club/f7/15.mp4	
§ 16	Вимірювання сили за допомогою динамометра https://academiabook.club/f7/16.mp4	
§ 18	Сила тяжіння https://academiabook.club/f7/18.mp4	
§ 19	Види деформацій https://academiabook.club/f7/19_1.mp4	
	Вага і невагомість https://academiabook.club/f7/19_2.mp4	
§ 20	Тертя та його види https://academiabook.club/f7/20.mp4	
§ 21	Тиск твердих тіл https://academiabook.club/f7/21.mp4	
§ 22	Тиск газів https://academiabook.club/f7/22.mp4	

§ 23	Сполучені посудини https://academiabook.club/f7/23_1.mp4	
	Рідинний манометр (будова та принцип дії) https://academiabook.club/f7/23_2.mp4	
	Гідравлічний прес https://academiabook.club/f7/23_3.mp4	
§ 24	Магдебурзький експеримент https://academiabook.club/f7/24.mp4	
§ 26	Залежність виштовхувальної сили від густини рідини, в яку занурено тіло https://academiabook.club/f7/26_1.mp4	
	Залежність виштовхувальної сили від густини зануреного тіла https://academiabook.club/f7/26_2.mp4	
	Залежність виштовхувальної сили від об'єму зануреного тіла https://academiabook.club/f7/26_3.mp4	
	Глибина занурення тіла та виштовхувальна сила https://academiabook.club/f7/26_4.mp4	

	Будова та принцип дії ареометра https://academiabook.club/f7/26_5.mp4	
§ 27	Умови плавання тіл https://academiabook.club/f7/27.mp4	
§ 29	Повітроплавання https://academiabook.club/f7/29.mp4	
§ 32	Прості механізми в дії https://academiabook.club/f7/32.mp4	

Відповіді до завдань рубрики «Перевірте себе»

Параграф	Завдання	Відповідь
§ 9	3	Шлях 6 км; переміщення — 0 км
	4	Шлях — 2 м; переміщення — 1 м
§ 10	1	30 м/с; 0,54 м/с; 0,0009 м/с
	2	8640 м
	3	50 с
	4	12,8 хв
§ 11	2	Рівномірно; мотоцикл; 450 м, 600 м
§ 12	1	1,5 м/с; 3,08 м/с
	2	1,77 год
§ 14	2	0,025 кг
§ 15	1	0,9 кг
	2	1,2 $м^3$
	3	Має, бо густина менша за табличне значення
	4	2,925 кг
§ 16	2	0,1 Н/под.; 1,4 Н
§ 17	1	100 Н; 20 Н
	2	30 Н; 270 Н
§ 18	3	0,0018 кг
§ 19	5	4 Н
	6	0,5 кг
§ 21	4	400 000 Па
	5	500 Н
	6	0,01 $м^2$
§ 22	3	3883 м
	4	У морі
§ 23	1	≈ 3 см
	2	13600 Па
	3	У 50 разів
§ 24	2	≈ 11 м
§ 25	1	1523 м
	2	715 мм рт. ст.
	3	570 мм рт. ст.
§ 26	1	0,3 Н
	2	800 $кг/м^3$ — це може бути гас чи нафта
	3	0,0004 $м^3$
	4	≈ 0,01 кг
§ 27	5	4 Н
§ 28	2	45 МН
§ 29	1	2,25 мН
	2	1225 кг
§ 30	3	0,45 Н
	4	8500 Н
	5	4,5 Дж
§ 31	3	10 кВт
§ 32	2	2,5 Н
	3	0,9 м
§ 34	1	30 кг
	2	84 кг
§ 35	3	72 %
§ 36	2	2,25 Дж
	3	3м
	4	93750 Дж
§ 37	2	20 Дж
	3	120 Дж
§ 38	2	129 м
	3	≈ 333 кВт

Зміст

Інструкція з безпеки життєдіяльності під час проведення навчальних занять у кабінеті фізики 5

Розділ I. Фізика й астрономія — науки про природу

§ 1. Фізика та астрономія як природничі науки. Творці фізичної науки 8

§ 2. Методи дослідження природи. Фізичні тіла та фізичні явища 10

§ 3. Мікро-, макро- та мегасвіт. Розвиток уявлень про будову Сонячної системи. Роль астрономії у вивченні тіл мегасвіту 15

§ 4. Фізичні величини та одиниці їх вимірювання. Міжнародна система одиниць СІ 20

§ 5. Прилади для вимірювання фізичних величин. Ціна поділки вимірювального приладу 24

Лабораторна робота № 1 29

Лабораторна робота № 2 30

§ 6. Речовини в природі. Атоми і молекули. Їх рух і взаємодія. Температура 32

§ 7. Агрегатні стани речовини. Броунівський рух. Дифузія. Осмос 36

Лабораторна робота № 3 42

Здійсніть самоперевірку 44

Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2) 44

Розділ II. Механічний рух та його характеристики

§ 8. Механічний рух. Відносність руху. Тіло відліку. Система відліку. Матеріальна точка 46

§ 9. Траєкторія. Шлях. Переміщення 49

§ 10. Рівномірний прямолінійний рух. Швидкість 52

§ 11. Графічне зображення рівномірного прямолінійного руху ... 55

§ 12. Нерівномірний рух. Миттєва швидкість. Середня швидкість 58

§ 13. Рух небесних тіл 62
Здійсніть самоперевірку 66
Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2) 66

Розділ III. Сили в природі

§ 14. Взаємодія тіл. Явище інерції. Прояви інерції в побуті та техніці. Інертність. Маса як міра інертності. Вимірювання маси 68
§ 15. Густина речовини 72
Лабораторна робота № 4 75
§ 16. Сили. Вимірювання сил. Динамометр 77
§ 17. Графічне зображення сил. Додавання сил 81
§ 18. Всесвітнє тяжіння. Сила тяжіння. Взаємодія тіл Сонячної системи. Галактики. Метагалактика 83
§ 19. Деформація тіл. Види деформації. Сила пружності. Вага тіла 87
§ 20. Тертя. Сили тертя. Тертя у природі та техніці 92
Лабораторна робота № 5 96
Здійсніть самоперевірку 98
Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2) 98

Розділ IV. Тиск твердих тіл, рідин і газів

§ 21. Тиск. Одиниці тиску. Способи зміни тиску 100
§ 22. Тиск рідин і газів. Закон Паскаля 103
§ 23. Сполучені посудини. Манометри. Гідравлічний прес 107
§ 24. Вага повітря. Атмосферний тиск. Дослід Торрічеллі 112
§ 25. Барометр-анероїд. Зміна атмосферного тиску з висотою. Альтиметр 116
§ 26. Дія рідини й газу на занурене в них тіло. Архімедова сила 120
§ 27. Умови плавання тіл 126
Лабораторна робота № 6 129

§ 28. Плавання суден 131
§ 29. Повітроплавання 136
Здійсніть самоперевірку 142
Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2) 142

Розділ V. Механічна робота і потужність. Енергія

§ 30. Механічна робота 144
§ 31. Потужність 147
§ 32. Прості механізми. Важіль. Рівновага сил на важелі. Момент сили 151
Лабораторна робота № 7 156
§ 33. Прості механізми у природі та техніці 157
§ 34. Блоки. «Золоте правило» механіки 160
§ 35. Коефіцієнт корисної дії (ККД) механізмів 164
Лабораторна робота № 8 167
§ 36. Механічна енергія та її види 169
§ 37. Перетворення одного виду механічної енергії на інший. Закон збереження механічної енергії 172
§ 38. Енергія річок і вітру. Екологічні характеристики джерел енергії 175
Здійсніть самоперевірку 180
Виконайте проєкт, дотримуючись алгоритму (додаток 2) 180

Додатки

1. Таблиці густин 181
2. Орієнтовний алгоритм роботи над проєктом 182
3. Орієнтовні запитання для оцінювання власної роботи та співпраці в команді 182
4. Орієнтовний паспорт проєкту 183
Відеоматеріали 184
Відповіді до завдань рубрики «Перевірте себе» 188

НОВА УКРАЇНСЬКА ШКОЛА

7 клас

Фізика



Чому? Як? Навіщо?

академія