

I. М. Гельфгат, I. Ю. Ненашев

Ф

9

ІЗИКА ЗБІРНИК ЗАДАЧ

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

УДК [53:37.091.64](076.1)

ББК 22.3я721

Г 34

Схвалено для використання у загальноосвітніх навчальних закладах

(лист Інституту модернізації змісту освіти

Міністерства освіти і науки України

від 11.04.2017 р. № 21.1/12-Г-45)

Р е ц е н з е н т и:

М. О. Петракова, учитель фізики вищої кваліфікаційної категорії
Харківського фізико-математичного ліцею № 27, учитель-методист;

I. М. Колупаєв, доцент Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут», канд. фіз.-мат. наук

Гельфгат І. М.

Г 34 Фізика. 9 клас : збірник задач / І. М. Гельфгат, І. Ю. Ненашев. — Х. : Вид-во «Ранок», 2017. — 176 с. — іл.

ISBN 978-966-

Посібник складений відповідно до чинної програми з фізики для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів і містить задачі, диференційовані за трьома рівнями складності.

Збірник побудований максимально зручно для вчителя та учнів. Наведено приклади розв'язування задач; подано відповіді до більшості задач, а також вибірково вказівки та розв'язання. Уміщено тести для самоперевірки та відповіді до них. Наявність однотипних задач дозволяє оптимально добирати задачі для домашніх завдань та самостійних робіт. Задачі для допитливих допоможуть учням перевірити глибину отриманих знань і підготуватися до олімпіад з фізики.

Збірник містить додаток, що складається з довідкових таблиць і математичного довідника.

Призначено для учнів 9 класів загальноосвітніх навчальних закладів та вчителів фізики.

УДК [53:37.091.64](076.1)

ББК 22.3я721



Разом дбаємо
про екологію та здоров'я

ISBN 978-966-

© Гельфгат І. М., Ненашев І. Ю., 2017

© ТОВ Видавництво «Ранок», 2017

ПЕРЕДМОВА

Пропонований посібник містить задачі для учнів 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів України, матеріал повністю відповідає чинній програмі з фізики.

Подані в збірнику задачі розміщено за тематичними розділами. Усередині кожного розділу задачі диференційовано за трьома рівнями складності, що приблизно відповідають середньому, достатньому та високому рівням навчальних досягнень учнів. Наведено приклади розв'язування задач із належним записом. Кількість задач достатня, щоб забезпечити роботу на уроках, домашні завдання, повторення матеріалу тощо. Наявність певної кількості однотипних задач дозволяє оптимально відбирати задачі для домашньої роботи учнів та самостійних робіт. Після багатьох параграфів наведено тести для самоперевірки (учитель може застосувати ці тести і для експрес-контролю).

До рубрики «Задачі для допитливих» увійшли задачі, які допоможуть перевірити глибину знань, отриманих учнями, якісно підготувати їх до олімпіад з фізики. Для розв'язання задач цієї рубрики цілком достатньо знань у межах шкільної програми. Зрозуміло, що ці задачі не можна використовувати для контролю рівня навчальних досягнень.

Під час розв'язування задач учням стане в пригоді наведений наприкінці посібника додаток, який містить довідкові таблиці та математичний довідник.

Умовні позначення

Збірник має елементи, які сприятимуть більш продуктивній роботі вчителя й учнів:

- ? — якісні задачі, що їх у більшості випадків можна розв'язувати усно;
- 🔑 — задачі, до яких наприкінці збірника наведено повні розв'язання;
- * — задачі для тих, хто вивчає фізику за поглибленою програмою.

Позначено групи однотипних задач:

- 1.4.** — перша задача групи, яку доцільно розв'язати на уроці;
- 1.5.** — інші задачі групи, які учні за аналогією можуть розв'язати самостійно на уроці або вдома.

РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА

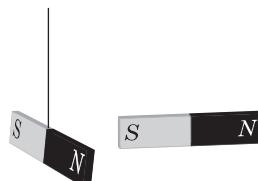
1. МАГНІТНЕ ПОЛЕ. ЛІНІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ. МАГНІТНА ДІЯ СТРУМУ

1-й рівень складності

- ? 1.1. Штабовий магніт піднесли південним полюсом до магнітної стрілки. Як поводитиметься стрілка?
- ? 1.2. Як поводитимуться дві магнітні стрілки, які наблизили одна до одної?
- ? 1.3. У якому напрямі рухатимуться магніти, підвішені на нитках (див. рисунок)?

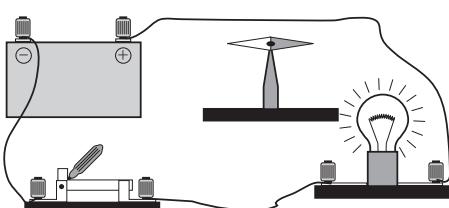


а

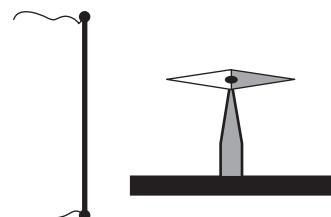


б

- ? 1.4. Як поводитиметься магнітна стрілка, якщо замкнути ключ (див. рисунок)?
- ? 1.5. Магнітна стрілка розташована поблизу вертикального проводу (див. рисунок). Чи вплине на стрілку появія струму в проводі?

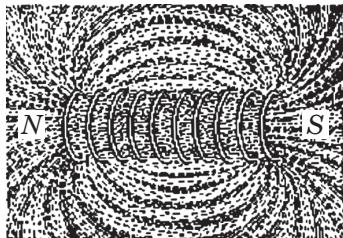


До задачі 1.4

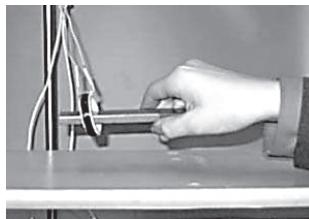


До задачі 1.5

- ? 1.6. Якої форми треба надати постійному магніту, щоб картина його магнітного поля, отримана за допомогою залізних ошурок, практично збігалася з картиною магнітного поля котушки зі струмом (див. рисунок)?

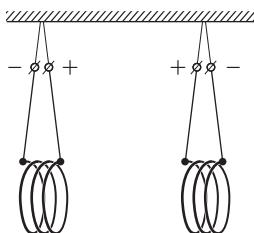


- ? 1.7. Коли підвішену на тонких дротах котушку підключили до джерела струму, вона притягнулася до магніту (див. рисунок). Чому?

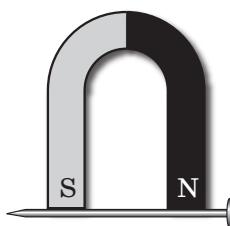


- ? 1.8. На тонких дротах підвішено дві котушки (див. рисунок). Чому вони починають взаємодіяти, коли через них пропускають електричний струм?

- ? 1.9. Чому залізний цвях притягується одним кінцем до одного полюса дугоподібного магніту, а іншим кінцем — до іншого (див. рисунок)?

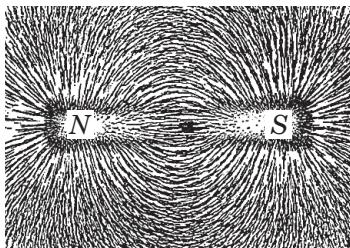


До задачі 1.8



До задачі 1.9

- ? 1.10.** Під аркушем паперу розташований штабовий магніт. Чому залізні ощурки, які насипали на цей аркуш, утворюють показану на рисунку картину?



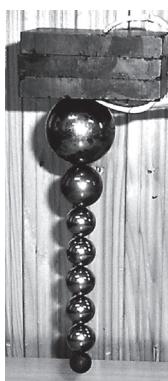
2-й рівень складності

- ? 1.11.** Учень підносить сталеву скріпку до одного з полюсів магнітної стрілки. Полюс стрілки притягається до скріпки, і стрілка повертається. Чи обов'язково це свідчить про те, що скріпка була намагніченою?
- ? 1.12.** Чому на сучасних суднах не використовують магнітні компаси?
- ? 1.13.** Корпуси компасів виготовляють із пластмаси, міді, алюмінію та інших матеріалів. Що спільного в цих матеріалах?
- ? 1.14.** Запропонуйте матеріали, з яких потрібно збудувати судно для експедиції з вивчення магнітного поля в районі Бермудського трикутника.
- ? 1.15.** Два залізних цвяхи деякий час своїми вістрями торкалися одного полюса магніту. Як будуть взаємодіяти між собою ці цвяхи після віддалення від магніту?
- ? 1.16.** Залізний цвях притягнувся до штабового магніту (див. рисунок). Чи буде вістря цвяха, як магніт, притягувати залізні ощурки? Якщо притягуватиме, то який полюс буде на цьому вістрі?
- ? 1.17.** Поясніть, як можуть не намагнічені попередньо залізні кульки втримувати одна одну (див. рисунок). Магніту торкається тільки верхня кулька.

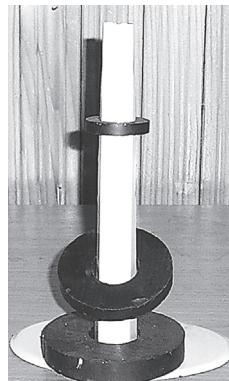
- ? 1.18. Як розташовані полюси керамічних магнітів, зображеніх на рисунку?



До задачі 1.16



До задачі 1.17



До задачі 1.18

- ? 1.19. Як поводитимуться магніти під час наближення один до одного (див. рисунок)?

- ? 1.20. Як поводитимуться магніти під час наближення один до одного (див. рисунок)?



a



б

До задачі 1.19



a



б

До задачі 1.20

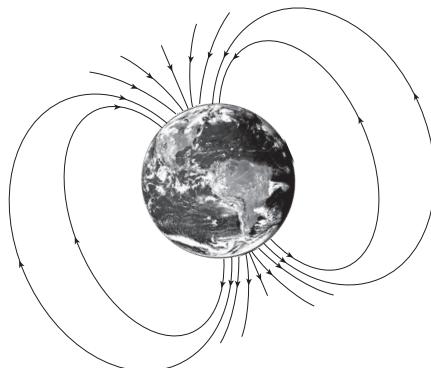
- ? 1.21. Штабовий магніт розрізають посередині. Чи отримаємо ми два магніти, кожний із яких матиме один полюс?

- ? 1.22. Підковоподібний магніт розрізають посередині. Чи матимуть магнітні властивості отримані частини? Скільки магнітних полюсів матиме кожна з частин? Які це будуть полюси?

- ? 1.23. Про що свідчать значні зміни напряму, на який вказує магнітна стрілка, під час подорожі Кривим Рогом?

? 1.24. Магнітна стрілка в лабораторії почала хаотично коливатися, відхиляючись на незначний кут. Про що це свідчить?

? 1.25. Укажіть на рисунку розташування магнітних та географічних полюсів Землі.

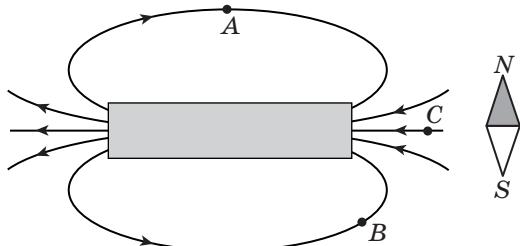


? 1.26. У яких місцях лінії магнітного поля Землі практично вертикальні?

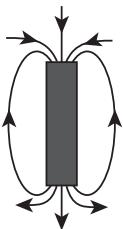
? 1.27. У яких місцях лінії магнітного поля Землі практично горизонтальні?

? 1.28. Отвір для злива мастила з коробки передач автомобіля закривають магнітною пробкою. Чому це допомагає подовжити термін роботи коробки передач?

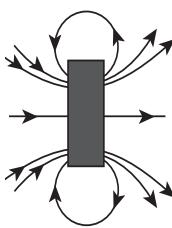
? 1.29. На стіл поклали штабовий магніт, а поряд поставили магнітну стрілку на підставці (див. рисунок, вигляд згори). У якому напрямі повернеться магнітна стрілка, якщо її помістити в точці A? точці B? точці C?



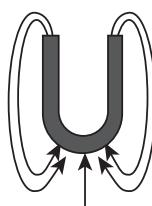
- ? 1.30. У випадках *a*–*в* на рисунку показано орієнтовний вигляд ліній магнітного поля намагнічених залізних тіл. Укажіть магнітні полюси відповідних магнітів.



a



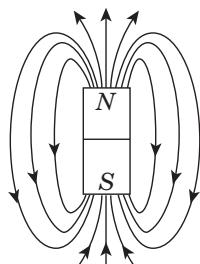
б



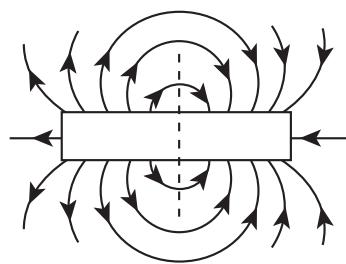
в

- ? 1.31. Куди напрямлені лінії магнітного поля всередині штабового магніту (див. рисунок)?

- ? 1.32. Укажіть стрілками напрям ліній магнітного поля всередині штабового магніту (див. рисунок).



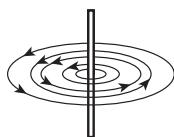
До задачі 1.31



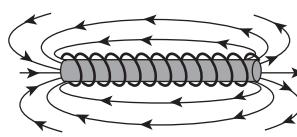
До задачі 1.32

- ? 1.33. Укажіть напрям струму в прямому провіднику, лінії магнітного поля якого показано на рисунку.

- ? 1.34. На рисунку показано лінії магнітного поля котушки зі струмом. Укажіть напрям струму в котушці.



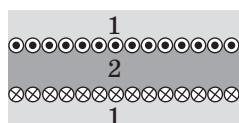
До задачі 1.33



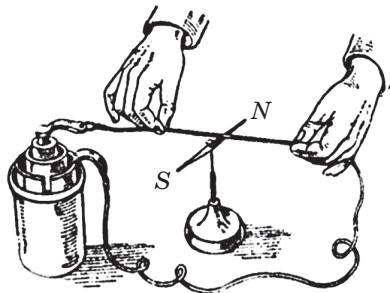
До задачі 1.34

? 1.35. Укажіть напрям ліній магнітного поля котушки зі струмом у ділянках 1 і 2, якщо струм у верхній частині кожного витка тече до нас, а в нижній — від нас (див. рисунок).

? 1.36. Укажіть полюси гальванічного елемента, які з'єднані провідником (див. рисунок). Як зміниться положення стрілки, якщо її розмістити над провідником?



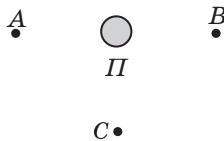
До задачі 1.35



До задачі 1.36

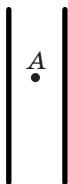
? 1.37. Вертикальний провідник приєднали до джерела струму так, що верхній кінець провідника з'єднаний із позитивним полюсом джерела. Зробіть рисунок і покажіть на ньому, як повернуться розташовані поряд із провідником магнітні стрілки.

? 1.38. На рисунку показано вертикальний провідник Π зі струмом і магнітну стрілку біля нього (вигляд згорі). Визначте напрям струму в провіднику. Зробіть рисунок, покажіть на ньому напрями магнітних стрілок, розташованих у точках A , B , C .

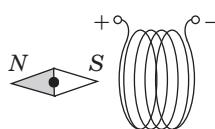


? 1.39. Запропонуйте, як за допомогою компаса можна визначити напрям струму в прямому провіднику.

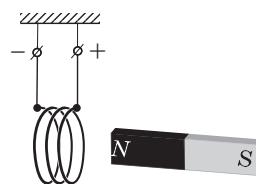
- ? 1.40.** Прилад приєднали до джерела постійного струму за допомогою двох довгих паралельних провідників, що розташовані на певній відстані один від одного. Як можна за допомогою магнітної стрілки визначити напрям струму в цьому електричному колі?
- ? 1.41.** Притягуються чи відштовхуються провідники тролейбусної лінії, коли в них тече постійний струм? Обґрунтуйте свою відповідь.
- ? 1.42.** На лабораторному столі розмістили гнуцкий дріт та приєднали його кінці до полюсів джерела струму. Якої форми набуде дріт за великої сили струму?
- ? 1.43.** Два металевих провідники, по яких тече струм в одному напрямі, притягаються. А як взаємодіють розчини електролітів у двох сусідніх електролітических ваннах, по яких протікають струми в одному напрямі?
- ? 1.44.** Сила струму у двох паралельних провідниках (див. рисунок) однаакова. Чи є магнітне поле в точці A посередині між провідниками у випадках, коли напрям струмів: а) одинакові; б) протилежні?
- ? 1.45.** На лабораторному столі розташовані котушка та магнітна стрілка (див. рисунок, вигляд згори). Як поводитиметься стрілка після підключення котушки до джерела струму? Полярність підключення показано на рисунку.
- ? 1.46.** Як поводитиметься котушка, яка підвішена на гнуцких дротах, після підключення до джерела струму? Полярність показано на рисунку.



До задачі 1.44

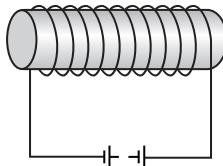


До задачі 1.45



До задачі 1.46

- ?** 1.47. Визначте магнітні полюси котушки зі струмом (див. рисунок).



3-й рівень складності

- ?** 1.48. Гуляючи лісовою посадкою вздовж узбережжя ставка, учень знайшов невеликий сталевий стрижень. Як учень може визначити, чи намагнічений цей стрижень, якщо ні компаса, ні інших приладів немає?
- ?** 1.49. Два залізних стрижні однакові на вигляд. Один із них намагнічений, інший — ні. Запропонуйте, як відрізнити намагнічений стрижень, якщо ніяких допоміжних засобів немає.
- 1.50. У випадках *a*, *b* на рисунку зображене взаємне розташування двох штабових магнітів. Нарисуйте в зошиті приблизний вигляд ліній загального магнітного поля цих магнітів.

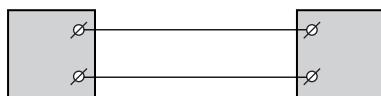


- ?** 1.51. Запропонуйте, як треба намотати провідник на трубку, щоб усередині трубки не виникало магнітне поле під час протікання струму в провіднику.
- ?** 1.52. У випадку *a* на рисунку зображені магнітні стрілки чотирьох компасів, розташованих уздовж однієї прямої; у випадку *b* — ті самі магнітні стрілки після зменшення відстані між ними. Поясніть зміну напрямів стрілок.



Задачі для допитливих

- ? 1.53. Як поводитиметься магнітна стрілка, якщо до її північного полюса піднести наелектризовану негативно ебонітову паличку? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 1.54. На столі стоять дві «чорні скриньки». Одна з них містить батарейку, інша ж — резистор. Батарейка та резистор з'єднані провідниками (див. рисунок). Запропонуйте, як за допомогою вольтметра та магнітної стрілки визначити, у якій саме з «чорних скриньок» міститься батарейка. Розмикати коло не можна.



2. ГІПОТЕЗА АМПЕРА. МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН. ЕЛЕКТРОМАГНІТИ

1-й рівень складності

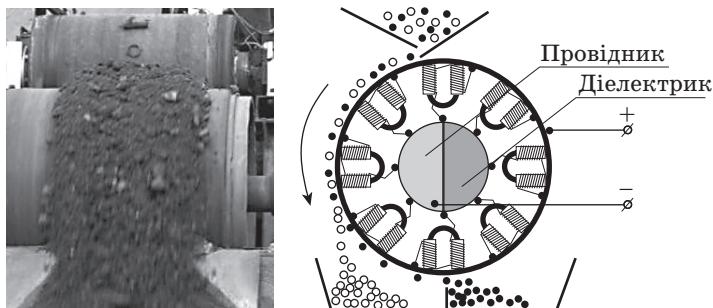
- ? 2.1. Яка дія електричного струму спостерігається під час приєднання до гальванічного елемента дротяної котушки, що намотана на залізний болт (див. рисунок)?
- ? 2.2. Коробка містить перемішані маленькі цвяхи зі сталі та латуні. Як можна за допомогою електромагніту швидко перекласти сталеві цвяхи до іншої коробки?
- ? 2.3. Які переваги дає застосування електромагнітів замість постійних магнітів?
- ? 2.4. Чому для виготовлення електромагнітів на осердя намотують *ізольований* провідник (див. рисунок)?
- ? 2.5. Чому залізне осердя електромагніту (див. рисунок) не можна замінити на мідне або алюмінієве?



До задач 2.1, 2.4, 2.5

2-й рівень складності

- ? 2.6. Чим зумовлені магнітні властивості будь-якого тіла відповідно до гіпотези Ампера?
- ? 2.7. Які зміни відбуваються всередині сталевого бруска під час його намагнічування?
- ? 2.8. Опишіть роботу електромагнітного сепаратора (див. рисунок), який використовують на залізорудних збагачувальних комбінатах.

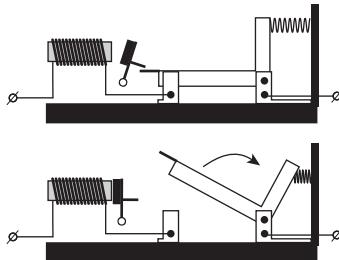


- ? 2.9. Як за допомогою електромагнітів на виробництві переносять залізні вироби (див. рисунок)? Чому для цього не використовують постійні магніти, адже для їх живлення не треба витрачати електроенергію?



- ? 2.10. Для чого в конструкції електромагнітних кранів передбачена можливість пропускати невеликий струм через обмотку електромагніту у зворотному напрямі?

- ? 2.11. У сучасних запобіжниках використовують магнітну дію струму для розмикання кола в разі небезпечно-го підвищення сили струму (див. рисунок). Поясніть принцип дії цих запобіжників.



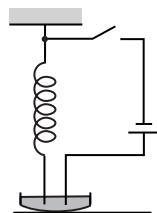
- ? 2.12*. Які речовини відносять до сильномагнітних? слабомагнітних?
- ? 2.13*. Усередині яких речовин магнітне поле послаблюється?
- ? 2.14*. З яких речовин виготовляють постійні магніти? осердя електромагнітів?
- ? 2.15*. Як змінюються магнітні властивості феромагнетиків унаслідок підвищення температури?

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Пружина з малою жорсткістю висить так, що її нижній кінець трохи занурений у солону воду або ртуть (див. рисунок). Що спостерігатиметься після замикання ключа?

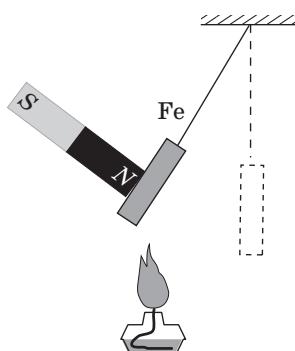
Розв'язання. Після замикання ключа по пружині протікатиме струм. Оскільки струм у сусідніх витках має одинаковий напрям, ці витки притягатимуться один до одного. Пружина стиснеться, її нижній кінець вийде з рідини. Через це коло розімкнеться, пружина пружини збільшиться. Коло знов замкнеться, процес повториться. Таким чином, у системі виникнуть коливання.



- ? 2.16*. Яку природу мають «елементарні магнітики», що зумовлюють магнітні властивості будь-якої речовини?

? 2.17*. На заводах із виплавлення сталі залізний металобрухт переносять за допомогою електромагнітів. Чому такі самі електромагніти не використовують для перенесення гарячих залізних відливок?

? 2.18*. Залізну пластинку, яка підвішена на довгій нитці й притягується до сильного магніту, нагрівають у полум'ї спиртівки (див. рисунок). Через деякий час пластинка починає коливатися, періодично відризаючись від магніту, а потім знов повертуючись до нього. Поясніть причину виникнення коливань.

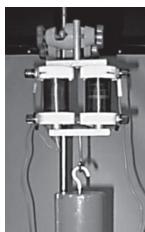


? 2.19*. Щоб магніт якомога довше зберігав свої магнітні властивості, його не можна кидати на тверду підлогу. Чому?

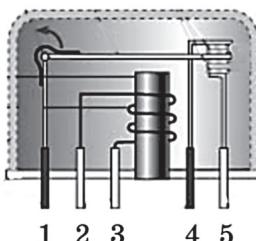
? 2.20*. Чому намагнічування залізного стрижня, який торкається сильного магніту, відбувається краще, якщо по стрижню постукати твердим предметом?

? 2.21. Електромагніт містить дві обмотки (див. рисунок). Чи залежить «вантажопідйомність» електромагніту від способу з'єднання обмоток?

? 2.22. На рисунку подано зображення електромагнітного реле та його позначення на схемах. Назвіть призначення клем 1–5.

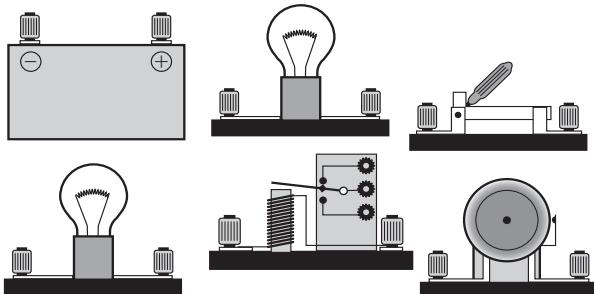


До задачі 2.21

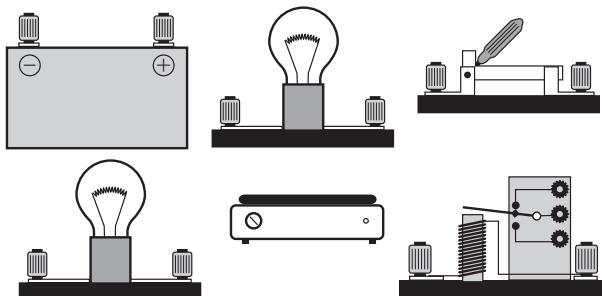


До задачі 2.22

- 2.23.** Нарисуйте схему електричного кола, у якому після замикання ключа будуть загорятися лампочки, а після розмикання — лунати дзвонник (див. рисунок).



- 2.24.** Нарисуйте схему електричного кола, у якому після замикання ключа буде вмикатися електрична плитка, а після розмикання — загорятися лампочки (див. рисунок).

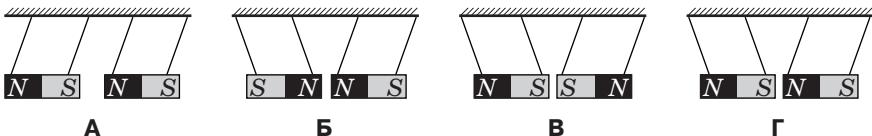


Задача для допитливих

- ?** **2.25.** Під час фізичної вікторини вчитель продемонстрував такий дослід. До південного полюса магнітної стрілки він підніс відрізок сталової труби. Як і передбачалося, магнітна стрілка почала притягуватися до найближчого до неї кінчика труби. Потім учитель декілька разів сильно вдарив по відрізку труби молотком і знов підніс її до південного полюса магнітної стрілки тим же кінчиком. На диво, стрілка відштовхнулася. Чому?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

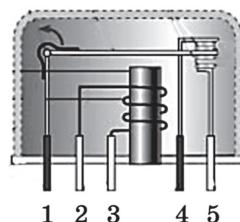
1. На якому з рисунків правильно показано відхилення підвішених магнітів унаслідок їх взаємодії?



2. Лінії магнітного поля штабового постійного магніту:
- A** виходять з обох магнітних полюсів
 - B** виходять тільки з північного магнітного полюса
 - C** входять тільки в північний магнітний полюс
 - D** входять в обидва магнітні полюси
3. Компас досить точно показує напрям південь — північ:
- A** будь-де на Землі
 - B** поблизу магнітних полюсів
 - C** поблизу магнітних аномалій
 - D** поблизу екватора
4. Відповідно до гіпотези Ампера магнітні властивості тіл зумовлені існуванням усередині цих тіл:
- A** мікроскопічних струмів **B** молекул
 - C** заряджених частинок **D** атомів
5. На рисунку показано напрям електричного струму в металевому кільці. Лінії магнітної індукції поля цього струму напрямлені:
- A** униз у точках *A* і *B*
 - B** угору в точках *A* і *B*
 - C** униз у точці *A*, угору в точці *B*
 - D** угору в точці *A*, униз у точці *B*



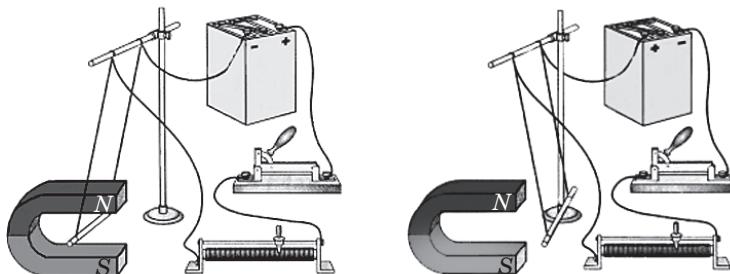
6. Напруга на контакти 2 і 3 електромагнітного реле подається в разі небезпечноного збільшення тиску в котлі (див. рисунок). Коло живлення тривожної сигналізації замикають у цьому випадку:
- A** контакти 1 і 2
 - B** контакти 1 і 4
 - C** контакти 1 і 5
 - D** контакти 3 і 5



3. СИЛА АМПЕРА ТА СИЛА ЛОРЕНЦА

1-й рівень складності

- ? 3.1. Яка сила примушує гнучкі дроти, на яких підвішений металевий немагнітний стрижень зі струмом, відхилятися від вертикалі (див. рисунок)?
- ? 3.2. Чому напрям відхилення підвісу змінився на протилежний (див. рисунок)?

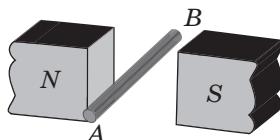


До задач 3.1, 3.2

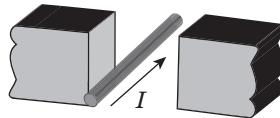
- ? 3.3. За якого напряму провідника зі струмом на нього не діятиме сила Ампера з боку магнітного поля?
- ? 3.4. За якого напряму провідника зі струмом на нього діятиме максимальна за модулем сила Ампера з боку магнітного поля?
- ? 3.5. Який кут утворює сила Ампера з лініями магнітного поля? з провідником, на який вона діє?

2-й рівень складності

- ? 3.6. Між полюсами магніту розташований прямий відрізок проводу (див. рисунок), по якому в напрямі від точки A до точки B тече електричний струм. У якому напрямі магнітне поле магніту діє на провід?

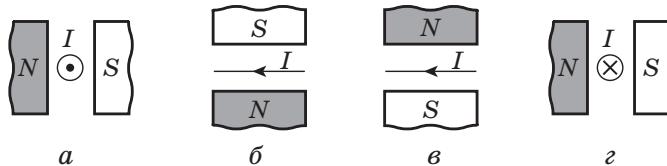


- ? **3.7.** Магнітне поле постійного магніту діє на провідник зі струмом (див. рисунок) із силою, яка напрямлена вгору. Укажіть полюси магніту.



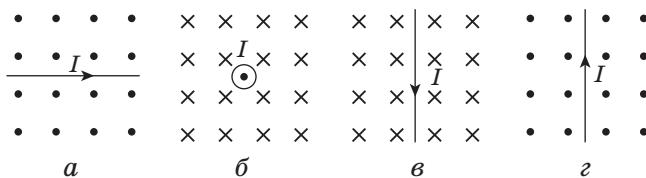
- ? **3.8.** Укажіть, у якому з випадків *a*–*г* на рисунку сила Ампера, що діє на провідник зі струмом між полюсами магніту, напрямлена вгору. Точка в перерізі провідника позначає, що струм тече до нас, косий хрестик — струм тече від нас.

- ? **3.9.** Укажіть, у якому з випадків *a*–*г* на рисунку сила Ампера, що діє на провідник зі струмом між полюсами магніту, напрямлена до нас.

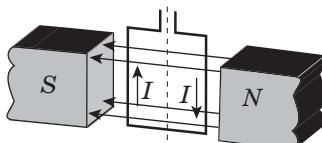


До задач 3.8, 3.9

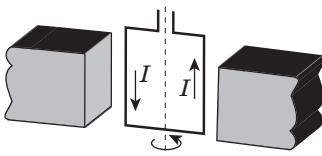
- ? **3.10.** У якому з випадків *a*–*г* на рисунку магнітне поле не діє на провідник зі струмом? Лінії магнітного поля перпендикулярні до площини рисунка.



- ? **3.11.** У якому напрямі повернеться дротяна рамка зі струмом у магнітному полі постійного магніту (див. рисунок)?



- ?** 3.12. Магнітне поле постійного магніту повертає рамку зі струмом у напрямі, показаному на рисунку. Укажіть полюси постійного магніту.



- ?** 3.13*. Визначте напрям сили Лоренца, що діятиме на протон, який пролітатиме між полюсами магніту (див. задачу 3.6). Розгляньте випадки руху протона: а) угору; б) праворуч; в) від A до B .

- ?** 3.14*. Визначте напрям сили Лоренца, що діятиме на електрон, який пролітатиме між полюсами магніту (див. рисунок до задач 3.8 і 3.9, випадок б). Розгляньте випадки руху електрона: а) угору; б) праворуч; в) перпендикулярно до площини рисунка від нас.

- 3.15. Яка сила діє з боку однорідного магнітного поля з індукцією 50 мТл на прямолінійний провідник завдовжки 60 см, що перебуває в полі? Провідник утворює прямий кут із напрямом ліній магнітного поля, сила струму в провіднику дорівнює 8 А.

- 3.16. Визначте силу Ампера, що діє на прямолінійний провідник завдовжки 30 см з боку магнітного поля. Індукція магнітного поля дорівнює 0,25 Тл; сила струму в провіднику — 2 А; кут між провідником і лініями магнітного поля — 45° .

- 3.17. У магнітному полі з індукцією 0,4 Тл під кутом 30° до ліній магнітного поля розташований провідник завдовжки 50 см, по якому тече струм 1,5 А. Визначте, яка сила Ампера діє на цей провідник.

- 3.18. Провідник, сила струму в якому дорівнює 4 А, перебуває в однорідному магнітному полі. На прямолінійну ділянку провідника завдовжки 20 см, що утворює кут 30° із напрямом ліній магнітного поля, діє з боку магнітного поля сила 5 мН. Визначте індукцію магнітного поля.

3.19. З боку магнітного поля на прямолінійний провідник завдовжки 30 см, перпендикулярний до ліній магнітного поля, діє сила Ампера 0,6 Н. Сила струму в провіднику дорівнює 4 А. Визначте індукцію магнітного поля.

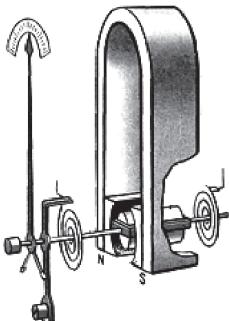
3.20. Магнітне поле діє на провідник завдовжки 80 см, розташований під кутом 60° до ліній магнітного поля, із силою 0,35 Н. Визначте індукцію магнітного поля, якщо сила струму в провіднику дорівнює 2,5 А.

3.21. Провідник, сила струму в якому дорівнює 5 А, пе-ребуває в однорідному магнітному полі з індукцією 80 мТл. На провідник з боку магнітного поля діє сила 40 мН. Визначте довжину провідника, якщо він перпендикулярний до ліній магнітного поля.

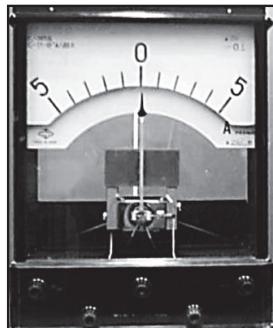
3.22. Визначте довжину провідника, на який з боку магнітного поля діє сила Ампера 75 мН. Провідник розташований під кутом 30° до ліній магнітного поля, сила струму в провіднику дорівнює 5 А, а магнітна індукція поля становить 0,15 Тл.

? 3.23. Для чого в конструкції електровимірювальних приладів передбачено спіральні пружини (див. рисунок)?

? 3.24. Чому шкала шкільного демонстраційного гальванометра має поділки по обидва боки від нульової (див. рисунок)?



До задачі 3.23

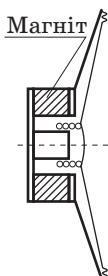
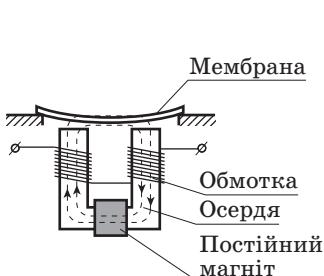


До задачі 3.24

? 3.25. На рисунку схематично зображені елементи конструкції телефону. Опишіть принцип дії цього пристроя.

? 3.26. Для чого в конструкції гучномовця передбачено постійний магніт (див. рисунок)?

? 3.27. Що відбудеться, якщо клеми звукової катушки гучномовця (див. рисунок) підключити до гальванічного елемента? Чи зміниться щось, якщо поміняти полярність підключення гальванічного елемента?



До задачі 3.25

До задачі 3.26

До задачі 3.27

3.28*. Протон рухається вгору в магнітному полі з індукцією $0,8 \text{ Тл}$. Лінії магнітного поля горизонтальні, швидкість протона дорівнює 600 км/с . Визначте силу Лоренца, що діє на протон*.

3.29*. З якою швидкістю рухається протон під кутом 30° до ліній магнітного поля, якщо на нього діє сила Лоренца $0,8 \text{ пН}^{**}$? Індукція магнітного поля дорівнює $0,2 \text{ Тл}^*$.

3.30*. На електрон, що рухається перпендикулярно до ліній магнітного поля зі швидкістю 2000 км/с , діє сила Лоренца $0,32 \text{ пН}$. Визначте індукцію магнітного поля*.

3-й рівень складності

? 3.31. Дротяна рамка зі струмом в магнітному полі повертається в певне положення і зупиняється. Поясніть, чому обертання рамки припиняється.

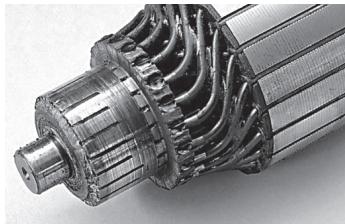
* Елементарний електричний заряд дорівнює $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

** $1 \text{ пН} = 10^{-12} \text{ Н}$.

- ? 3.32.** Як визначити полярність проводів для підключення до підсилювача акустичних систем без розбирання їх корпусів? Дифузори гучномовців акустичних систем відкриті (тобто не закриті решітками, тканиною або іншим).
- ? 3.33.** Чому ротори електродвигунів мають не одну, а кілька незалежних обмоток (див. рисунок)?
- ? 3.34.** Для чого в конструкції електродвигунів передбачено колектори — кільце з ізольованими одна від одної параметрами мідних контактів (див. рисунок)?



До задачі 3.33

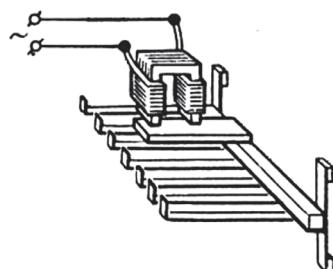
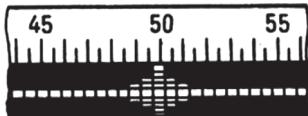


До задачі 3.34

- 3.35.** Металевий стрижень завдовжки 8 см масою 16 г лежить на горизонтальній поверхні між полюсами електромагніту. Лінії однорідного магнітного поля напрямлені горизонтально та перпендикулярні до стрижня, індукція магнітного поля дорівнює 0,4 Тл. За якої сили струму в стрижні сила його тиску на поверхню подвоїться?

Задача для допитливих

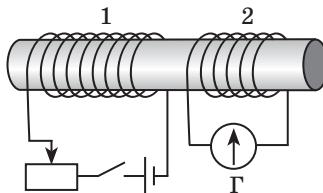
- ? 3.36.** Для визначення частоти змінного струму в освітлювальній мережі використовують частотоміри. На рисунку зображене шкалу та внутрішню будову приладу.



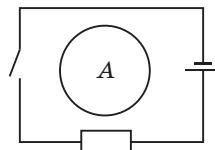
4. ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТОЇ ІНДУКЦІЇ

1-й рівень складності

- ? 4.1. Штабовий магніт вставили всередину замкненої дротяної котушки, а через деякий час витягли його з неї. На яких етапах цього процесу в котушці протікає індукційний струм?
- ? 4.2. Дві котушки мають спільне залізне осердя (див. рисунок). Запропонуйте, що треба робити, щоб покази гальванометра Γ свідчили про існування електричного струму в колі котушки 2.
- ? 4.3. Усередині електричного кола, яке складається з джерела струму, резистора і ключа, розташоване замкнене дротяне кільце A (див. рисунок). Чи з'явиться індукційний струм у кільці, якщо замкнути ключ?



До задачі 4.2



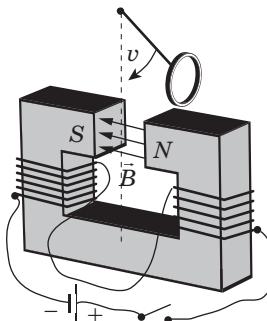
До задачі 4.3

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Маятник, який являє собою підвішене на стрижні мідне кільце, відводять від положення рівноваги та відпускають. Під час коливань маятник проходить між полюсами вимкненого електромагніту (див. рисунок). Як зміниться час загасання коливань маятника, якщо замкнути коло живлення електромагніту?

Розв'язання. Коли електромагніт вимкнено, загасання коливань зумовлене тільки силами тертя та опору повітря. Унаслідок дії цих сил механічна енергія коливань перетворюється на внутрішню (тіла нагріваються). Якщо ввімкнути

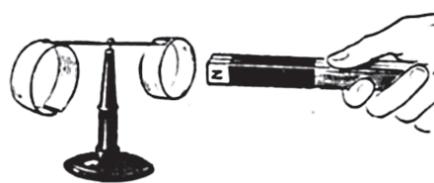


електромагніт, кільце періодично входитиме в магнітне поле та виходитиме з нього. Кількість ліній магнітного поля, які пронизують кільце, періодично змінюються. З цієї причини в кільці виникатиме індукційний струм. Цей струм нагріватиме кільце; внутрішня енергія кільця збільшуватиметься за рахунок механічної енергії коливань. Звідси випливає, що дія магнітного поля на індукційний струм обов'язково спричиняє «галмування» руху маятника та втрати механічної енергії. Отже, час загасання коливань зменшиться.

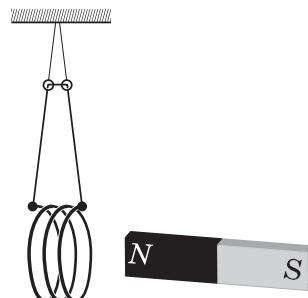
? 4.4. Штабовий магніт по черзі підносять до суцільного та розрізаного алюмінієвих кілець (див. рисунок). У якому з випадків наближення магніту викликає рух кільце? Поясніть свою відповідь.

? 4.5. Штабовий магніт по черзі віддаляють від суцільного та розрізаного алюмінієвих кілець (див. рисунок). У якому з випадків віддалення магніту викликає рух кільце? Поясніть свою відповідь.

? 4.6*. До дротяної замкненої котушки, яка підвішена на гнучких дротах, підносять штабовий магніт (див. рисунок). Як поводитиметься котушка? Чому? Чи залежить відповідь від того, яким полюсом магніт наближають до котушки?



До задач 4.4, 4.5



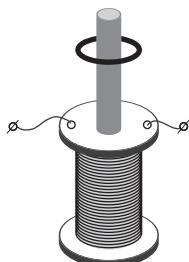
До задачі 4.6

? 4.7*. Маятник являє собою невеличкий магніт, підвішений на нитці. Порівняйте тривалість коливань маятника до повного загасання у випадках, коли він перебуває над дерев'яним столом і над алюмінієвим листом.

- ? 4.8.** Штабовий магніт, підвішений до динамометра, висить вертикально північним полюсом вниз. Чи будуть змінюватися покази динамометра, якщо до магніту знизу підносити мідну пластину? картонну? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 4.9.** Чи однакових зусиль потрібно докласти, щоб вийняти штабовий магніт із замкненої та незамкненої дротяних котушок?
- ? 4.10.** Порівняйте час падіння штабового магніту крізь замкнену та незамкнену дротяні котушки.
- ? 4.11.** У компасах із яким корпусом — пластиковим чи мідним — коливання стрілки швидше загасають?
- ? 4.12.** Чому стрілки електровимірювальних приладів магнітоелектричної системи коливаються після поштовху значно слабше, якщо замкнути клеми приладів?
- 4.13.** Які перетворення енергії відбуваються в індукційному генераторі електричного струму?

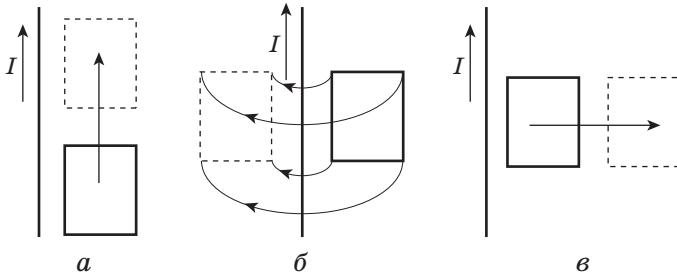
3-й рівень складності

- ? 4.14.** На осердя дротяної котушки наділи мідне кільце (див. рисунок). Як поводитиметься кільце, якщо котушку підключити до джерела струму?
- ? 4.15.** З осердя дротяної котушки, по якій тече постійний електричний струм, треба зняти мідне кільце (див. рисунок). Чи однакові зусилля потрібно докласти в разі повільного та швидкого знімання кільця?



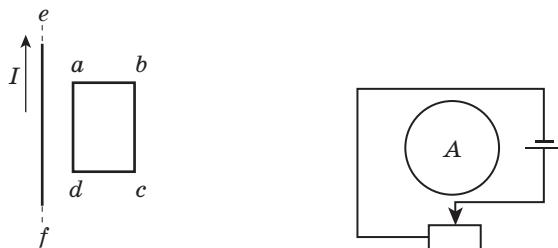
До задач 4.14, 4.15

- ? 4.16. Поблизу прямого провідника, по якому тече струм, переміщають замкнену дротяну рамку (див. рисунок). У якому з випадків *a*–*b* в рамці буде спостерігатися індукційний струм? Відповідь обґрунтуйте.



- ? 4.17. Замкнену дротяну рамку, яка перебуває поблизу прямого провідника зі струмом, починають обертати навколо осі *ab*, потім — *bc*, а потім — *ef* (див. рисунок). У якому випадку в рамці не буде спостерігатися індукційний струм? Відповідь обґрунтуйте.

- ? 4.18. Усередині електричного кола, яке складається з джерела струму та реостата, розташоване замкнене дротяне кільце *A* (див. рисунок). Ковзний контакт реостата перебуває в середньому положенні. Чи з'явиться індукційний струм у кільці під час переміщення ковзного контакту? На що впливатиме швидкість його пересування? напрям пересування?



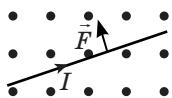
До задачі 4.17

До задачі 4.18

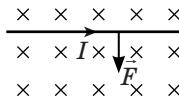
- ? 4.19. Магніт падає в довгій вертикальній мідній трубі, з якої відкачали повітря. Як змінюється швидкість руху магніту під час падіння?
- ? 4.20. Під час гальмування поїзда двигуни електровоза можуть працювати як генератори. Для чого це потрібно?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

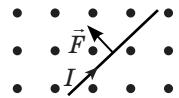
1. На якому з рисунків правильно показано напрям сили Ампера, що діє на провідник з боку магнітного поля, лінії якого перпендикулярні до площини рисунка?



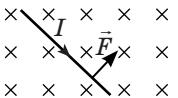
A



B



C



Г

2. Сила струму в прямолінійному провіднику завдовжки 30 см дорівнює 2,5 А. Провідник перебуває в магнітному полі з магнітною індукцією 0,4 Тл. Максимальна сила Ампера, що може діяти на цей провідник, дорівнює:

A 0,3 Н

B 1,2 Н

В 7,5 Н

Г 30 Н

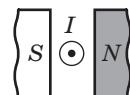
3. Сила Ампера, що діє на провідник зі струмом (див. рисунок), напрямлена:

A праворуч

В униз

Б ліворуч

Г угору



4. Мідне кільце «надягнене» на скляну трубку, у якій перебуває штабовий магніт. У кільці тече індукційний струм, коли воно:

A розташоване біля північного магнітного полюса

Б рухається вздовж трубки від північного полюса до південного

В розташоване біля середини магніту

Г розташоване біля південного магнітного полюса

5. Явище електромагнітної індукції застосовують:

A в електродвигунах

Б в генераторах електричного струму

В в електровимірювальних приладах

Г у гучномовцях

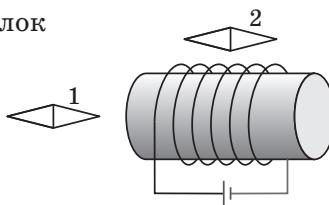
6. Визначте, які магнітні полюси стрілок позначені цифрами (див. рисунок).

A 1 і 2 — північні полюси

Б 1 і 2 — південні полюси

В 1 — південний, 2 — північний

Г 1 — північний, 2 — південний

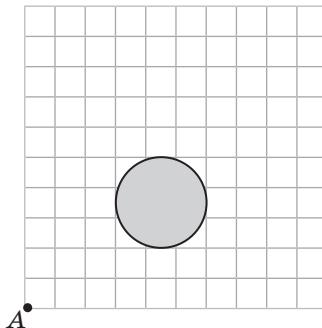


РОЗДІЛ 2. СВІТЛОВІ ЯВИЩА

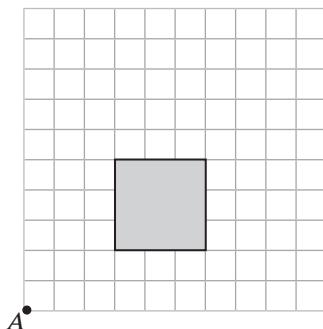
5. ДЖЕРЕЛА Й ПРИЙМАЧІ СВІТЛА. ПОШИРЕННЯ СВІТЛА

1-й рівень складності

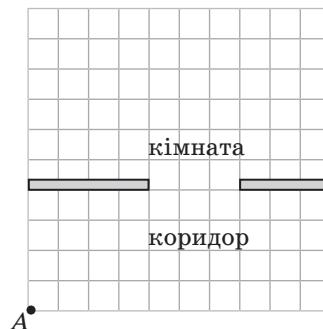
- ?** 5.1. Наведіть приклади процесів, під час яких випромінюється світло.
- ?** 5.2. Наведіть приклади природних і штучних джерел світла.
- ?** 5.3. Наведіть приклади приймачів світла.
- ?** 5.4. Наведіть приклади перетворення енергії світла на інші форми енергії.
- ?** 5.5. Як просто і надійно перевірити прямолінійність лінійки? лінії, що накреслена на папері?
- 5.6.** Єдина в приміщенні лампа *A* розташована поряд із круглою колонкою (див. рисунок). Покажіть тінь, яку відкидає колона.



- 5.7.** Єдина в приміщенні лампа A розташована поряд із квадратною колоною (див. рисунок). Покажіть тінь, яку відкидає колона.
- 5.8.** Лампа A розташована в коридорі перед відчиненими дверима до кімнати (див. рисунок). Покажіть ділянки тіні в кімнаті, коли ввечері світить тільки ця лампа.



До задачі 5.7



До задачі 5.8

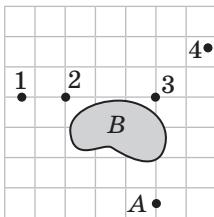
- 5.9.** Визначте час поширення світла від Сонця до Плутона. Уважайте, що відстань між цими небесними тілами дорівнює 6 млрд км.
- 5.10.** Вимірювання показали, що світло від Сонця до Марса поширювалося протягом 12 хв. На якій відстані від Сонця перебував Марс під час вимірювань?

2-й рівень складності

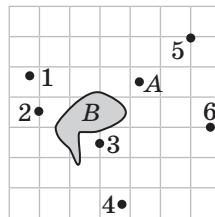
- ? 5.11.** Як перевірити, чи стоять три далеко розташовані один від одного стовпи вздовж однієї прямої? На чому засновується запропонований вами спосіб?
- ? 5.12.** Під час проведення хірургічних операцій вмикають спеціальні великі світильники над операційним столом. Чому звичайного освітлення в цих випадках замало?
- ? 5.13.** Чому предмети не відкидають тіні в похмурий день? Що можна вважати джерелом світла в такий день?

5.14. На рисунку показано точкове джерело світла *A* та непрозорий предмет *B*. Які з точок 1–4 містяться в тіні?

5.15. На рисунку показано точкове джерело світла *A* та непрозорий предмет *B*. Скільки з точок 1–6 освітлені? Які саме точки?



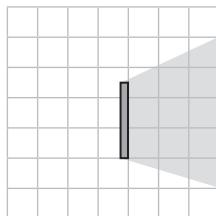
До задачі 5.14



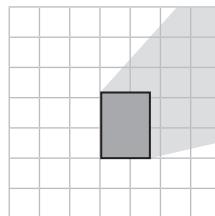
До задачі 5.15

5.16. На білому аркуші паперу містяться маленька електрична лампочка та олівець. На рисунку показано тінь, яку відкидає олівець. Повторіть у зошиті цей рисунок. Де розташована лампочка?

5.17. На білому аркуші паперу містяться маленька електрична лампочка та книжка. На рисунку показано тінь, яку відкидає книжка. Повторіть у зошиті цей рисунок. Де розташована лампочка?



До задачі 5.16



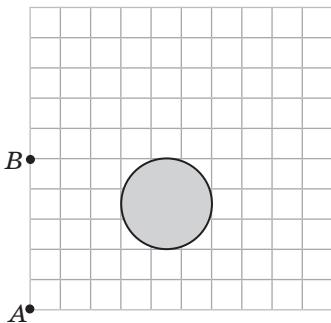
До задачі 5.17

? 5.18. Чому в сонячний день уранці тіні довші, ніж опівдні? Зробіть рисунки до свого пояснення.

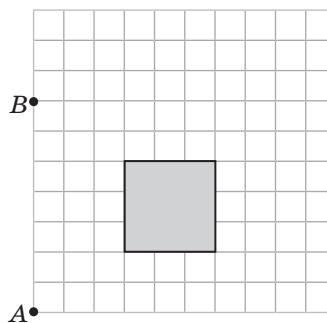
? 5.19. Чи може вертикально поставленій стовп не відкидати тіні в сонячний день? Поясніть свою відповідь.

? 5.20. Чи бувають на Місяці сонячні затемнення? Якщо так, то що в цей час спостерігається на Землі?

- ? 5.21.** Поясніть за допомогою схематичного рисунка, як виникає неповне сонячне затемнення.
- ? 5.22.** Чи може повітряна куля, що летить високо, не відкидати тіні на землю в сонячний день? Обґрунтуйте свою відповідь за допомогою схематичного рисунка.
- 5.23.** Лампи A і B розташовані поряд із круглою колоною (див. рисунок). Покажіть ділянки тіні та півтіні від колони.
- 5.24.** Лампи A і B розташовані поряд із квадратною колоною (див. рисунок). Покажіть ділянки тіні та півтіні від колони.

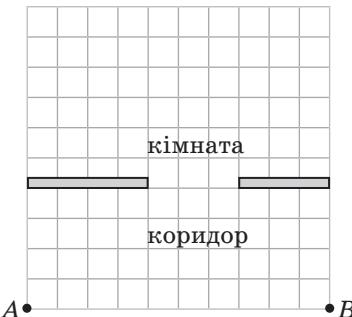


До задачі 5.23



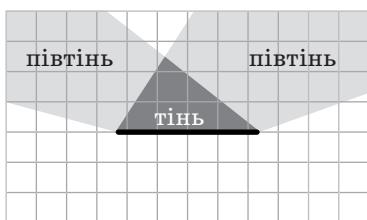
До задачі 5.24

- 5.25.** Лампи A і B розташовані в коридорі перед вічиненими дверима до кімнати (див. рисунок). Покажіть ділянки тіні та півтіні в кімнаті, коли ввечері світять тільки ці лампи.

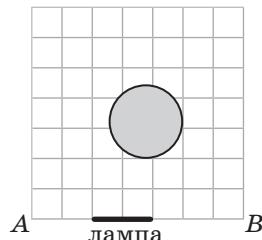


5.26. На рисунку показано ділянки тіні та півтіні від вертикалної стінки, неподалік від якої темною ніччу світять два ліхтарі. Повторіть у зошиті рисунок. Де розташовані ці ліхтарі?

5.27. Лабораторію ввечері освітлює лише одна люмінесцентна лампа — вузька світла трубка, що розташована горизонтально вздовж стінки AB (див. рисунок). Повторіть у зошиті цей рисунок і покажіть, яку тінь та півтінь утворює кругла колона.



До задачі 5.26



До задачі 5.27

5.28. Чи можна вважати Сонце точковим джерелом світла, коли розглядається питання про: а) розміри тіні, яку відкидає огорожа; б) розмір зображення Сонця на фотографії?

5.29. Увечері людина на зріст 180 см відкидає тінь завдовжки 4 м, а дерево — тінь завдовжки 22 м. Визначте висоту дерева.

5.30. Вежа на 6 м вища за дерево, що стоїть рядом. Тінь від вежі на 9 м довша за тінь від дерева. Визначте висоту вежі, якщо довжина тіні від дерева дорівнює 27 м.

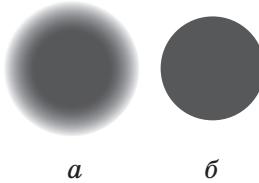
5.31. Дівчинка дивиться на повний Місяць через круглий отвір у непрозорому папері, закривши одне око. Діаметр отвору дорівнює 3 мм. За якої відстані між отвором і оком дівчинка бачитиме місячний диск повністю?

5.32. Яку фізичну величину вимірюють у світлових роках? Виразіть світловий рік в одиницях СІ.

- 5.33.** Хлопчик тримає на відстані 60 см від ока сірникову коробку. Вона наполовину закриває будинок, розташований у 450 м від хлопчика. Чому дорівнює висота будинку, якщо висота сірникової коробки становить 5 см?
- 5.34.** Метеорологічний зонд — це повітряна куля радіусом 7 м. Оцініть висоту, з якої зонд у ясну погоду перестає відкидати тінь на поверхню Землі. Уважайте, що під час підйому зонда Сонце перебуває в зеніті.

3-й рівень складності

- ?** **5.35.** Як змінюється протягом сонячного дня довжина тіні:
а) від штанг футбольних воріт; б) від перекладини цих воріт?
- ?** **5.36.** На рисунку зображено фотографії тіні м'яча в польоті. В одному з випадків джерелом світла є маленька лампочка, а в іншому — великий матовий плафон. Який випадок відповідає лампочці? Обґрунтуйте свою відповідь.

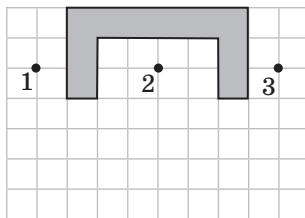


- ?** **5.37.** Галілей першим спостерігав фази Венери, тобто видиму зміну форми цього небесного тіла. Про що свідчить наявність фаз у Венери?
- ?** **5.38.** Поясніть, як у стародавні часи було встановлено звичну для нас одиницю часу — місяць. Як це було пов'язано зі спостереженням за природним супутником Землі — Місяцем?
- ?** **5.39.** Чому сонячні затемнення завжди відбуваються в пору молодого місяця, а місячні — під час повні? Обґрунтуйте свою відповідь за допомогою схематичних рисунків.

- ?** **5.40.** На рівній горизонтальній площині стоять вертикальні стовпи *A* і *B*. Висота стовпа *A* вдвічі більша від висоти стовпа *B*. Чи може тінь стовпа *A* бути коротшою, ніж тінь стовпа *B*, якщо джерелом світла є: а) сонце; б) ліхтар? Зробіть схематичні рисунки, що пояснюють вашу відповідь.
- 5.41.** Два фотокореспонденти, які перебувають у 3 м від берега річки, одночасно фотографують баржу завдовжки 100 м, що пропливає по річці на відстані 60 м від берега. Знімки вийшли невдалими: на одному з них дерево, що стоїть біля води, закриває ніс баржі, а на іншому — корму. На якій відстані один від одного перебували фотокореспонденти?
-  **5.42.** **Камера-обскура.** Світло потрапляє до кімнати тільки крізь маленький отвір у віконниці. При цьому на стіні напроти вікна видно перевернутий краєвид за вікном. Поясніть це явище за допомогою рисунка.
- ?** **5.43.** Як буде змінюватися зображення в камері-обскуру (див. попередню задачу), якщо діаметр отвору збільшувати?
- 5.44*.** **Дослід Фізо.** Світловий пучок проходить крізь вузький проріз між зубцями обертового колеса, відбивається від дзеркала, розташованого на відстані 8,7 см від колеса, і повертається до спостерігача, знову проходячи між зубцями колеса. За якої мінімальної частоти обертання колеса спостерігач не побачить відбите світло, якщо загальна кількість зубців дорівнює 720?
- 5.45*.** Під час повторення досліду Фізо (див. попередню задачу) частоту обертання колеса поступово збільшують. Після першого зникнення відбите світло з'являється і знову зникає. Наступна *поява* відбитого світла відбувається, коли частота обертання колеса становить 30 c^{-1} . На якій відстані від колеса розташоване дзеркало, якщо кількість зубців на колесі дорівнює 540?

Задачі для допитливих

- ? 5.46. Якщо зробити одну з поверхонь скла шорсткою, скло стане матовим: через нього добре проходить світло, але не можна майже нічого побачити. Проте якщо покласти матове скло шорсткою поверхнею на сторінку книжки, воно не заважатиме прочитати текст. Поясніть, чому так відбувається.
- ? 5.47. Під деревом, укритим густим листям, у сонячний день можна бачити на землі світлі плями. Як вони утворюються? Від чого залежать їх розміри?
- ? 5.48. Тінь від олівця, освітленого настільною лампою, падає на стіл. Опишіть, як змінюватимуться розмір і вигляд тіні в міру переміщення олівця від лампи до столу. Поясніть ці зміни, зробивши схематичні рисунки ходу променів для двох положень олівця. Перевірте своє розв'язання дослідом.
- 5.49. Перед будівлею (див. рисунок) треба розмістити ліхтар так, щоб точка 1 потрапила в тінь, а точки 2, 3 вночі були освітлені. Повторіть у зошиті цей рисунок і покажіть ділянку можливого розміщення ліхтаря.

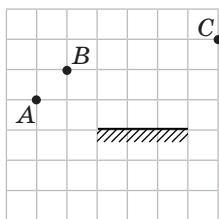


6. ВІДБИВАННЯ СВІТЛА. ДЗЕРКАЛА

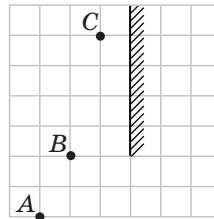
1-й рівень складності

- ? 6.1. Чому ми можемо бачити тіла, які не випромінюють світла?
- ? 6.2. Які з небесних тіл, що можна побачити на нічному небі, не випромінюють світла? Завдяки чому їх можна побачити?

- ?** 6.3. Чи є дзеркальним відбивання світла від більшості предметів, що оточують нас?
- ?** 6.4. Які тіла відбивають світло дзеркально?
- ?** 6.5. Які тіла майже не відбивають світла?
- 6.6. У тропіках сонячні промені можуть бути вертикальними. Який кут падіння таких променів на поверхню води в озера?
- 6.7.** Кут падіння променя на дзеркальну поверхню дорівнює 25° . Чому дорівнює кут відбивання цього променя?
- 6.8.** Кут відбивання променя від плоского дзеркала дорівнює 35° . Чому дорівнює кут падіння цього променя?
- ?** 6.9. Поясніть за допомогою рисунка, як утворюється зображення в плоскому дзеркалі. Чому це зображення називають уявним?
- 6.10. Дівчинка стоїть на відстані 1 м від вертикального плоского дзеркала. На якій відстані від дзеркала міститься її зображення?
- 6.11.** Побудуйте зображення світних точок A, B, C в плоскому дзеркалі (див. рисунок).
- 6.12.** Побудуйте зображення світних точок A, B, C в плоскому дзеркалі (див. рисунок).



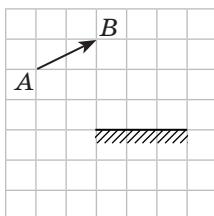
До задачі 6.11



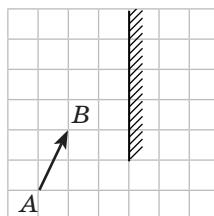
До задачі 6.12

- 6.13.** Побудуйте зображення предмета AB в плоскому дзеркалі (див. рисунок).

- 6.14.** Побудуйте зображення предмета AB в плоскому дзеркалі (див. рисунок).



До задачі 6.13

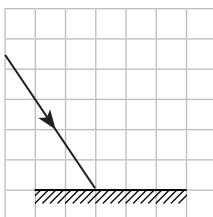


До задачі 6.14

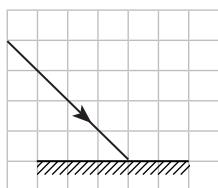
2-й рівень складності

- ?** **6.15.** Розгляньте відбивання світла від таких тіл: а) плоске дзеркало; б) білий папір; в) чорний папір. Чим відрізняється відбивання світла в цих випадках?
- ?** **6.16.** Чи можна було б побачити поверхню ідеального дзеркала?
- ?** **6.17.** Чому пучок світла від ліхтарика добре видно в заповненому повітрі?
- ?** **6.18.** Чому вдень вікна будинків ззовні здаються темними?
- ?** **6.19.** Чому вночі у світлі фар автомобіля калюжа на асфальті здається водію темною плямою?
- 6.20.** Кут падіння променя на дзеркальну поверхню дорівнює 40° . Чому дорівнює кут між падаючим та відбитим променями?
- 6.21.** Кут між падаючим променем і дзеркальною поверхнею дорівнює 50° . Чому дорівнює кут між падаючим та відбитим променями?
- 6.22.** Кут між відбитим променем і дзеркальною поверхнею дорівнює 30° . Чому дорівнює кут падіння?
- 6.23.** Кут між падаючим та відбитим променями дорівнює 46° . Чому дорівнює кут падіння променя на дзеркальну поверхню?

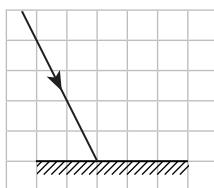
- 6.24.** На рисунку показано світловий промінь, що падає на плоске дзеркало. Накресліть у своєму зошиті цей рисунок. Побудуйте та виміряйте за допомогою транспортира кут падіння. Чому дорівнює кут відбивання? Побудуйте відбитий промінь.



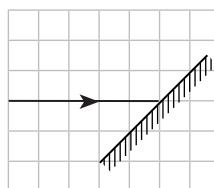
- 6.25.** У випадках *a*–*в* на рисунку показано світлові промені, що падають на плоскі дзеркала. Накресліть у своєму зошиті цей рисунок. Побудуйте та виміряйте за допомогою транспортира кути падіння. Чому дорівнюють кути відбивання? Побудуйте відбиті промені.



a

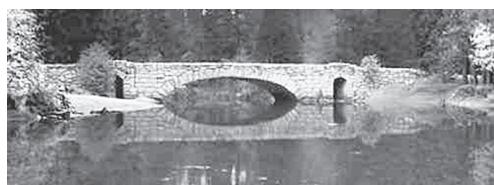


b

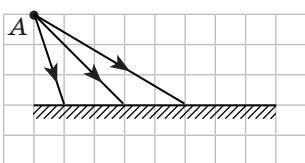


c

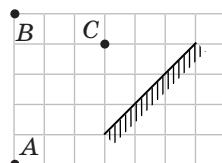
- 6.26.** Плоске дзеркало повернули так, що кут падіння світлового променя на нього збільшився від 30° до 40° . Визначте кут повороту відбитого променя.
- 6.27.** На який кут треба повернути плоске дзеркало, щоб відбитий від нього пучок світла змінив напрям на 30° ?
- 6.28.** Висота моста над водою 5 м. Яка відстань між поверхнею моста та її зображенням у водному дзеркалі (див. рисунок)?



- 6.29.** На якій відстані від вертикального плоского дзеркала ви маєте стати, щоб бачити своє зображення на відстані 1,5 м від себе?
- 6.30.** Камінець падає у воду, рухаючись зі швидкістю 5 м/с. Куди та з якою швидкістю рухається зображення камінця у водному дзеркалі?
- 6.31.** Світлові промені від лампи A падають на плоске дзеркало (див. рисунок). Не вимірюючи кутів, накресліть відбиті від дзеркала промені.
- 6.32.** Побудуйте зображення світних точок A , B , C в плоскому дзеркалі (див. рисунок).



До задачі 6.31



До задачі 6.32

- 6.33.** Визначте побудовою, з яких точок можна побачити в дзеркалі зображення точки B (див. рисунок до задачі 6.11).
- 6.34.** Визначте побудовою, з яких точок можна побачити в дзеркалі зображення точки C (див. рисунок до задачі 6.11).
- 6.35.** Визначте побудовою, з яких точок можна побачити в дзеркалі зображення точки B (див. рисунок до задачі 6.12).
- 6.36.** Визначте побудовою, з яких точок можна побачити в дзеркалі зображення предмета AB (див. рисунок до задачі 6.13).
- 6.37.** Визначте побудовою, з яких точок можна побачити в дзеркалі зображення предмета AB (див. рисунок до задачі 6.14).
- ? 6.38.** Рекламні написи над входом до магазину відбиваються в дзеркальній вітрині на протилежному боці вулиці. Які з наведених літер не змінюють свого вигляду внаслідок відбивання: А, Б, В, Д, Е, Ж, И, К, Л, М, Н, О, П, С, Т, У, Ф, Х?

? **6.39.** Складіть слова, які не змінююватимуться внаслідок відбивання (див. попередню задачу).

6.40*. За відомою легендою, Архімед підпалив римські судна, застосувавши сонячні промені. Для цього він «склав» велике дзеркало з близкучих щитів воїнів. Якої форми він мав надати цьому дзеркалу? Як треба було врахувати відстань до ворожих суден?

3-й рівень складності

? **6.41.** Яким є відбивання світла від кіноекрана: дзеркальним чи розсіяним? Обґрунтуйте свою відповідь.

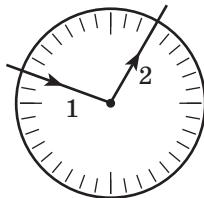
? **6.42.** Тіло практично не відбиває світла. Чи можемо ми його побачити?

⌚ **6.43.** Уранці сонячні променіпадають під кутом 10° до горизонту. Як треба розмістити плоске дзеркало, щоб відбиті промені освітили дно глибокої криниці?

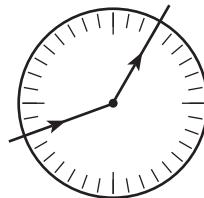
6.44. Хлопчик освітив сонячним зайчиком дно глибокої криниці, тримаючи дзеркальце під кутом 60° до горизонту. Під яким кутом до горизонтупадають сонячні промені?

6.45. У центрі оптичного диска (приладу для демонстрації світлових явищ) міститься плоске дзеркало. На рисунку показано світловий промінь 1, що падає на дзеркало, і відбитий промінь 2. Накресліть рисунок у зошиті та зобразіть на ньому площину дзеркала.

6.46. Як розташована площа дзеркала, від якого відбивається світловий промінь (див. рисунок)?



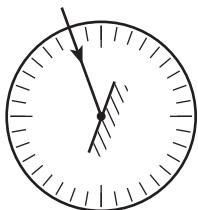
До задачі 6.45



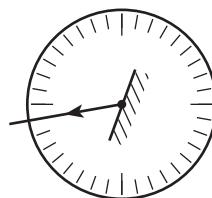
До задачі 6.46

6.47. Накресліть напрям відбитого променя (див. рисунок).

6.48. На рисунку показано дзеркало та відбитий від нього світловий промінь. Накресліть напрям променя, що падає на дзеркало.



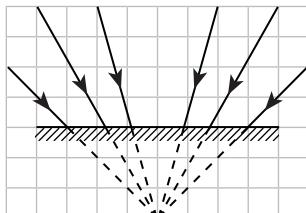
До задачі 6.47



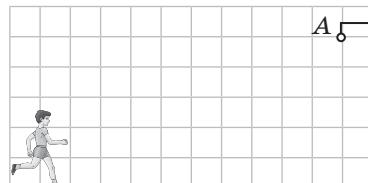
До задачі 6.48

6.49. На плоске дзеркало падає збіжний пучок світла (див. рисунок). Накресліть рисунок у зошиті та покажіть хід променів після відбивання від дзеркала.

6.50. Сашко бачить у невеликій калюжі зображення ліхтаря A (див. рисунок). Де саме розташована ця калюжа? Накресліть хід променів, які після відбивання потрапляють в очі хлопчику.

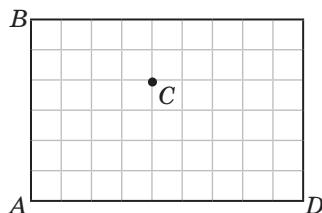


До задачі 6.49

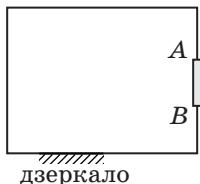


До задачі 6.50

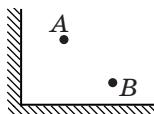
6.51. Де треба повісити на стінку AB невелике плоске дзеркало, щоб із точки C можна було побачити в ньому кут кімнати D (див. рисунок)? Накресліть хід променів.



- 6.52.** Два вертикальні плоскі дзеркала розташовані на двох сусідніх стінках кімнати. На одне з них падає горизонтальний промінь світла, який після відбивання падає на інше дзеркало. Як зміниться напрям поширення світла після відбивання від двох дзеркал?
- 6.53.** Розсіяне сонячне світло потрапляє в кімнату через вікно AB й освітлює стіни кімнати (див. рисунок). Світло, що відбилося від дзеркала, також освітлює стіни кімнати. Укажіть на рисунку ті ділянки стіни, що мають таке «додаткове» освітлення.
- 6.54.** Визначте побудовою, куди має йти світловий промінь із точки A (див. рисунок), щоб після двох відбивань він потрапив у точку B .



До задачі 6.53



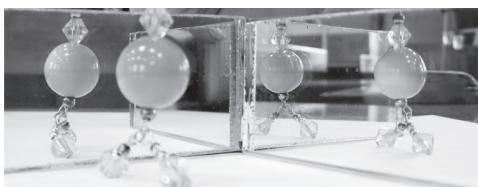
До задачі 6.54

Задачі для допитливих

- ?** **6.55.** Чому ввечері, увімкнувши в кімнаті світло, ви можете бачити власне зображення у віконному склі, а вдень у ясну погоду це неможливо?
- ?** **6.56.** Поясніть утворення зображень тіла, яке розташоване між двома дзеркалами (див. рисунок): а) паралельними; б) перпендикулярними. Побудуйте утворені зображення.



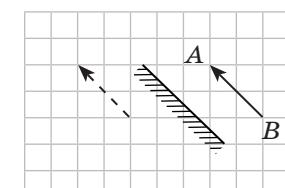
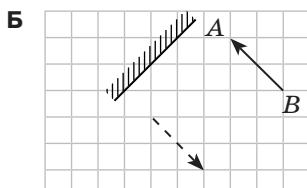
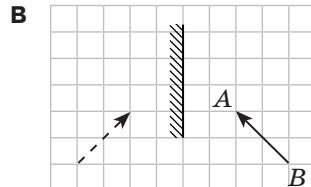
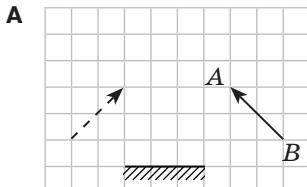
a



б

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

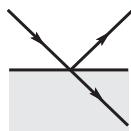
1. Коли світловий промінь падає на білий аркуш паперу, спостерігається:
- A** повне поглинання **B** розсіяне відбивання
Б дзеркальне відбивання **Г** поглинання більшої частини світла
2. Якщо кут падіння променя на плоске дзеркало дорівнює 35° , то кут між відбитим променем і площиною дзеркала становить:
- A** 35° **B** 55° **В** 70° **Г** 110°
3. Зображення предмета в плоскому дзеркалі є:
- A** дійсним **B** збільшеним
Б уявним **Г** зменшеним
4. Коли свічку, розташовану на відстані 30 см від плоского дзеркала, перемістили на 20 см ближче до дзеркала, її зображення в дзеркалі:
- A** збільшилося в 3 рази
Б перемістилося на 10 см ближче до дзеркала
В збільшилося в 9 разів
Г перемістилося на 20 см ближче до дзеркала
5. Кут між сонячними променями та горизонтальною площиною дорівнює 38° . Під яким кутом до горизонту треба розташувати плоске дзеркало, щоб освітити сонячним зайчиком дно глибокого колодязя?
- A** 19° **B** 38° **В** 52° **Г** 64°
6. Виберіть рисунок, на якому правильно показано зображення предмета AB в плоскому дзеркалі.



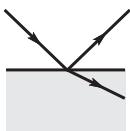
7. ЗАЛОМЛЕННЯ СВІТЛА. ДИСПЕРСІЯ СВІТЛА. КОЛЬОРИ

1-й рівень складності

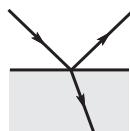
- ? 7.1. Світловий промінь, що перейшов із повітря у воду, зазнав заломлення. Порівняйте кути падіння та заломлення променя.
- ? 7.2. Світловий промінь, що перейшов із повітря в скло, зазнав заломлення. Порівняйте кути падіння та заломлення променя.
- ? 7.3. Світловий промінь, що перейшов із води в повітря, зазнав заломлення. Порівняйте кути падіння та заломлення променя.
- ? 7.4. Коли світловий промінь падає з повітря на поверхню скла, він зазнає відбивання та заломлення. У якому з випадків *a–г* на рисунку правильно показано відбитий і заломлений промені?



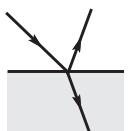
a



b

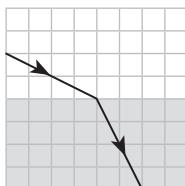


c

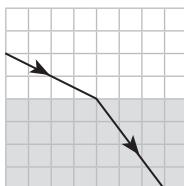


d

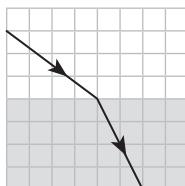
- 7.5. У випадках *a–г* на рисунку показано промені, які зазнали заломлення. Зробіть цей рисунок у зошиті та позначте на ньому кути падіння та заломлення променів. Виміряйте ці кути.



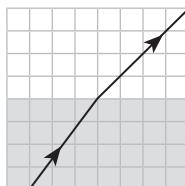
a



b



c



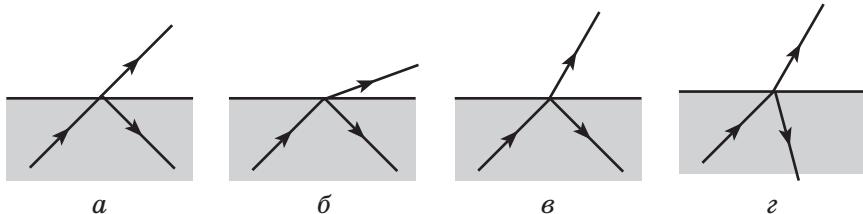
d

- 7.6.** Кут падіння променя з повітря на поверхню рідини дорівнює 30° , а кут заломлення — 25° . Визначте показник заломлення рідини.
- 7.7.** Кут падіння променя з повітря на поверхню прозорої пластмаси дорівнює 45° , а кут заломлення — 30° . Визначте показник заломлення пластмаси.
- ? 7.8.** На екрані спостерігається спектр білого світла (див. рис. 1 на звороті обкладинки). Що буде видно на екрані, якщо світло пропустити крізь зелений світлофільтр? червоний світлофільтр? обидва світлофільтри, складені разом?
- ? 7.9.** Чи відбиватиметься червоне світло від зеленої поверхні? від білої?
- ? 7.10.** Чи відбиватиметься зелене світло від зеленої поверхні? від червоної?
- ? 7.11.** Чи відбиватиметься синє світло від зеленої поверхні? від чорної?
- ? 7.12.** Чи відбиватиметься червоне світло від червоної поверхні? від синьої?
- ? 7.13.** Якого кольору може бути поверхня, якщо від неї добре відбивається синє світло?
- ? 7.14.** Якого кольору може бути поверхня, якщо від неї добре відбивається червоне світло?
- ? 7.15.** Якого кольору може бути поверхня, якщо від неї добре відбивається зелене світло?
- ? 7.16.** Якого кольору мають бути поверхні, щоб світло відбивалося від них, як показано у випадках *a–e* на рис. 2 (див. зворот обкладинки)?

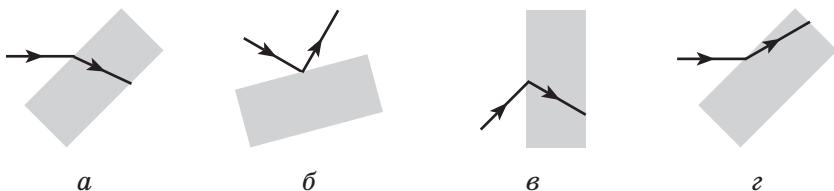
2-й рівень складності

- ? 7.17.** Чи може світловий промінь перейти з одного середовища в інше, не змінивши свого напряму?

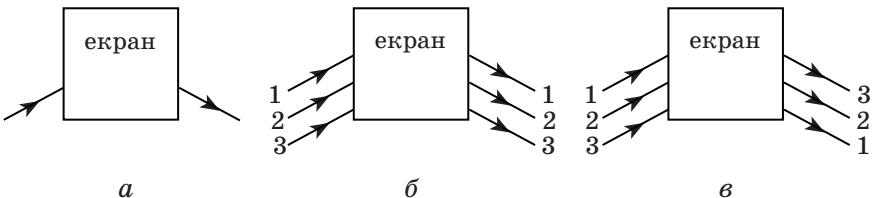
- ? 7.18. Світловий промінь, що падає знизу на поверхню води, зазнає відбивання та заломлення. У якому з випадків *а*–*г* на рисунку правильно показано відбитий і заломлений промені?



- ? 7.19. У якому з випадків *а*–*г* на рисунку правильно показано хід світлового променя, що зазнав заломлення, падаючи з повітря на поверхню прозорого матеріалу?



- 7.20. Визначте показник заломлення нижнього середовища (див. задачу 7.5, випадки *а*, *б*), якщо над ним розташоване повітря.
- ? 7.21. Що може бути сховано за непрозорим екраном, якщо світлові промені змінюють напрям, як показано для випадків *а*–*в* на рисунку?



- 7.22. Визначте швидкість світла у воді.

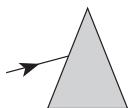
- 7.23. Визначте швидкість світла в бензені.

- 7.24.** Світловий промінь переходить із повітря в прозору рідину. Якщо кут падіння променя дорівнює 45° , кут заломлення становить 30° . На який кут відхиляється промінь від початкового напряму? Знайдіть показник заломлення рідини.
- 7.25.** Кут падіння вузького пучка світла на поверхню рідини дорівнює 60° , а кут заломлення — 45° . Знайдіть показник заломлення рідини. Під яким кутом до горизонту слід розмістити в рідині плоске дзеркало, щоб відбитий пучок повернувся до джерела світла?
- 7.26.** Світло переходить із середовища, де його швидкість дорівнює $2,6 \cdot 10^8$ м/с, у середовище, де швидкість світла становить $2 \cdot 10^8$ м/с. Визначте кут заломлення променя, якщо кут падіння дорівнює 50° .
- 7.27.** Накресліть приблизно подальший хід світлового променя, який падає під кутом 45° на поверхню скляної пластиинки. Часткове відбивання променя не врахуйте.
- ? 7.28.** Біле світло після проходження крізь призму утворює спектр. Із цього спектра виділяють зелене світло та ще раз пропускають крізь таку саму призму (див. рис. 3 на звороті обкладинки). Яких змін зазнає зелене світло після проходження крізь другу призму?
- ? 7.29.** Пізно ввечері юні фізики розважаються, спрямовуючи на білу стіну кімнати світло від ліхтариків (один пучок світла пропускають через червоний світлофільтр, другий — через зелений, третій — через синій). Як буде забарвлена ділянка стіни, освітлена двома з трьох пучків? усіма пучками?
- ? 7.30.** За якого освітлення червоний напис на білому аркуші буде майже невидимим? Що буде видно, якщо освітити напис зеленою лампою?
- ? 7.31.** Яким сприйматиметься синій напис на жовтому аркуші за жовтого освітлення? за зеленого освітлення?

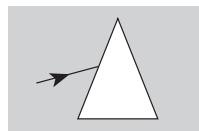
- ? 7.32.** Яким сприйматиметься зелений напис на червоно-му аркуші за синього освітлення? за зеленого освітлення?
- ? 7.33.** Який напис буде видно на аркуші паперу (див. рис. 4 на звороті обкладинки) за зеленого освітлення? за червоного освітлення?

3-й рівень складності

- 7.34.** Під яким кутом має падати промінь на межу поділу скло — вода, щоб кут між відбитим і заломленим променями був прямим?
- 7.35.** Накресліть (приблизно) подальший хід світлового променя, який падає на бічну поверхню скляної призми (див. рисунок).
- 7.36.** Накресліть (приблизно) подальший хід світлового променя, який падає на бічну поверхню «повітряної призми» у воді (див. рисунок).

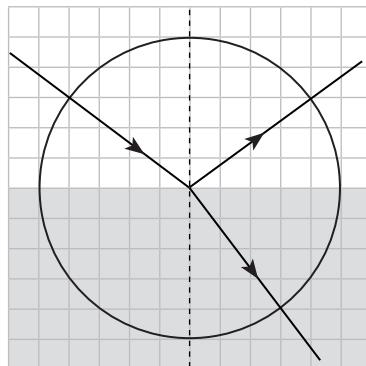


До задачі 7.35

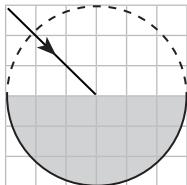


До задачі 7.36

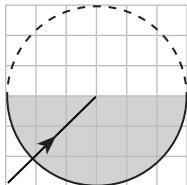
- 7.37.** Знайдіть за рисунком показник заломлення середовища, до якого переходить світло з вакууму. Чи правильно зображено відбитий промінь?



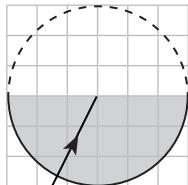
- 7.38.** Для кожного з випадків *a*–*г* на рисунку побудуйте подальший хід світлового променя, який падає на поверхню скляного півциліндра. Покажіть як відбиті, так і заломлені промені (якщо вони є).



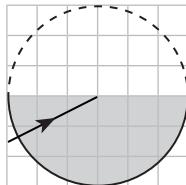
a



б



в



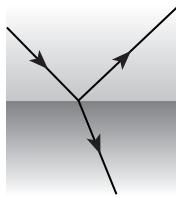
г

- ? 7.39.** Чому в ясну погоду рано-вранці відбиті від поверхні спокійної води сонячне світло сліпить очі, а вдень — ні?

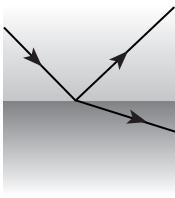
- ? 7.40.** Чому в ясну погоду рано-вранці під водою ще темно, хоча сонце вже піднялося?

- ? 7.41.** Коли дивишся зверху на воду, її глибина здається меншою, ніж справжня. Поясніть за допомогою рисунка, чому.

- ? 7.42*.** У якому з випадків *a*, *б* на рисунку після збільшення кута падіння можна спостерігати *повне* відбивання світла?



а



б

- ? 7.43.** На скляну призму падають два паралельних промені — червоний і синій. Чи залишаться ці промені паралельними після виходу з призми? Зробіть схематичний рисунок, покажіть хід променів.

- ? 7.44.** На скляну призму падають два паралельних промені — зелений і жовтий. Чи залишаться ці промені паралельними після виходу з призми? Зробіть схематичний рисунок, покажіть хід променів.
- 7.45.** Яке світло — жовте чи фіолетове — швидше поширюється в склі?
- 7.46.** Яке світло — синє чи оранжеве — швидше поширюється в склі?
- 7.47.** Поясніть походження зеленого кольору: а) трави за сонячного освітлення; б) фігурки, що з'являються на світлофорі, коли дозволено переходити вулицю; в) скла, крізь яке ви дивитеся на сонце.
- ? 7.48.** Коли на неосвітлену стіну падає пучок зеленого світла, на стіні видно зелену пляму. Як може виглядати ця стіна за білого освітлення?
- ? 7.49.** Коли на неосвітлену стіну падає пучок червоного світла, на стіні видно червону пляму. Як може виглядати ця стіна за зеленого освітлення?
- ? 7.50.** Коли на неосвітлену стіну падає пучок синього світла, на стіні видно синю пляму. Як може виглядати ця стіна за жовтого освітлення?
- 7.51.** Поясніть, чому під час проходження крізь призму широкого пучка світла забарвлення виникає *тільки* біля його країв.

Задачі для допитливих

- ? 7.52.** Чому скляна кулька в чистій воді стає майже невидимою, а діамант добре видно у воді?
- ? 7.53.** У кінотеатрах для демонстрації кінофільмів зазвичай використовують так звані дугові лампи — світло в них випромінює газ, температура якого близько 6000°C . Такі джерела світла досить дорогі. Які ж основні переваги дугових ламп перед іншими джерелами світла?

- ? 7.54. Чи дійсно будь-який колір можна отримати, змішуючи червоне, зелене та синє світло?

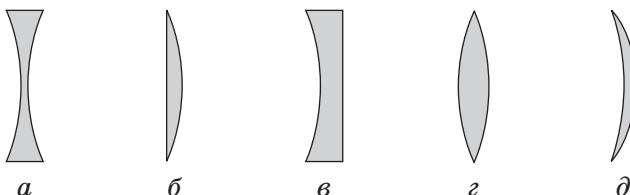
ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Промінь, що падає з повітря під кутом 30° до поверхні рідини, після заломлення відхиляється від початкового напряму на 15° . Показник заломлення рідини дорівнює:
A 1,22 **B** 1,38 **C** 1,45 **D** 1,65
- Кут падіння променя з повітря на поверхню прозорої пластинки дорівнює 45° , а кут заломлення — $20,7^\circ$. Швидкість світла в цій пластинці становить:
A 250 000 км/с **B** 200 000 км/с
C 220 000 км/с **D** 150 000 км/с
- Швидкість світла в середовищі 1 дорівнює 250 000 км/с, а в середовищі 2 — 180 000 км/с. Кут падіння променя із середовища 1 на межу поділу із середовищем 2 дорівнює 60° . Кут заломлення становить:
A 28° **B** 33° **C** 39° **D** 45°
- Світловий промінь, що падає з повітря на поверхню рідини, перпендикулярний до відбитого променя. Кут між відбитим і заломленим променями дорівнює 105° . Показник заломлення рідини дорівнює:
A 1,3 **B** 1,4 **C** 1,5 **D** 1,6
- Червоне світло відбивається тільки від:
A червоної поверхні
B зеленої поверхні
C червоної та білої поверхонь
D зеленої та білої поверхонь
- Виберіть перелік, де кольори розташовано в порядку збільшення швидкості відповідного випромінювання в склі:
A червоний, зелений, синій
B червоний, синій, зелений
C синій, зелений, червоний
D синій, червоний, зелений

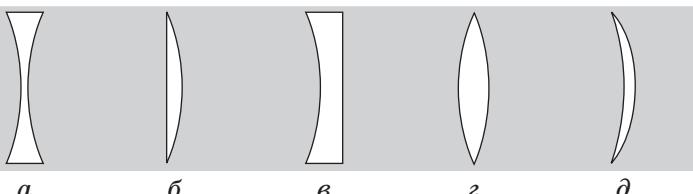
8. ЛІНЗИ. ФОРМУЛА ТОНКОЇ ЛІНЗИ

1-й рівень складності

? **8.1.** На рисунку показано скляні лінзи, розташовані в повітрі. Які з цих лінз є збиральними?



? **8.2.** На рисунку показано повітряні лінзи (порожнини) у склі. Які з цих лінз є збиральними?



? **8.3.** Чим відрізняється уявне зображення від дійсного?

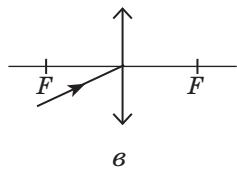
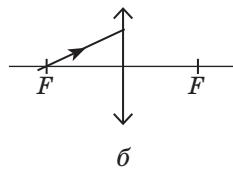
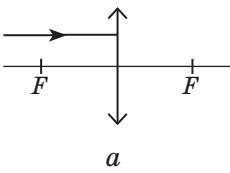
8.4. Яку оптичну силу має збиральна лінза, фокусна відстань якої дорівнює 40 см?

8.5. Яку оптичну силу має збиральна лінза, фокусна відстань якої дорівнює 12,5 см?

8.6. Яку оптичну силу має розсіювальна лінза, фокуси якої містяться на відстані 25 см від лінзи?

8.7. Знайдіть фокусні відстані лінз з оптичною силою 2 дптр, 5 дптр, -4 дптр, 8 дптр, -10 дптр.

8.8. Для кожного з випадків а-в на рисунку побудуйте подальший хід променя.



2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Запалену свічку поставили на відстані 25 см від збиральної лінзи з оптичною силою 6 дптр. На стінці спостерігається чітке обернене зображення полум'я свічки. Яка відстань між свічкою та стінкою?

Дано: $d = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$ $D = 6 \text{ дптр}$ $l - ?$	Розв'язання $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{F} = D, \quad \text{звідки}$ $\frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}, \quad f = \frac{d}{Dd - 1}.$
---	--

Відстань між полум'ям і його зображенням (тобто відстань між свічкою та стінкою)

$$l = d + f = d + \frac{d}{Dd - 1} = \frac{Dd^2}{Dd - 1}.$$

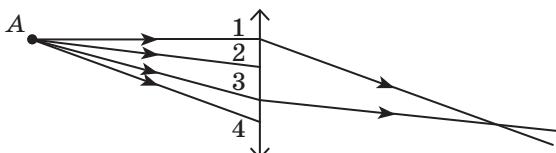
Перевіримо одиниці:

$$[Dd] = \text{дптр} \cdot \text{м} = \frac{\text{м}}{\text{м}} = 1, \quad [l] = \text{м} + \frac{\text{м}}{1} = \text{м}.$$

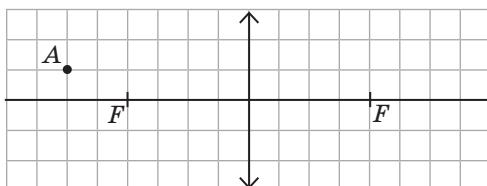
$$\text{Отже, } l = \frac{6 \cdot 0,25^2}{6 \cdot 0,25 - 1} = 0,75 \text{ (м)}.$$

Відповідь: 0,75 м.

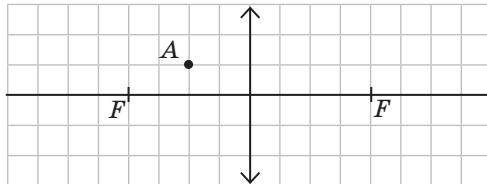
- 8.9.** На рисунку показано промені, що виходять з однієї світлої точки A та проходять крізь збиральну лінзу. Побудуйте подальший хід променів 2 і 4.



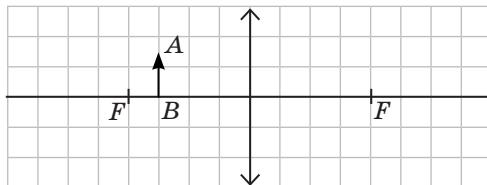
- 8.10.** Побудуйте зображення світлої точки A (див. рисунок). Дійсне це зображення чи уявне?



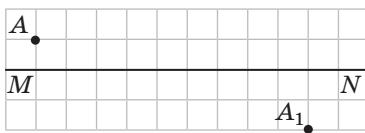
- 8.11.** Побудуйте зображення світної точки A (див. рисунок).
Дійсне це зображення чи уявне?



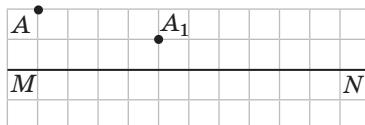
- 8.12.** Побудуйте зображення предмета AB (див. рисунок).
Дайте характеристику цього зображення.



- 8.13.** Для кожного з випадків a , b на рисунку знайдіть побудовою положення оптичного центра лінзи та її фокусів. Яка це лінза — збиральна чи розсіювальна? MN — головна оптична вісь лінзи; A — світла точка; A_1 — її зображення.



a



b

- 8.14.** Яка лінза може давати збільшенні дійсні зображення?
За якої умови? Побудуйте відповідне зображення.

- 8.15.** Яка лінза може давати зменшенні дійсні зображення?
За якої умови? Побудуйте відповідне зображення.

- 8.16.** Яка лінза може давати збільшенні уявні зображення?
За якої умови? Побудуйте відповідне зображення.

- 8.17.** Яка лінза може давати зменшенні уявні зображення?
За якої умови? Побудуйте відповідне зображення.

- 8.18.** Яка лінза може давати збільшенні прямі зображення? За якої умови? Побудуйте відповідне зображення.
- 8.19.** Яка лінза може давати зменшенні обернені зображення? За якої умови? Побудуйте відповідне зображення.
- ? 8.20.** Чи може ввігнута лінза бути збиральною? Поясніть свою відповідь.
- ? 8.21.** Як за допомогою сонячних променів визначити фокусну відстань збиральної лінзи?
- 8.22.** Якщо розмістити збиральну лінзу на відстані 8 см від стіни, на ній можна бачити обернене зображення вікна на протилежній стіні та гілки дерева за вікном. Яка фокусна відстань лінзи?
- ? 8.23.** Сонячного дня хлопчик намагається використати збиральну лінзу як запалювальне скло. Яке зображення Сонця він отримує (дійсне чи уявне)?
- ? 8.24.** Чому влітку не можна поливати овочі на городі опівдні?
- 8.25.** Збиральну лінзу з фокусною відстанню F розмістили на відстані $4F$ від лампи. На якій відстані від лінзи треба розмістити екран, щоб отримати на ньому зображення лампи? Дайте характеристику зображення. Розв'яжіть задачу, використовуючи формулу тонкої лінзи.
- 8.26.** Запалену свічку поставили на відстані 30 см від збиральної лінзи з фокусною відстанню 10 см. На якій відстані від лінзи треба розмістити екран, щоб отримати на ньому зображення полум'я свічки? Дайте характеристику зображення. Розв'яжіть задачу, використовуючи формулу тонкої лінзи.
- 8.27.** Збиральну лінзу з фокусною відстанню 30 см тримають на відстані 45 см від яскраво освітленої картини. На якій відстані від лінзи треба розмістити екран, щоб на ньому було зображення картини? Дайте характеристику зображення. Розв'яжіть задачу, використовуючи формулу тонкої лінзи.

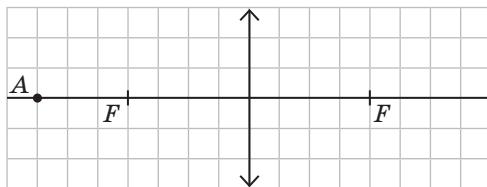
- 8.28.** Розв'яжіть задачу 8.25, побудувавши хід світлових променів. Порівняйте отримані відповіді.
- 8.29.** Розв'яжіть задачу 8.26, побудувавши хід світлових променів. Порівняйте отримані відповіді.
- 8.30.** Розв'яжіть задачу 8.27, побудувавши хід світлових променів. Порівняйте отримані відповіді.
- 8.31.** Запалена свічка розташована на відстані 60 см від збиральної лінзи. Яка фокусна відстань лінзи, якщо дійсне зображення лампи міститься на відстані 30 см від лінзи?
- 8.32.** Лампа розташована на відстані 20 см від збиральної лінзи. Яка оптична сила лінзи, якщо дійсне зображення лампи міститься на відстані 25 см від лінзи?
- 8.33.** Лампа розташована на відстані 60 см від стіни. Якщо збиральну лінзу поставити посередині між лампою та стіною, вона дає на стіні зображення лампи. Яка оптична сила лінзи?
- 8.34.** Побудуйте в зручному масштабі зображення предмета, що розташований на відстані 10 см від збиральної лінзи з оптичною силою 5 дптр. Дайте характеристику зображення. Перевірте, чи виконується в цьому випадку формула тонкої лінзи.
- 8.35.** Побудуйте в зручному масштабі зображення предмета, що розташований на відстані 20 см від розсіювальної лінзи з оптичною силою -5 дптр. Дайте характеристику зображення. Перевірте, чи виконується в цьому випадку формула тонкої лінзи.

3-й рівень складності

- 8.36.** Фокуси розсіювальної лінзи містяться на відстані 12 см від неї. Зображення предмета міститься на відстані 9 см від лінзи. Визначте відстань від предмета до лінзи.

- 8.37.** Лінза з оптичною силою -10 дптр дає зображення предмета, зменшене вдвічі. Визначте відстань між лінзою та предметом.

-  **8.38.** Побудуйте зображення світної точки A (див. рисунок), що міститься на головній оптичній осі збиральної лінзи.

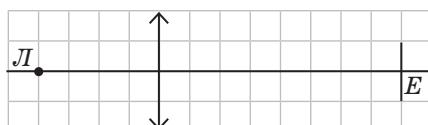


-  **8.39.** Збиральна лінза створює на екрані зображення освітленого предмета. Як зміниться це зображення, якщо закрити нижню половину лінзи?

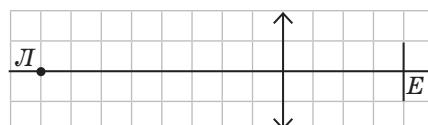
- 8.40.** Оптична сила лінзи $2,5$ дптр. На якій відстані від неї треба розмістити лампу та екран, щоб отримане на екрані зображення було такого ж розміру, як сама лампа?

- 8.41.** Фокусна відстань збиральної лінзи дорівнює 20 см. На якій відстані від лінзи слід розташувати предмет заввишки 2 см, щоб отримати: а) дійсне зображення заввишки 4 см; б) дійсне зображення заввишки 1 см; в) уявне зображення заввишки 4 см?

- 8.42.** Лінзу переміщують між нерухомими лампою L та екраном E . На екрані утворюється зображення лампи при двох положеннях лінзи (див. рисунок, випадки a , b). Чим відрізняються ці зображення? Яка фокусна відстань лінзи, якщо відстань між лініями сітки 6 см?



a



b

- 8.43.** Відстань від лінзи до предмета становить 40 см, а до уявного зображення цього предмета — 20 см. Яка це лінза — збиральна чи розсіювальна? Знайдіть її оптичну силу. Побудуйте в зручному масштабі хід світлових променів, що утворюють зображення.
- 8.44.** Чи може чітка кругла тінь від кульки мати діаметр менший, ніж діаметр кульки? Зробіть схематичний рисунок, що пояснює вашу відповідь.

Задачі для допитливих

- 8.45.** Відстань між лампою та стіною дорівнює 75 см. Збиральна лінза, головна оптична вісь якої перпендикулярна до стіни, дає на стіні зображення лампи. Якщо перемістити лінзу, можна отримати на стіні друге зображення лампи, висота якого в 4 рази більша, ніж висота першого зображення. Визначте оптичну силу лінзи.
- 8.46.** Відстань між лампою та стіною дорівнює 2,4 м. Збиральна лінза, головна оптична вісь якої перпендикулярна до стіни, дає на стіні зображення лампи. Якщо перемістити лінзу на 1,2 м, вона теж дає на стіні зображення лампи. Визначте фокусну відстань лінзи.
- 8.47.** Лампа висить на висоті 2,4 м. Якщо розмістити під нею збиральну лінзу, можна отримати на підлозі збільшене або зменшене зображення лампи. Яка фокусна відстань лінзи, якщо розміри цих зображень відрізняються в 9 разів?
- 8.48.** Побудуйте зображення похилої стрілки AB , середина якої розташована у фокусі збиральної лінзи (див. рисунок).



ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Промінь, який проходить крізь лінзу, не змінює напряму за умови, що він:
 - A паралельний головній оптичній осі лінзи
 - B проходить через фокус лінзи
 - C проходить через оптичний центр лінзи
 - D не перетинає головну оптичну вісь лінзи
2. Оптична сила лінзи дорівнює -4 дптр. Яка це лінза та якою є відстань між її фокусами?

A збиральна, 25 см	B розсіювальна, 4 м
B розсіювальна, 50 см	G розсіювальна, 25 см
3. Лінза з оптичною силою 10 дптр дає дійсне зменшене зображення предмета. Відстань між предметом і лінзою може дорівнювати:

A 5 см	B 10 см	C 15 см	D 25 см
--------	---------	---------	---------
4. Збиральна лінза дає уявне зображення предмета, розташованого на відстані 20 см від неї. Ця лінза може мати оптичну силу:

A 3 дптр	B 6 дптр	C 9 дптр	D 12 дптр
----------	----------	----------	-----------
5. Палаюча свічка розташована на головній оптичній осі збиральної лінзи з фокусною відстанню 15 см. Відстань між свічкою та лінзою становить 60 см. Зображення полум'я свічки:

A збільшене в 4 рази	B збільшене в 5 разів
B зменшене в 3 рази	G зменшене в 4 рази
6. Лінза з оптичною силою 2 дптр дає дійсне зображення лампи, збільшене у 2 рази. Відстань між лампою та лінзою дорівнює:

A 60 см	B 75 см	C 1 м	D 1,5 м
---------	---------	-------	---------

9. ОКО ТА ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ

1-й рівень складності

- ? 9.1. На якому «екрані» створює зображення наше око? Яке це зображення: дійсне чи уявне? збільшене чи зменшене?

- ? 9.2.** Дійсне чи уявне зображення створює об'єктив фотоапарата на фотоплівці? Пряме чи обернене це зображення?
- ? 9.3.** Дійсне чи уявне зображення створює об'єктив проекційного апарату на екрані? Пряме чи обернене це зображення?
- ? 9.4.** Кришталик людського ока може змінювати свою кривизну. Для чого це потрібно?
- ? 9.5.** Яка вада зору в людини, якщо в її оці промені від далеких предметів перетинаються *перед* сітківкою?
- ? 9.6.** Яка вада зору в людини, якщо в її оці промені від далеких предметів не перетинаються (перетинаються *за* сітківкою лише їх продовження)?
- ? 9.7.** Яку ваду зору виправляють окуляри зі збиральними лінзами?
- ? 9.8.** Яку ваду зору виправляють окуляри з розсіювальними лінзами?
- ? 9.9.** Найпростіший мікроскоп можна виготовити з двох лінз. З яких саме?
- ? 9.10.** Найпростіший телескоп можна виготовити з двох лінз. З яких саме?

2-й рівень складності

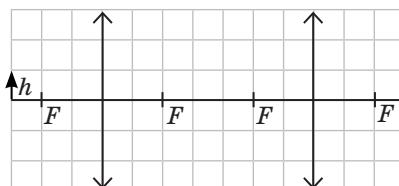
- 9.11.** У якому випадку фокусна відстань кришталика ока більша: коли ви читаєте книжку чи коли розглядаєте рекламу на вулиці?
- 9.12.** Марійка користується окулярами з оптичною силою +2 дптр. Яка фокусна відстань лінз у цих окулярах? Яку ваду зору вони виправляють?
- 9.13.** Бабуся користується окулярами з оптичною силою +4 дптр. Яка фокусна відстань лінз у цих окулярах? Яку ваду зору вони виправляють?

- 9.14.** Лікар рекомендував Сергію носити окуляри з оптичною силою -1 дптр. Яку ваду зору він знайшов у хлопчика? Яка фокусна відстань лінз прописаних окулярів?
- ?** **9.15.** Чому плівку пропускають перед об'єктивом кінопротектора так, щоб зображення на ній були розташовані «догори ногами»?
- ?** **9.16.** Чи правильно, що лупа дає збільшене та наближене до ока зображення предмета?
- 9.17.** Кутове збільшення лупи дорівнює 8. Визначте фокусну відстань і оптичну силу лупи.
- 9.18.** Кутове збільшення лупи дорівнює 5. Визначте фокусну відстань і оптичну силу лупи.
- 9.19.** Накресліть хід променів у найпростішому перископі.
- ?** **9.20.** Від чого залежить час, на який треба відкривати затвор фотоапарата під час фотографування?
- ?** **9.21.** Яке зображення дає мікроскоп: дійсне чи уявне? пряме чи обернене?
- ?** **9.22.** Яке зображення дає об'єктив мікроскопа: дійсне чи уявне? пряме чи обернене? збільшене чи зменшене?

3-й рівень складності

- 9.23.** Чому, розплющуючи очі під водою, ми бачимо розміті обриси предметів?
- ?** **9.24.** Чому всі зорі на нічному небі здаються нам білими? Адже астрономи знають, що серед зір є і жовті, і червоні, і голубі.
- 9.25.** На якій відстані від очей треба розмістити плоске дзеркальце, щоб якнайкращє роздивитися своє обличчя без напруження очей?
- 9.26.** Хлопець стоїть на відстані 17 м від будівлі заввишки 6 м. Яка висота зображення цієї будівлі на сітківці його ока? Уважайте, що око є тонкою лінзою з фокусною відстанню 17 мм.

- 9.27.** На фотографічній плівці зображення стовпа заввишки 5 м має висоту 10 мм. Яка фокусна відстань об'єктива, якщо фотограф знімав стовп із відстані 15 м?
- 9.28.** Микола читає підручник, тримаючи його на відстані 15 см від очей. Які окуляри йому потрібні, щоб він читав, тримаючи книжку на відстані найкращого зору? Яке зображення даватимуть ці окуляри: дійсне чи уявне? збільшене чи зменшене?
- 9.29.** Ніна читає журнал, тримаючи його на відстані 33 см від очей. Які окуляри їй потрібні, щоб читати, тримаючи журнал на відстані найкращого зору? Яке зображення даватимуть ці окуляри: дійсне чи уявне? збільшене чи зменшене?
- ? 9.30.** Турист, що заблукав у лісі, зумів розпалити багаття без сірників: він використав сонячні промені та власні окуляри. Яка вада зору в цього туриста?
- 9.31.** Дві збиральні лінзи з фокусними відстанями $F_1=20$ см і $F_2=30$ см розташовані на відстані 1 м одна від одної, і їхні головні оптичні осі збігаються. На якій відстані перед першою лінзою слід розташувати точкове джерело світла, щоб отримати його зображення за другою лінзою на відстані 60 см?
- 9.32.** Юний винахідник спробував зробити мікроскоп із двох однакових збиральних лінз із фокусною відстанню F . Він розмістив ці лінзи на відстані $3,5F$ одна від одної (див. рисунок), а предмет заввишки h — на відстані $1,5F$ від першої лінзи (об'єктива). Визначте розмір зображення, отриманого за допомогою цього саморобного мікроскопа. Пряме це зображення чи обернене?



- 9.33.** Учень виготовив модель мікроскопа з двох збиральних лінз із фокусними відстанями 5 см. Предмет розташований перед об'єктивом на відстані 5,5 см від нього. Визначте збільшення, яке дає мікроскоп, і відстань між об'єктивом і окуляром.
- ? 9.34.** Чи дає телескоп збільшенні зображення зір на нічному небі?
- ? 9.35.** Які переваги дає телескоп під час спостережень дуже далеких зір?
- 9.36.** Визначте кутове збільшення телескопа, якщо фокусна відстань його об'єктива дорівнює 2 м, а фокусна відстань окуляра — 4 см.

10. СИЛА СВІТЛА І ОСВІТЛЕНІСТЬ*

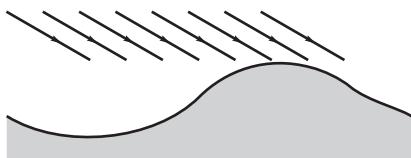
1-й рівень складності

- 10.1*.** Що таке світловий потік?
- 10.2*.** Що характеризує сила світла?
- 10.3*.** Яка одиниця сили світла в СІ?
- 10.4*.** Що таке освітленість?
- 10.5*.** Яка одиниця освітленості в СІ?
- ? 10.6*.** Як зміниться освітленість аркуша паперу, якщо перемістити його далі від лампи?

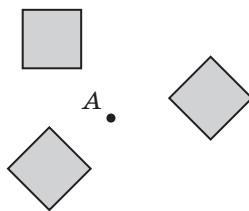
2-й рівень складності

- 10.7*.** Який світловий потік падає на сторінку блокнота розміром 6×10 см за освітленості 30 лк?
- 10.8*.** Сила світла від точкового джерела світла дорівнює 180 кд. Яка освітленість підлоги під цим джерелом, яке міститься на висоті 3 м?
- 10.9*.** Невелика лампа, що дає силу світла 180 кд, розташована в 50 см від стіни. Яка освітленість стіни напроти лампи?

- 10.10***. Лампа, що висить на висоті 2,75 м від підлоги, дає силу світла 160 кд. Яка освітленість поверхні учнівського стола, що стоїть під самою лампою? Висота стола 75 см.
- 10.11***. Щоб збільшити освітленість робочих місць учнів, у кабінеті з високою стелею подовжили підвіси ламп. Унаслідок цього висота ламп над підлогою зменшилась від 3,3 до 2,8 м. У скільки разів збільшилась освітленість поверхні учнівських столів? Уважайте, що кожний стіл має висоту 80 см та освітлюється лампою, що висить над ним.
- 10.12***. Освітленість поверхні учнівського стола має бути не меншою ніж 300 лк. Яка сила світла для цього необхідна, якщо висота лампи над поверхнею стола 2 м?
- 10.13***. Освітленість підлоги спортивної залі має бути не менше ніж 200 лк. Якою має бути сила світла лампи, щоб вона забезпечила таку освітленість хоча б у найближчій точці підлоги? Лампа розташована на висоті 4 м.
- 10.14***. Коридор уночі освітлений одною лампою, яка висить на висоті 2,5 м. Яка сила світла цієї лампи, якщо освітленість підлоги під нею 40 лк?
- 10.15***. Сила світла вуличного ліхтаря дорівнює 500 кд. На якій висоті розташований ліхтар, якщо освітленість тротуару під ним 20 лк?
- 10.16***. Ліхтар із силою світла 800 кд розташований на висоті 5 м, а ліхтар із силою світла 500 кд — на висоті 4 м. Під яким із цих ліхтарів освітленість дороги більша? на скільки відсотків?
- ? 10.17***. У ясний день сонячні променіпадають під кутом до горизонту (див. рисунок). На якій ділянці поверхні землі вони створюють найбільшу освітленість?



- ? 10.18*.** Уночі будівельний майданчик освітлений одним ліхтарем A (див. рисунок, вигляд згори). Освітленість якої з вертикальних стінок є найбільшою?



- ? 10.19*.** Вертикальний пучок світла падає на горизонтальний аркуш паперу. У скільки разів зміниться освітленість аркуша, якщо нахилити його під кутом 45° до горизонту? під кутом 60° ?
- ? 10.20*.** Людина пізно ввечері намагається прочитати записану адресу при свіtlі повного Місяця. Як треба розташувати аркуш паперу з адресою?

3-й рівень складності

- ? 10.21*.** Чи правильно, що в січні Земля перебуває на більшій відстані від Сонця, ніж у липні?
- ? 10.22*.** Потужність випромінювання від джерел червоного, синього та зеленого світла однакова. Яке з цих джерел світла утворює найбільший світловий потік?
- 10.23*.** Маленька лампочка, сила світла якої 500 кд, висить над центром зали на висоті 4 м. Визначте освітленість точки підлоги на відстані 3 м від центра зали за відсутності інших джерел світла.
- 10.24*.** Сила світла ліхтаря, розташованого на висоті 5 м над дорогою, дорівнює 4400 кд. Визначте освітленість поверхні дороги на відстані 12 м від ліхтарного стовпа, коли ліхтар є єдиним джерелом світла.
- 10.25*.** На висоті 3 м світять дві однакові лампи. Відстань між ними дорівнює 6 м. Порівняйте освітленість підлоги в точці A під однією з ламп і в точці B , рівновіддаленій від ламп.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Зображення на сітківці ока:
 - А уявне, пряме
 - Б дійсне, обернене
 - В дійсне, пряме
 - Г уявне, обернене
2. Зображення, отримане за допомогою мікроскопа, є:
 - А збільшеним, прямим, дійсним
 - Б збільшеним, прямим, уявним
 - В збільшеним, оберненим, уявним
 - Г збільшеним, оберненим, дійсним
3. Бабуся читає без окулярів, тримаючи газету на відстані 50 см від очей. Який у неї дефект зору та які лінзи мають бути в її окулярах?
 - А далекозорість, збиральні лінзи
 - Б далекозорість, розсіювальні лінзи
 - В короткозорість, розсіювальні лінзи
 - Г короткозорість, збиральні лінзи
4. Кутове збільшення лупи дорівнює 4. Визначте фокусну відстань і оптичну силу лупи.
 - А 40 см; 2,5 дптр
 - Б 6,25 см; 16 дптр
 - В 25 см; 4 дптр
 - Г 4 м; 0,25 дптр
5. Сила світла точкового джерела дорівнює 600 кд. Аркуш паперу розташований на відстані 2 м від цього джерела світла. Максимально можлива освітленість аркуша дорівнює:

А 1200 лк	В 150 лк
Б 300 лк	Г 75 лк
6. Освітленість поверхні стола дорівнює 40 лк, розмір цієї поверхні 60×100 см. На поверхню столападає світловий потік:

А 4 лм	В 40 лм
Б 24 лм	Г 240 лм

РОЗДІЛ 3. МЕХАНІЧНІ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ

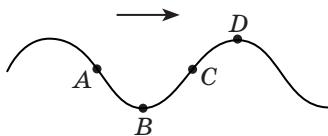
11. МЕХАНІЧНІ ХВИЛІ. ЗВУК

1-й рівень складності

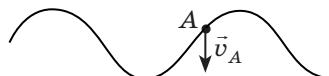
- ? 11.1.** Які тіла можуть бути джерелами звуку?
- ? 11.2.** Чому під час польоту комара або джмеля виникає звук?
- ? 11.3.** Чи можуть звуки поширюватись у вакуумі?
- ? 11.4.** У деяких голлівудських фантастичних фільмах космічні бої супроводжуються жахливим гуркотом. Чи міг би він виникати насправді?
- ? 11.5.** Чи можна на Землі почути гуркіт від падіння метеорита на Місяць?
- ? 11.6.** По гітарній струні вдарили спочатку слабо, а потім сильно. Чому гучність звуку в другому випадку помітно більша?
- ? 11.7.** Спостерігач почув звук артилерійського пострілу через 6 с після того, як побачив спалах. На якій відстані від спостерігача розташована гармата?
- 11.8.** Під час грози гуркіт грому було почуто через 8 с після спалаху блискавки. На якій відстані йде гроза?
- 11.9.** Звук луни дійшов до хлопчика, який вигукнув «Агов!» біля розвалин стародавнього замку, за півсекунди. На якій відстані від стіни замку перебуває хлопчик?
- 11.10.** На якій відстані від стрімкої скелі перебуває людина, якщо, пlesнувшись в долоні, вона через 1 с почула луну від оплеску?

2-й рівень складності

- ? 11.11. Які з наведених тверджень є правильними: а) хвилі переносять енергію; б) хвилі переносять речовину; в) джерелами хвиль є тіла, що коливаються?
- ? 11.12. Які з наведених властивостей характерні для поперечних хвиль: а) ці хвилі являють собою почергові стиснення та розрідження; б) ці хвилі не можуть поширюватись у газах; в) коливання відбуваються перпендикулярно до напряму поширення хвилі?
- ? 11.13. Які з наведених властивостей характерні для поздовжніх хвиль: а) ці хвилі можуть поширюватися тільки в газах; б) частинки середовища під час коливань зміщуються вздовж напряму поширення хвилі; в) ці хвилі являють собою почергові стиснення та розрідження?
- ? 11.14. Які хвилі (поздовжні чи поперечні) виникають: а) у струнах під час гри на гітарі; б) у повітряному стовпі всередині сурми, коли музикант дує в сурму; в) на поверхні води, якщо вдарити по воді долонею?
- ? 11.15. Чому у твердих тілах можуть поширюватися як поперечні, так і поздовжні хвилі?
- ? 11.16. На рисунку показано поперечну хвиллю, що біжить по натягнутій нитці. Як напрямлені швидкості точок A , B , C , D ?
- ? 11.17. У який бік рухається показана на рисунку хвилля?



До задачі 11.16



До задачі 11.17

- 11.18. Яка швидкість морських хвиль, якщо вони піднімають плавучий буй кожні 1,5 с, а відстань між гребенями сусідніх хвиль дорівнює 6 м?

- 11.19.** Човен гойдається на хвилі з частотою 0,5 Гц. Яка швидкість цієї хвилі, якщо відстань між сусідніми гребенями дорівнює 3 м?
- 11.20.** Камертон є джерелом звукових хвиль із частотою 440 Гц. Яка довжина цих звукових хвиль у повітрі? у склі?
- 11.21.** Визначте довжину звукової хвилі з частотою 200 Гц:
а) у повітрі; б) у воді.
- 11.22.** Довжина звукових хвиль, що випромінюються скрипкою, може змінюватися від 23 мм до 1,3 м. Який діапазон частот скрипки?
- 11.23.** Яка швидкість звуку в матеріалі, у якому звукові хвилі з частотою 900 Гц мають довжину хвилі 5 м?
- 11.24.** Яку довжину мають звукові хвилі частотою 1000 Гц у сталі?
- 11.25.** У гірських породах після землетрусу поширюється зі швидкістю 6 км/с сейсмічна звукова хвиля. Чому дорівнює її довжина, якщо частота становить 1,2 Гц?
- 11.26.** Швидкість поширення звукових хвиль в рідині становить 1200 м/с. З якою частотою коливається тіло, яке в цій рідині випромінює звукові хвилі з довжиною хвилі 1,5 м?
- 11.27.** У воді поширюється звукова хвиля з довжиною хвилі 0,5 м. Чи зможе водолаз сприйняти її як звук?
- 11.28.** Спостерігач на березі моря визначив, що відстань між сусідніми гребенями хвиль 8 м. Щохвилини повз нього проходить 24 гребені хвиль. Визначте швидкість поширення хвиль.
- 11.29.** Спостережливий рибалка порахував, що за 15 с поплавок на хвильях здійснив 30 коливань. Рибалка та-кож помітив, що відстань між сусідніми впадинами хвиль дорівнює 1,5 м. Визначте швидкість поширення хвиль на поверхні води.

- 11.30.** Підводний човен сплив на відстані 100 м від берега, викликавши хвилі на поверхні води. Хвилі дійшли до берега за 20 с, причому за наступні 15 с було 30 сплесків хвиль об берег. Яка відстань між гребенями сусідніх хвиль?
- ? 11.31.** В одного з космонавтів, які перебувають у скафандрах на поверхні Місяця, відмовив радіозв'язок. Чи може цей космонавт перемовлятися з товаришами, що стоять поруч? Якщо може, то як саме?
- ? 11.32.** На космічній станції космонавт здійснює вихід у відкритий космос на зовнішню поверхню станції. Чи зможе він передати своїм товаришам усередині станції сигнал про повернення, якщо апаратура радіозв'язку вийшла з ладу?
- ? 11.33.** Чому гуркіт грому триває набагато довше, ніж спалах блискавки?
- ? 11.34.** Якщо вдарити молотком по одному кінці довгої сталевої труби, то біля другого кінця буде чутний *подвійний* удар. Чому?
- ? 11.35.** У герметично закритій довгій трубі створено безповітряний простір. Як відомо, у такому просторі звукові хвилі поширюватися не можуть. Але якщо легенько постукати по одному кінцю труби, то, прикладивши вухо до протилежного кінця, можна почути звуки ударів. Завдяки чому це можливо?
- ? 11.36.** Літак рухається з надзвуковою швидкістю (див. рисунок). Чи чутний у кабіні пілота звук роботи двигуна, що міститься за кабіною?



- ? 11.37.** Як змінюються частота і довжина хвилі звуку під час переходу з повітря у воду?
- ? 11.38.** Чоловіки співають, як правило, низькими голосами, а жінки — високими. Чоловіки чи жінки створюють звукові коливання більшої частоти?
- ? 11.39.** Хто частіше змахує крилами в польоті: джміль чи комар?
- ? 11.40.** Чому комара в польоті чути, а метелика — ні?
- ? 11.41.** Джміль під час польоту гуде набагато басовитіше, ніж бджола. Хто з них частіше змахує крилами?
- ? 11.42.** Скло проводить звукові хвилі значно краще, ніж повітря. Чому ж, зачиняючи вікно, ми набагато послаблюємо вуличний шум, що потрапляє в кімнату?
- ? 11.43.** Чому музика та голоси співаків по-різному звучать у порожній залі й у залі, заповненій публікою?
- ? 11.44.** Чому звучання симфонічного оркестру зовсім різне в концертному залі та на відкритому просторі?
- ? 11.45.** За рахунок чого в католицьких середньовічних храмах хорові співи дуже гарно чутно в усіх куточках зали?
- ? 11.46.** Кажани та дельфіни здатні випромінювати й чути ультразвук. Як це допомагає їм орієнтуватись у повній темряві або мутній воді?
- 11.47.** Кажан за допомогою свого «звуколокатора» вимірює в темності відстань до предметів із точністю до 5 мм. З якою точністю він «вимірює» час між випромінюванням і прийомом ультразвукового сигналу?
- ? 11.48.** Чому такі матеріали, як цегла та вата, мають *водно-час* гарні звукоізоляційні та теплоізоляційні властивості?
- ? 11.49.** Куди «зникає» енергія звукової хвилі, коли звук загасає?

3-й рівень складності

11.50. Довжина хвилі в першому середовищі дорівнює 3 м, а після переходу в друге середовище — збільшується до 5 м. Визначте швидкість поширення хвилі в другому середовищі, якщо її швидкість у першому дорівнює 1500 м/с.

? 11.51. Чи обов'язково більш гучному звуку відповідає більша амплітуда звукової хвилі?

? 11.52. Якщо зануритися в басейн, то звуки, які лунають над водою, стануть ледь чутними. Звук же від струменя води з підводного крана, через який наповнюється басейн, сприйматиметься як гучний. Поясніть це явище.

? 11.53. Біля злітно-посадкових смуг деяких аеропортів або біля автомагістралей можна побачити великі бетонні, пластикові або металеві щити. Вони називаються «шумозахисні екрані». Як вони захищають від шуму?

11.54. Сирену пожежної машини вмикають кожні дві секунди. З якою швидкістю мчить ця машина, якщо спостерігач, до якого вона наближається, чує звуки сирени з інтервалом 1,8 с?

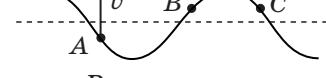
11.55. Літак рухається горизонтально з постійною швидкістю. Коли спостерігач чує, що літак перебуває над ним, він бачить літак під кутом 60° до горизонту. Визначте швидкість літака.

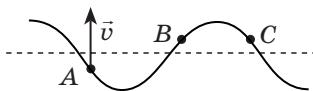
Задачі для допитливих

11.56. В океані на невеликій глибині здійснено вибух. Гідроакустики корабля, що перебуває на відстані 2,25 км від місця вибуху, зафіксували два звукових сигнали, другий через 1 с після першого. Яка глибина океану в цьому районі?

11.57. Літак рухається горизонтально з постійною швидкістю, що перевищує швидкість звуку в повітрі в n разів. Де має перебувати спостерігач, щоб чути звук літака?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Спостерігач почув звук пострілу через 5 с після того, як побачив спалах. Відстань між спостерігачем і місцем пострілу дорівнює:
A 68 м **B** 170 м **C** 1700 м **D** 6800 м
 - Поперечними хвилями можуть бути:
A звукові хвилі в повітрі **B** хвилі в натягнутому шнурі
C звукові хвилі в товщі **D** хвилі стиснення води та розрідження
 - Відстань між найближчими гребенями морських хвиль дорівнює 4 м, а швидкість хвиль — 6 м/с. Частота хвиль становить:
A 0,67 Гц **B** 1,5 Гц **C** 3 Гц **D** 24 Гц
 - Яхта, що стоїть на якорі, протягом 1 хв піднімається на гребінь хвилі 25 разів. Відстань між найближчими гребенями хвиль становить 6 м. Швидкість поширення морських хвиль дорівнює:
A 0,4 м/с **B** 2 м/с **C** 2,5 м/с **D** 15 м/с
 - Під час ремонтних робіт на судні матрос у трюмі зачепив молотком сталевий борт, спричинивши виникнення звуку. Як змінилися характеристики звуку, коли він перейшов із сталевого борту у воду?
A Частота збільшилася, довжина хвилі не змінилася.
B Частота не змінилася, довжина хвилі збільшилася.
C Частота зменшилася, довжина хвилі не змінилася.
D Частота не змінилася, довжина хвилі зменшилася.
 - На рисунку показано напрям швидкості точки A натягнутого шнура, по якому біжить поперечна хвilia. Що можна сказати про швидкості руху точок B i C?

 - A** Швидкість точки B напрямлена вниз, швидкість точки C — угору.
B Швидкість точки B напрямлена вгору, швидкість точки C — униз.
C Швидкості точок B i C напрямлені вниз.
D Швидкості точок B i C напрямлені вгору.



- A** Швидкість точки B напрямлена вниз, швидкість точки C — угору.
 - B** Швидкість точки B напрямлена вгору, швидкість точки C — униз.
 - В** Швидкості точок B і C напрямлені вниз.
 - Г** Швидкості точок B і C напрямлені вгору.

12. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ

1-й рівень складності

- 12.1.** Радіостанція працює на частоті 100 МГц. На яку довжину хвилі має бути настроєний радіоприймач?
- 12.2.** Радіостанція працює на частоті 60 МГц. На яку довжину хвилі треба настроїти радіоприймач?
- 12.3.** Визначте період коливань електромагнітного поля радіохвилі з довжиною хвилі 300 м.
- 12.4.** На якій частоті передають сигнал біди, якщо за міжнародною угодою довжина радіохвилі має бути 600 м?
- 12.5.** Покажчик на шкалі радіоприймача встановлений на позначці 15 м. Яка частота прийнятих радіохвиль?
- 12.6.** Визначте частоту електромагнітної хвилі у вакуумі, якщо довжина цієї хвилі дорівнює 75 нм.
- 12.7.** Визначте частоту електромагнітної хвилі у вакуумі, якщо довжина цієї хвилі дорівнює 6 см.
- 12.8.** За якої частоти електромагнітних коливань радіопередавач випромінює електромагнітні хвилі з довжиною хвилі 45 м?
- 12.9.** Порівняйте частоти рентгенівського та інфрачервоно-го випромінювань.
- 12.10.** Порівняйте частоти радіохвиль і видимого світла.

2-й рівень складності

- ? 12.11.** Який зв'язок існує між електричним і магнітним полями?
- ? 12.12.** У яких випадках електричне поле не спричиняє виникнення магнітного поля? Наведіть приклади.

- ? 12.13.** У яких випадках магнітне поле не спричиняє виникнення електричного поля? Наведіть приклади.
- ? 12.14.** З якою швидкістю передається електромагнітна взаємодія у вакуумі?
- ? 12.15.** Чи потрібне якесь середовище для поширення електромагнітної хвилі?
- ? 12.16.** Поперечними чи поздовжніми є електромагнітні хвилі?
- ? 12.17.** Навіщо передавальні антени телецентрів розташовують на багатометрових вишках?
- ? 12.18.** У вакуумі радіохвилі не поглинаються. Однак чим далі від Землі перебуває міжпланетний космічний апарат, тим більшою має бути потужність радіопередавача для зв'язку з ним. Чому?
- 12.19.** Частота електромагнітної хвилі дорівнює 10^{15} Гц. До якого діапазону належить ця електромагнітна хвиля?
- 12.20.** Частота електромагнітної хвилі дорівнює $5 \cdot 10^8$ Гц. До якого діапазону належить ця електромагнітна хвиля?
- 12.21.** Частота електромагнітної хвилі дорівнює $6 \cdot 10^{17}$ Гц. До якого діапазону належить ця електромагнітна хвиля?
- 12.22.** Визначте довжину електромагнітної хвилі частотою 2 МГц у середовищі, де швидкість хвилі дорівнює $2 \cdot 10^8$ м/с.
- 12.23.** Електромагнітні коливання частотою 1 МГц спричиняють в однорідному середовищі утворення електромагнітних хвиль із довжиною хвилі 250 м. Визначте швидкість хвиль у цьому середовищі.
- ? 12.24.** У скільки разів потрібно змінити частоту електромагнітної хвилі, щоб її довжина зменшилася в 3 рази?
- ? 12.25.** Радіоприймач настроїли на приймання в 4 рази довших хвиль. Як змінився при цьому період хвиль, що приймає радіоприймач?

- ? 12.26.** Частоту електромагнітної хвилі збільшили в 4 рази. Як змінилася довжина хвилі?
- 12.27.** Супутникові телефони передають сигнал через супутник, що «висить» на висоті 36 000 км над Землею. Якою буде мінімальна затримка сигналу під час використання таких телефонів?
- 12.28.** Космічний корабель з екіпажем наблизився до Марса. Через який мінімальний час командир корабля може одержати відповідь на своє запитання, адресоване в Центр керування польотом? Відстань від Землі до Марса під час сеансу зв'язку становить 150 млн км.
- 12.29.** Сигнал радіолокатора повернувся від цілі через 0,4 мс. На якій відстані перебуває ціль?
- ? 12.30.** Чому навіть далека гроза істотно позначається на якості радіозв'язку?
- ? 12.31.** Радіохвиля відбивається від металевого даху. Як при цьому змінюються довжина хвилі та її частота?
- 12.32.** Хто раніше почує голос оперного співака: глядач у першому ряді на відстані 8,5 м від співака чи радіослухач, що сидить у радіоприймача на відстані 750 км від театру?
- 12.33*.** Радіолокатор випромінює високочастотні імпульси тривалістю 10 мкс. Яка найменша дальність виявлення цілі цим радіолокатором?
- 12.34*.** Радіолокатор виявляє цілі, починаючи з відстані 1,2 км. Яка тривалість імпульсів, що випромінюються радіолокатором?
- 12.35*.** Радіолокатор випромінює в секунду 4000 високочастотних імпульсів. Яка найбільша дальність виявлення цілі цим радіолокатором?

- 12.36*.** За якої частоти випромінювання високочастотних імпульсів радіолокатора максимальна дальність виявлення цілі становить 200 км? Дальність виявлення не обмежена потужністю радіолокатора.

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Передавальна антена телекомунікаційного центру розташована на висоті 180 м, а приймальна антена — на висоті 7,2 м. Визначте максимальну відстань від телекомунікаційного центру, на якій можна приймати телепрограми.

Дано:

$$h_1 = 180 \text{ м}$$

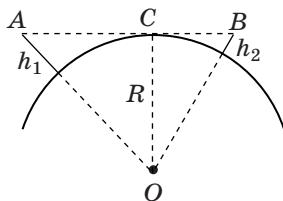
$$h_2 = 7,2 \text{ м}$$

$$R = 6370 \text{ км} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$l = ?$$

Розв'язання

Радіовилі, які застосовують для телетрансляції, поширюються практично прямолінійно. Тому приймання сигналів можливе в межах прямої видимості. На рисунку показано (без дотримання масштабу) ситуацію, що відповідає максимальній дальності.



Скориставшись теоремою Піфагора для прямокутного трикутника ACO , отримаємо: $AC = \sqrt{(R+h_1)^2 - R^2} = \sqrt{h_1(2R+h_1)} \approx \sqrt{2Rh_1}$ (ми врахували, що радіус Землі набагато більший за висоту антени).

Аналогічно отримуємо: $BC \approx \sqrt{2Rh_2}$.

Довжина відрізка AB дотичної до поверхні Землі практично дорівнює шуканій відстані. Отже, $l = AC + BC \approx \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2}$.

Перевіримо одиниці: $[l] = \sqrt{\text{м} \cdot \text{м}} + \sqrt{\text{м} \cdot \text{м}} = \text{м}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$l \approx \sqrt{2 \cdot 6,37 \cdot 10^6 \cdot 180} + \sqrt{2 \cdot 6,37 \cdot 10^6 \cdot 7,2} \approx 5,7 \cdot 10^4 \text{ (м)}.$$

Відповідь: $l \approx 57 \text{ км}$.

- 12.37***. Радіолокатор працює на хвилі 15 см і дає 2000 імпульсів за секунду. Тривалість кожного імпульсу 2 мкс. Скільки коливань містить кожний імпульс і яка найбільша дальність розвідки локатора?
- 12.38***. Скільки коливань міститься в кожному імпульсі радіолокатора, що працює на довжині хвилі 5 см і випускає імпульси тривалістю 1 мкс?
- 12.39.** Скільки електромагнітних коливань відбувається в електромагнітній хвилі з довжиною хвилі 25 см протягом одного періоду звукових коливань із частотою 800 Гц?
- 12.40.** У деякій точці простору індукція магнітного поля електромагнітної хвилі змінюється від нуля до максимального значення за 2 мкс. Чому дорівнює довжина хвилі?
- 12.41.** Довжина радіохвилі у вакуумі дорівнює 60 м. За який час напруженість електричного поля хвилі зменшиться від максимуму до нуля?
- 12.42.** На якій максимальній дальності від телекентру можна приймати телепрограми, якщо висота приймальної антени дорівнює 25 м? Передавальна антена телекентру розташована на висоті 450 м.
- 12.43.** Антена обласного телекентру розташована на висоті 150 м. Якої висоти має бути щогла приймальної антени в селищі, віддаленому від обласного телекентру на 60 км?
- 12.44***. Радіолокатор диспетчерської служби аеропорту перебуває на висоті 75 м над землею. Яка максимальна дальність виявлення цим радіолокатором літаків, що йдуть на посадку на висоті 1100 м? Якою має бути частота випускання імпульсів радіолокатора?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Електромагнітне випромінювання частотою $3 \cdot 10^{13}$ Гц належить до діапазону:
A рентгенівського випромінювання
B ультрафіолетового випромінювання
C видимого світла
D інфрачервоного випромінювання
2. Випромінювання, частота якого в тисячу разів більша за частоту видимого світла, належить до діапазону:
A рентгенівського випромінювання
B ультрафіолетового випромінювання
C видимого світла
D інфрачервоного випромінювання
3. Якщо довжина електромагнітної хвилі у вакуумі дорівнює 200 м, то частота цієї хвилі становить:
A 1,5 МГц **B** 6 ГГц
C 15 МГц **D** 60 ГГц
4. Радіостанція працює в діапазоні частот від 5 до 10 МГц. Цьому діапазону належить радіохвилья, довжина якої становить:
A 15 см **B** 400 м
C 50 м **D** 600 м
- 5*. Радіолокатор дозволяє спостерігати за літаками на відстані до 80 км. Яким може бути проміжок часу між імпульсами радіолокатора?
A 100 мкс **B** 500 мкс
C 300 мкс **D** 700 мкс
6. Радіолокатор випромінює радіохвилі з довжиною хвилі 3 см імпульсами тривалістю по 2 мкс. Кількість коливань електромагнітного поля в кожному імпульсі становить:
A 2000 **B** 20 000
C 15 000 **D** 150 000

РОЗДІЛ 4. ФІЗИКА АТОМА І АТОМНОГО ЯДРА. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ*

13. СУЧАСНА МОДЕЛЬ АТОМА

1-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Визначте склад атома Арсену $^{75}_{33}\text{As}$.

Розв'язання

Нижній індекс у позначенні нукліда $Z=33$ (що відповідає атомному номеру Арсену в періодичній системі елементів) показує кількість протонів у ядрі. Оскільки атом є електрично нейтральним, кількість електронів у ньому дорівнює кількості протонів. Отже, електронів теж 33. Верхній індекс у позначенні нукліда $A=75$ (масове число) показує загальну кількість нуклонів (тобто протонів і нейtronів) у ядрі. Отже, кількість нейtronів у ядрі $N=A-Z=42$.

Відповідь: атом містить 33 протони, 42 нейtronи та 33 електрони.

- ? 13.1.** Яка частинка має більшу масу: протон чи електрон? У скільки разів більшу?
- ? 13.2.** Відомо, що одна з двох частинок — нейtron або електрон — має меншу масу. Яка? У скільки разів?
- ? 13.3.** Опишіть будову атомів Гідрогену, Гелію та Літію.
- ? 13.4.** Масове число ядра дорівнює 16, а зарядове — 8. Скільки в цьому ядрі протонів? нейtronів? нуклонів?
- ? 13.5.** Масове число ядра дорівнює 40, а зарядове — 18. Скільки в цьому ядрі протонів? нейtronів? нуклонів?

* Під час розв'язування задач цього розділу доцільно користуватися періодичною системою хімічних елементів (див. додаток).

- ? 13.6.** Визначте кількість протонів у ядрі атома Силіцію.
- ? 13.7.** Визначте кількість протонів у ядрі атома Неону.
- ? 13.8.** Скільки протонів містить ядро атома Нітрогену?
- ? 13.9.** У ядрі атома хімічного елемента 22 протони і 26 нейтронів. Назвіть цей елемент.
- ? 13.10.** У ядрі атома хімічного елемента 23 протони та 28 нейтронів. Назвіть цей елемент.
- ? 13.11.** Ядро якого елемента містить 14 протонів і 14 нейтронів?
- ? 13.12.** Назвіть хімічний елемент, ядро атома якого містить:
а) 9 протонів; б) 18 протонів; в) 51 протон; г) 94 протони.
- ? 13.13.** Визначте склад ядра атома Цирконію-91.
- ? 13.14.** Скільки протонів і скільки нейтронів входить до складу ядра атома Лантану-139?
- ? 13.15.** Визначте кількість протонів і нейтронів, які входять до складу ядер атомів Магнію-24 і Магнію-26.
- ? 13.16.** Наведіть приклади ядер, що містять однакову кількість протонів і нейтронів.
- ? 13.17.** Визначте кількість протонів, нейтронів і електронів в атомах Карбону-12, Флуору-19, Галію-70, Молібдену-96.
- ? 13.18.** Визначте кількість протонів, нейтронів і електронів в атомах Нітрогену-14, Фосфору-31, Індію-115, Кадмію-112.
- ? 13.19.** Навколо ядра атома рухаються 8 електронів. Скільки протонів містить ядро цього атома?
- ? 13.20.** Чим відрізняються за складом ядра ізотопів Берилію $^{7}_{4}\text{Be}$ і $^{9}_{4}\text{Be}$?
- ? 13.21.** Які сили утримують нуклони в атомному ядрі? намагаються зруйнувати ядро?

? 13.22. Скільки електронів містять атоми Феруму, Купруму, Аргентуму?

? 13.23. Нейтральний атом якого елемента має у своєму складі 34 електрони?

2-й рівень складності

? 13.24. У чому полягала ідея досліду Резерфорда щодо перевірки справедливості моделі атома Томсона?

? 13.25. Чому запропоновану Резерфордом модель атома назвали планетарною?

? 13.26. Чому золоту фольгу в дослідах Резерфорда робили надтонкою?

? 13.27. Для чого Резерфорд використовував екран із цинк сульфату?

? 13.28. За якої умови ядра атомів золота в досліді Резерфорда відкидали назад α -частинки, що налітали на них?

? 13.29. Ядром атома якого хімічного елемента є протон?

? 13.30. Чи обов'язково нуклон має електричний заряд?

? 13.31. Чи існує атомне ядро, заряд якого дорівнює 10^{-19} Кл?

13.32. Кількість яких частинок у ядрі $^{40}_{18}\text{Ar}$ більша: протонів чи нейtronів?

13.33. Визначте заряди ядер атомів хімічних елементів з порядковими номерами 1 і 20.

13.34. Чому дорівнюють заряди ядер атомів Алюмінію та Аргентуму?

13.35. Чому дорівнюють заряди ядер атомів Натрію та Германію?

13.36. Чому дорівнюють заряди ядер атомів Нітрогену та Неону?

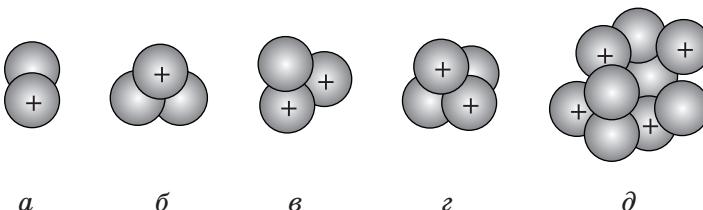
13.37. Заряди ядер атомів хімічних елементів дорівнюють:
а) $4 \cdot 10^{-18}$ Кл; б) $5,6 \cdot 10^{-18}$ Кл; в) $8,8 \cdot 10^{-18}$ Кл. Назвіть ці хімічні елементи.

? 13.38. Чи може одна частинка складати нейтральний атом? Іон? Відповідь поясніть.

? 13.39. Ядром атома якого елемента є протон?

? 13.40. Чому атом Гідрогену та протон мають практично однакові маси? Порівняйте розміри атома Гідрогену та протона.

13.41. На рисунку схематично показано деякі ядра. Запишіть позначення відповідних нуклідів. Які з них належать одному хімічному елементу?



a

б

в

г

д

13.42. Ядро атома Купруму містить 35 нейтронів. Скільки всього частинок у цьому атомі? Назвіть їх.

13.43. Ядро атома Калію містить 20 нейтронів. Скільки всього частинок у цьому атомі? Назвіть їх.

13.44. Де більше електронів: в атомі Алюмінію чи Сульфуру? На скільки?

13.45. Атом якого хімічного елемента містить на 3 електрони більше, ніж атом Калію? на 3 електрони менше?

? 13.46. Ядро атома Урану-235 випроменило нейтрон. Скільки нуклонів залишилося в ядрі атома?

? 13.47. Ядро атома якого елемента утвориться, якщо ядро атома Титану поглинє один протон?

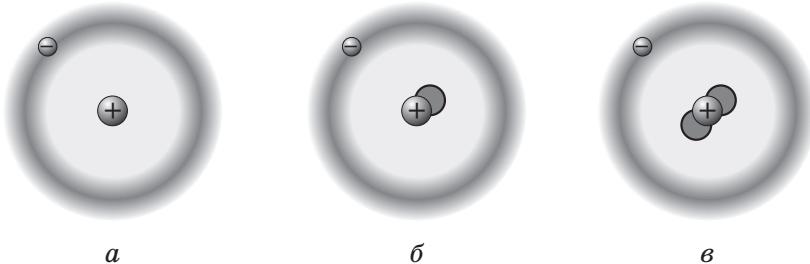
? 13.48. Від ядра атома Барію «відірвали» один протон. Ядро атома якого елемента утворилося?

? 13.49. Ядро якого атома утвориться, якщо ядро атома Ксенону втратить один нейтрон?

- ? 13.50.** У якому з наведених випадків два ядра *обов'язково* належать атомам одного елемента: а) кількість нуклонів у ядрах однакова; б) кількість протонів у ядрах однакова; в) кількість нейтронів у ядрах однакова?
- ? 13.51.** На що перетвориться атом Натрію, якщо він втратить один електрон?
- ? 13.52.** На що перетвориться атом Брому, якщо він приєднає один «додатковий» електрон?
- ? 13.53.** Що можна сказати про співвідношення між кількістю протонів і кількістю електронів у металевій кульці, якщо: а) кулька має позитивний заряд; б) кулька електрично нейтральна; в) кулька має негативний заряд?
- 13.54.** Порівняйте склад ядер атомів двох різних нуклідів: $^{234}_{92}\text{U}$ і $^{234}_{90}\text{Th}$. Що в них спільного і чим вони відрізняються?

3-й рівень складності

- ? 13.55.** Чому в дослідах Резерфорда більшість α -частинок проходила крізь золоту фольгу, практично не відхилившись від початкового напряму руху?
- ? 13.56.** Окрім α -частинки в дослідах Резерфорда досить сильно відхилялися від початкового напряму руху, а деякі з них були відкинуті навіть назад. Чому кількість таких частинок була дуже малою?
- ? 13.57.** На рисунку схематично зображені три нейтральних атоми. Назвіть їх. Чим вони схожі і чим відрізняються?



- 13.58.** Розташуйте перелічені нижче атомні ядра: а) у порядку збільшення масового числа; б) у порядку збільшення заряду ядра; в) у порядку збільшення кількості нейтронів у ядрі.



- 13.59.** Для атома $^{23}_{11}\text{Na}$ визначте: а) зарядове число ядра; б) кількість протонів у ядрі; в) заряд ядра (в елементарних зарядах); г) кількість електронів; д) порядковий номер у періодичній системі елементів; е) масове число ядра; ж) кількість нуклонів у ядрі; з) кількість нейтронів у ядрі.

- 13.60.** У періодичній системі елементів наведено відносну атомну масу Неону: 20,18. Уважайте, що на Землі зустрічаються два стабільних нукліди Неону (насправді кількість стабільних нуклідів більша): Неон-20 і Неон-22. Визначте відсотковий вміст атомів Неону-22.

- 13.61.** У періодичній системі елементів наведено відносну атомну масу Феруму: 55,85. Уважайте, що на Землі зустрічаються два стабільних нукліди Феруму (насправді кількість стабільних нуклідів більша): Ферум-54 і Ферум-56. Визначте відсотковий вміст атомів Феруму-54.

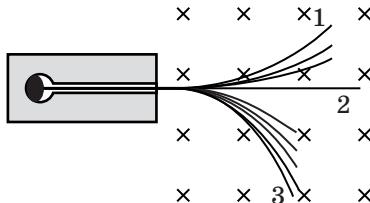
14. РАДІОАКТИВНІСТЬ. ЗАКОН РАДІОАКТИВНОГО РОЗПАДУ

1-й рівень складності

- 14.1.** Як змінюються масове та зарядове числа ядра внаслідок випромінювання α -частинки?
- 14.2.** Як змінюються масове та зарядове числа ядра внаслідок випромінювання β -частинки?
- 14.3.** Чи змінюється хімічна природа елемента внаслідок гамма-випромінювання ядрами його атомів?

? 14.4. Випромінювання радіоактивного препарату, що міститься на дні каналу в шматку свинцю, розщеплюється в однорідному магнітному полі на три пучки (див. рисунок). Чому це відбувається? Який із цих пучків утворений α -частинками? β -частинками? γ -випромінюванням?

? 14.5. Яка частина радіоактивного випромінювання не відхиляється в магнітному полі (див. рисунок)?



До задач 14.4, 14.5

? 14.6. На що перетворюються α -частинки, коли їх поглинає речовина?

? 14.7. Як змінюється кількість атомів радіоактивного препарату з часом?

? 14.8. Як змінюється активність радіоактивного препарату з часом?

14.9. Протягом 1 хв в радіоактивному препараті відбулося 60 млрд розпадів. Визначте активність цього препарату.

14.10. Протягом 5 хв у радіоактивному препараті відбулося 600 млрд розпадів. Визначте активність цього препарату.

14.11*. Чому радіоактивність Урану практично не змінюється протягом кількох років?

14.12*. У скільки разів зменшується кількість атомів радіоактивного елемента за два періоди напіврозпаду? за п'ять періодів напіврозпаду? за десять періодів напіврозпаду?

14.13*. Скільки має минути періодів напіврозпаду, щоб кількість радіоактивних атомів зменшилася в 4 рази?

- 14.14***. Скільки має минути періодів напіврозпаду, щоб кількість радіоактивних атомів зменшилася в 16 разів?

2-й рівень складності

Приклади розв'язування задач

Ядро радіоактивного атома $^{232}_{90}\text{Th}$ перетворилося на ядро атома $^{212}_{83}\text{Bi}$. Скільки α - і β -розділів відбулося під час цього перетворення?

Розв'язання

Унаслідок α -розділу масове число ядра зменшується на 4, а порядковий номер ядра зменшується на 2; унаслідок β -розділу масове число ядра не змінюється, а порядковий номер ядра збільшується на 1. Під час зазначеного в умові перетворення відбулося п'ять α -розділів (масове число зменшилося на 20, тобто 5 разів по 4 одиниці). Унаслідок α -розділів порядковий номер ядра зменшився на 10, загалом же він зменшився тільки на 7. Отже, β -розділи спричинили збільшення порядкового номера на 3. Таким чином, відбулося три β -розділи.

Відповідь: α -розділів відбулося п'ять, а β -розділів — три.

Стала розпаду ядер атомів радіоактивного Торію-229 дорівнює $3 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$. Якою є активність радіоактивного препарату, якщо в ньому міститься $1,5 \cdot 10^{28}$ атомів Торію-229?

Дано:

$$\lambda = 3 \cdot 10^{-12} \text{ с}^{-1}$$

$$N = 1,5 \cdot 10^{28}$$

A — ?

Розв'язання

Скористаємося виразом для активності:

$$A = \lambda N.$$

Перевіримо одиниці: $[A] = \text{с}^{-1} = \text{Бк}$.

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$A = 3 \cdot 10^{-12} \cdot 1,5 \cdot 10^{28} = 4,5 \cdot 10^{16} (\text{Бк}).$$

Відповідь: активність препарату становить $4,5 \cdot 10^{16}$ Бк.

- ? 14.15.** Як поводитиметься стрілка електрометра, якщо всередину його кулі спрямувати β -випромінювання?

- ? 14.16.** Електрометр спочатку зарядили натертою об вовну ебонітовою паличкою, а потім спрямували на кулю електрометра β -випромінювання. Як поводитиметься стрілка приладу?

- ? 14.17.** Чи зміниться відхилення стрілки електрометра (див. попередню задачу), якщо на його кулю спрямувати α -випромінювання?
- 14.18.** У верхніх шарах атмосфери під дією космічних променів утворюється радіоактивний Карбон-14. У який елемент він перетворюється внаслідок β -розпаду? Напишіть рівняння реакції.
- 14.19.** Ядро якого елемента утворилося після β -розпаду ядра атома Радію $^{225}_{88}\text{Ra}$? Напишіть рівняння реакції.
- 14.20.** Ядро якого хімічного елемента утворилося з ядра Ко-балту $^{60}_{27}\text{Co}$ після випускання β -частинки?
- 14.21.** На яке ядро перетворюється ядро Натрію-22 внаслідок β -розпаду?
- 14.22.** Унаслідок якого радіоактивного розпаду Плутоній-239 перетворюється на Уран-235?
- 14.23.** Радіоактивне ядро атома $^{233}_{92}\text{U}$ зазнало α -розпаду. Ядро якого елемента утворилося? Напишіть рівняння реакції.
- 14.24.** Ядро якого елемента утворилося після α -розпаду ядра атома $^{220}_{86}\text{Rn}$? Напишіть рівняння реакції.
- 14.25.** Яке ядро утворюється в результаті α -розпаду ядра Полонію-212?
- 14.26.** Напишіть реакцію α -розпаду ядра Урану-238.
- 14.27.** Ядро $^{216}_{84}\text{Po}$ утворилося після двох послідовних α -розпадів. З якого ядра воно утворилося?
- 14.28.** Визначте масове і зарядове числа нукліда, що вийде з ядра атома Торію $^{232}_{90}\text{Th}$ після трьох α - і двох β -розпадів.
- 14.29.** Ядро радіоактивного атома $^{228}_{88}\text{Ra}$ перетворилося на ядро атома $^{212}_{82}\text{Pb}$. Скільки відбулося α - і β -розпадів під час цього перетворення?

- 14.30.** Ядро радіоактивного атома $^{229}_{90}\text{Th}$ перетворилося на ядро атома $^{209}_{83}\text{Bi}$. Скільки відбулося α - і β -розділів під час цього перетворення?
- 14.31.** Ядро Урану $^{233}_{92}\text{U}$ перетворюється внаслідок радіоактивних розпадів на ядро Бісмуту $^{209}_{83}\text{Bi}$. Скільки відбулося α - і β -розділів під час цього перетворення?
- ? 14.32.** Як за допомогою радіоактивного ізотопу Йоду дослідити функціонування щитоподібної залози?
- ? 14.33.** Як за допомогою радіоактивного ізотопу Фосфору досліджують злойкісні пухлини в організмі людини?
- ? 14.34.** Як γ -випромінювання «допомагає» здійснювати автоматичне регулювання заповнення залізничних вагонів рудою?
- ? 14.35.** На якій властивості γ -променів заснована γ -дефектоскопія?
- ? 14.36.** Як γ -випромінювання використовують під час стерилізації медичних інструментів?
- ? 14.37.** Навіщо продукти харчування після того, як їх пакують у герметичну пластикову тару, опромінюють γ -випромінюванням?
- 14.38*.** Активність препарату Торію на початку досліду становила 1500 Бк. Якою стане активність цього препарату, коли розпадеться 75 % атомів Торію?
- 14.39*.** Якою стане активність препарату Полонію після того, як $\frac{2}{3}$ атомів Полонію розпадуться? Активність препарату на початку досліду була 9600 Бк.
- 14.40*.** Стала розпаду радіоактивного Плутонію-239 дорівнює $9,0 \cdot 10^{-13} \text{ с}^{-1}$. Скільки розпадів відбувається за 1 с в радіоактивному препараті Плутонію-239, якщо в ньому міститься $1,5 \cdot 10^{23}$ атомів?
- 14.41*.** Стала розпаду радіоактивного Торію-230 дорівнює $2,7 \cdot 10^{-13} \text{ с}^{-1}$. Скільки розпадів відбувається за 1 с в радіоактивному препараті Торію-230, якщо в ньому міститься $7,5 \cdot 10^{24}$ атомів?

- 14.42*.** Стала розпаду радіоактивного Урану-235 дорівнює $3,14 \cdot 10^{-17}$ с⁻¹. Скільки атомів Урану-235 міститься в радіоактивному препараті, якщо його активність становить 157 Бк?
- 14.43*.** Стала розпаду радіоактивного Нептунію-237 дорівнює 10^{-14} с⁻¹. Скільки атомів Нептунію-237 міститься в радіоактивному препараті, якщо його активність становить 500 Бк?
- 14.44*.** Період напіврозпаду Йоду-131 дорівнює 8 діб. Скільки відсотків від початкової кількості атомів Йоду-131 залишиться через 24 доби?
- 14.45*.** Період напіврозпаду Цезію-137 дорівнює 30 рокам. Яка частина атомів цього ізотопу залишиться після 180 років?
- 14.46*.** Період напіврозпаду Йоду-131 дорівнює 8 діб. Яка частина атомів цього ізотопу розпадеться за 32 доби?
- 14.47*.** Період напіврозпаду Селену-75 дорівнює 120 діб. Скільки відсотків атомів цього ізотопу розпадеться за 840 діб?
- 14.48*.** Активність радіоактивного елемента зменшилася в 4 рази за 8 діб. Визначте період напіврозпаду.
- 14.49*.** Активність радіоактивного елемента зменшилася у 8 разів за 1,5 год. Визначте період напіврозпаду.
- 14.50*.** Який період напіврозпаду радіоактивного ізотопу, якщо за 12 год у середньому розпадається 7500 атомів із 8000 атомів цього ізотопу?
- 14.51*.** Період напіврозпаду радіоактивного ізотопу дорівнює 20 хв. Через який час у зразку масою 4 г залишиться 500 мг цього радіоактивного ізотопу?
- 14.52*.** Період напіврозпаду Цезію-134 дорівнює 2 роки. За який час кількість цього ізотопу в зразку зменшується у 8000 разів?

14.53*. Стала розпаду Йоду-131 дорівнює приблизно 10^{-6} с⁻¹, а Кобальту-60 — приблизно $4 \cdot 10^{-9}$ с⁻¹. Для якого з цих елементів період напіврозпаду більший? У скільки разів?

14.54*. Проміжок часу, за який кількість радіоактивних атомів Радію-226 скоротилася на чверть, у 53 рази більший за аналогічний проміжок часу для радіоактивних атомів Цезію-137. У якого з цих елементів більша стала радіоактивного розпаду? У скільки разів більша?

3-й рівень складності

? 14.55. Якщо радіоактивне випромінювання пропустити через магнітне поле, то відбудеться розділення протилежно заряджених α - і β -частинок (див. рисунок до задач 14.4 і 14.5). Усередині джерел струму також відбувається розділення протилежних зарядів. Чи можна вважати зображену на рисунку установку джерелом струму?

? 14.56. Дві металеві пластиини помістили на шляху радіоактивного випромінювання в магнітному полі так, що на одну пластину потрапляють α -частинки, а на іншу — β -частинки. Що покаже гальванометр, якщо його з'єднати з пластиинами?

? 14.57. Вік Землі становить 4,5 млрд років. Як існуючі на Землі радіоактивні елементи могли зберегтися дотепер?

∅ 14.58*. Період напіврозпаду Плутонію-238 $T=86$ років. Унаслідок розпаду кожного ядра виділяється енергія $W_0=8,8 \cdot 10^{-13}$ Дж. Скільки енергії виділяється за час $t=24$ год в зразку, що містить $m=10$ мг Плутонію-238?

14.59*. Стала розпаду радіоактивного Плутонію-238 дорівнює $2,6 \cdot 10^{-10}$ с⁻¹. Унаслідок розпаду кожного ядра виділяється енергія $8,8 \cdot 10^{-13}$ Дж. Скільки енергії виділяється щосекунди в зразку, що містить 5 мг цього нукліда? Маса атома Плутонію-238 становить $4 \cdot 10^{-25}$ кг.

14.60*. Два зразки містили в початковий момент однакову кількість радіоактивних атомів. Через добу кількість радіоактивних атомів у першому зразку виявилася у 2 рази більшою, ніж у другому. Знайдіть період напіврозпаду атомів другого зразка, якщо для атомів першого зразка він дорівнює 8 год.

14.61*. Два розчини в початковий момент містили однакову кількість радіоактивних атомів. Період напіврозпаду атомів першого розчину дорівнює 20 хв, а другого розчину — 60 хв. Визначте відношення кількостей радіоактивних атомів у розчинах через 4 год.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Кількості яких частинок в атомі одинакові?
A Протонів і нейtronів **B** Нуклонів і електронів
B Нейtronів і електронів **G** Електронів і протонів
- Атом містить 17 протонів, 17 електронів і 20 нейtronів. Масове число цього атома дорівнює:
A 17 **B** 20 **V** 34 **G** 37
- Унаслідок α -розпаду ядра Радію-226 утворюється ядро нукліда:
A Актиній-224 **B** Францій-222
B Радон-222 **G** Торій-224
- Унаслідок β -розпаду ядра Бісмуту-210 утворюється ядро нукліда:
A Астат-210 **B** Полоній-210
B Плюмбум-211 **G** Полоній-211
- Протягом 2 хв у радіоактивному препараті відбулося 6 млрд розпадів. Активність цього препарату дорівнює:
A $5 \cdot 10^7$ Бк **B** $3 \cdot 10^9$ Бк
B $1,2 \cdot 10^{10}$ Бк **G** $7,2 \cdot 10^{11}$ Бк
- Унаслідок α - і β -розпадів масове число ядра зменшилося на 16, а зарядове — не змінилося. Кількість β -розпадів протягом цього процесу дорівнює:
A 4 **B** 8 **V** 16 **G** 32

15. ЙОНІЗАЦІЙНА ДІЯ РАДІОАКТИВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

1-й рівень складності

- ? 15.1. Чи є на Землі місця, де немає природного радіоактивного фону?
- ? 15.2. Де природний радіоактивний фон вищий: поблизу гранітних кар'єрів чи на поверхні моря?
- ? 15.3. Чому радіоактивне випромінювання є небезпечним для організму? Які види випромінювання є найбільш небезпечними?
- 15.4*. Тіло людини масою 90 кг протягом року поглинуло радіоактивне випромінювання з енергією 0,18 Дж. Визначте поглинуту дозу випромінювання.
- 15.5*. Тіло людини масою 75 кг протягом року поглинуло радіоактивне випромінювання з енергією 0,3 Дж. Визначте поглинуту дозу випромінювання.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

*Після Чорнобильської аварії окремі ділянки електростанції мали радіоактивне забруднення з потужністю поглиненої дози 7,5 Гр/год. За який час перебування людина могла отримати на цих ділянках смертельну експозиційну дозу в 5 Зв? Уважайте, що коефіцієнт якості радіоактивного випромінювання дорівнює 1.

Дано:

$$P_D = 7,5 \frac{\text{Гр}}{\text{год}}$$

$$D = 5 \text{ Зв}$$

$t = ?$

Розв'язання

$$\text{Оскільки } P_D = \frac{D}{t},$$

$$\text{для шуканого часу отримуємо } t = \frac{D}{P_D}.$$

Перевіримо одиниці: $[t] = \frac{3\text{в}}{\text{Гр/год}} = \text{год}.$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$t = \frac{5}{7,5} = \frac{2}{3} (\text{год}).$$

Відповідь: $t = 40 \text{ хв.}$

- ? 15.6.** Як буде змінюватися природний радіоактивний фон у міру підняття на повітряній кулі?
- ? 15.7.** Радіоактивне випромінювання, яке поглинається речовиною, нагріває цю речовину та йонізує її атоми. Нагрівання чи йонізація під впливом поглиненого випромінювання більш небезпечно для живих організмів?
- 15.8*.** Обчисліть поглинену двома літрами води дозу випромінювання, якщо внаслідок поглинання цієї дози вода нагрілася на $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 15.9*.** Яку дозу випромінювання поглинула льодова брила масою 10 кг, якщо внаслідок опромінення вона нагрілася на $0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 15.10*.** На скільки градусів нагріється людське тіло, якщо людина поглине дозу 0,02 Гр? Уважайте, що питома теплоємність людського тіла дорівнює питомій теплоємності води.
- 15.11*.** Алюмінієва пластинка поглинула дозу радіоактивного випромінювання 0,5 Гр. На скільки нагрілася пластинка?

3-й рівень складності

- 15.12*.** Під час роботи з радіоактивними препаратами лаборант піддається опроміненню з потужністю поглиненої дози $0,02\text{ }\mu\text{Гр/с}$. Яку дозу опромінення отримує лаборант упродовж робочої зміни тривалістю 4 год?
- 15.13*.** Поглинена за 2 год доза опромінення становить 4 мГр. Якою є середня потужність поглиненої дози за цей час?
- 15.14*.** Безпечною еквівалентною дозою йонізуючого опромінення вважають 15 мЗв/рік . Якій потужності поглиненої дози для γ -випромінювання це відповідає?
- 15.15*.** Працівник рентгенівської лабораторії отримав за рік еквівалентну дозу йонізуючого опромінення $3,6\text{ мЗв}$. Яка середня потужність поглиненої дози рентгенів-

ського випромінювання в його робочому кабінеті, якщо тривалість роботи з рентгенівським апаратом протягом дня становить 1 год, а кількість робочих днів за рік дорівнює 250?

15.16*. У лабораторії є радіоактивне забруднення з потужністю поглиненої дози 0,25 Гр/год. Якою є тривалість безпечноного перебування в лабораторії? Уважайте, що коефіцієнт якості радіоактивного випромінювання дорівнює 1, а небезпечною є доза 1 мЗв.

15.17*. Під час ліквідації Чорнобильської аварії перебування людини на окремих ділянках протягом 10 с призводило до того, що вона отримувала дозу опромінення 1 Зв. Якою була потужність поглиненої дози на цих ділянках? Уважайте, що коефіцієнт якості радіоактивного випромінювання дорівнює 1.

16. ЯДЕРНІ РЕАКЦІЇ ТА АТОМНА ЕНЕРГЕТИКА

1-й рівень складності

- ? 16.1.** Чому нейтрони проникають у ядра атомів легше, ніж протони?
- ? 16.2.** Чим відрізняється поділ важких ядер від їх α -розпаду?
- ? 16.3.** За яких умов можлива ланцюгова ядерна реакція?
- ? 16.4.** Які частинки обов'язково вилітають разом із ядрами-осколками під час ланцюгової реакції поділу ядер атомів Урану?
- ? 16.5.** Чому ланцюгова ядерна реакція поділу можлива лише за достатньої кількості речовини, яка ділиться?
- ? 16.6.** Яку функцію виконують графіт і вода в ядерних реакторах?
- ? 16.7.** Навіщо в ядерному реакторі застосовують поглиначі нейтронів?

- ? 16.8.** Завдяки чому можливе керування ланцюговою ядерною реакцією?
- ? 16.9.** Які властивості матеріалів, з яких виготовляють регулюючі стрижні ядерного реактора?
- ? 16.10.** Чим відрізняються термоядерні реакції від інших ядерних реакцій?
- ? 16.11.** Чому реакції синтезу легких ядер відбуваються тільки за дуже високої температури?
- ? 16.12.** Де в природі відбуваються термоядерні реакції?
- ? 16.13.** Які ядерні реакції є основним джерелом енергії зір?

2-й рівень складності

- ? 16.14.** Які закони збереження виконуються під час ядерних реакцій?
- 16.15.** Протонами опромінюють алюмінієву мішень. При цьому вилітають α -частинки. У ядра атомів якого елемента перетворюються ядра атомів Алюмінію-27? Напишіть рівняння ядерної реакції.
- 16.16.** Радіоактивний ізотоп Карбону-14 утворюється у верхніх шарах атмосфери під дією космічних променів із ядер атомів Нітрогену-14. Одночасно утворюються ядра атомів Гідрогену-1. Які саме частинки викликають утворення ядер атомів Карбону-14? Напишіть рівняння реакції.
- 16.17.** Якою частинкою треба «обстріляти» ядро атома Літію-7, щоб отримати ядро атома Берилію-8 та нейtron? Напишіть рівняння реакції.
- 16.18.** Нейtron уперше було виділено з ядра атома в результаті бомбардування α -частинками Берилію-9. Запишіть рівняння відповідної ядерної реакції.
- 16.19.** Унаслідок опромінення мішені протонами утворюється Магній-24 і вилітають α -частинки. Запишіть рівняння ядерної реакції, що відбувається.

16.20. Під час опромінення ядрами Дейтерію мішені з Молібдену-95 спостерігається виліт нейтронів. Запишіть рівняння ядерної реакції, що відбувається.

16.21. Під час бомбардування ядер ізотопу Бору-10 нейтронами з ядра, що утворилося, викидається α -частинка. Напишіть рівняння ядерної реакції.

16.22. Допишіть рівняння ядерної реакції: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow ? + {}^3_2\text{He}$.

16.23. Допишіть рівняння ядерної реакції:
 ${}^{27}_{13}\text{Al} + ? \rightarrow {}^{24}_{11}\text{Na} + {}^4_2\text{He}$.

16.24. Допишіть рівняння ядерної реакції:
 ${}^{198}_{80}\text{Hg} + {}^1_0n \rightarrow ? + {}^{198}_{79}\text{Au}$.

16.25. Допишіть рівняння ядерних реакцій:
а) $? + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{22}_{11}\text{Na} + {}^4_2\text{He}$; б) ${}^{27}_{13}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}^{26}_{12}\text{Mg} + ?$

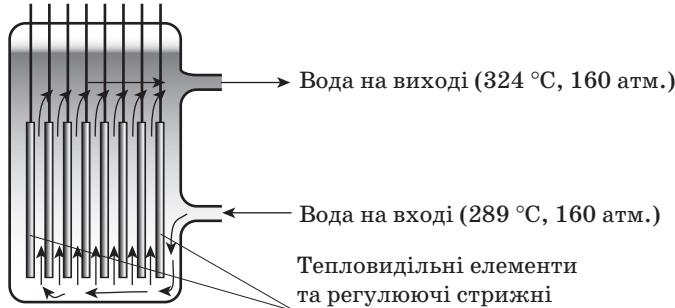
16.26. Унаслідок бомбардування ядер Нітрогену можуть утворюватися ядра атомів інших елементів. Визначте, бомбардування якими частинками спричинило такі ядерні реакції:

а) ${}^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow {}^{11}_5\text{B} + {}^4_2\text{He}$; в) ${}^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow {}^{15}_8\text{O} + \gamma$.
б) ${}^{14}_7\text{N} + ? \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$;

16.27. Ядра яких атомів (позначені через X) беруть участь у реакціях або є їх продуктом:

а) ${}^{211}_{84}\text{Po} + {}^1_0n \rightarrow X + {}^4_2\text{He}$; б) $X + {}^1_0n \rightarrow {}^{198}_{79}\text{Au} + {}^1_1\text{H}$?

? 16.28. Навіщо прокачувати воду через працюючий реактор ядерної електростанції (див. рисунок)?



- ? 16.29.** У якому вигляді виділяється енергія всередині працюочого ядерного реактора?
- ? 16.30.** Чому для здійснення ланцюгової ядерної реакції недостатньо одержати хімічно чистий уран, а необхідно збагатити його ізотопом Урану-235?
- 16.31.** Яка кількість енергії виділиться під час поділу ядер усіх атомів Урану, які містяться в $1,95 \text{ кг}$ урану*?
- 16.32.** Яку масу урану потрібно витратити, щоб під час поділу ядер усіх атомів Урану виділилася енергія $6,2 \cdot 10^{14} \text{ Дж}$?

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Яка маса Урану-235 знадобиться, щоб за рахунок енергії поділу ядер атомів нагріти $10\,000 \text{ т}$ води на 10°C ?

Дано:

$$m_{\text{в}} = 10\,000 \text{ т} = 10^7 \text{ кг}$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$W_0 = 3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$$

$$m_0 = 3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$$

$$c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{U}} = ?$$

Розв'язання

Шукана маса урану $m_{\text{U}} = N m_0$.

Потрібна кількість атомів Урану:

$N = \frac{W}{W_0}$, де $W = c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta t$ — кількість теплоти, необхідна для нагрівання води.

$$\text{Звідси } m_{\text{U}} = \frac{c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta t}{W_0} m_0.$$

Перевіримо одиниці:

$$[m_{\text{U}}] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Дж}} \cdot \text{кг} = \text{кг}.$$

Визначимо числове значення шуканої величини:

$$m_{\text{U}} = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 10^7 \cdot 10}{3,2 \cdot 10^{-11}} \cdot 3,9 \cdot 10^{-25} = 5,1 \cdot 10^{-3} (\text{кг}).$$

Відповідь: $m_{\text{U}} = 5,1 \text{ г}$.

* Тут і надалі вважайте, що внаслідок поділу кожного ядра Урану виділяється енергія $3,2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$, а маса атома Урану-235 дорівнює $3,9 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$.

- ?** 16.33. Чому α -частинки, які випромінюють радіоактивні препарати, не можуть спричинити перетворені ядер важких елементів?
- ?** 16.34. Чому зберігання природного Урану не пов'язане з небезпекою вибуху?
- ?** 16.35. Один-єдиний нейтрон може спричинити в зразку Урану-235 ланцюгову реакцію з виділенням величезної енергії. Звідки може з'явитися нейтрон у цьому зразку?
- ?** 16.36. Чому розпад і поділ важких ядер відбуваються за будь-якої температури, а реакції синтезу легких ядер — тільки за дуже високих температур?
- 16.37. На яку висоту можна підняти кам'яну брилу масою 1000 т, застосовуючи енергію поділу $2,6 \cdot 10^{21}$ атомів Урану-235 (саме стільки атомів містить 1 г Урану-235)?
- 16.38. На скільки градусів можна нагріти 1000 т води за рахунок енергії, що виділяється під час поділу 1 г (тобто $2,6 \cdot 10^{21}$ атомів) Урану-235?
- 16.39. Скільки води можна нагріти від 20 до 100 °C і випарити за рахунок енергії, що виділяється під час поділу 9,4 г Урану-235? Втрати енергії не враховуйте; питома теплота пароутворення води дорівнює 2,3 МДж/кг.
- 16.40. Порівняйте маси кам'яного вугілля та урану, які використовують на тепловій і атомній електростанціях однакової потужності за одинакового ККД протягом доби. Питома теплота згоряння кам'яного вугілля становить 2,7 МДж/кг.
- 16.41. ККД атомної електростанції потужністю 600 МВт дорівнює 28 %. Знайдіть масу ядерного пального (Урану-235), що витрачає електростанція кожної доби.
- 16.42. Знайдіть ККД атомної електростанції потужністю 500 МВт, якщо кожну добу вона витрачає 2,35 кг Урану-235.

- ?** 16.43. У центрі Сонця відбуваються термоядерні реакції. Учені підрахували: щосекунди на Сонці приблизно 600 млн т Гідрогену перетворюється на Гелій. Чому на Землі Гідроген не перетворюється на Гелій?
- 16.44. Яке ядро з однаковою кількістю нейтронів і протонів має радіус в 1,5 разу менший, ніж ядро $^{27}_{13}\text{Al}$? Уважайте ядра атомів однорідними кулями з однаковою густиною.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Ланцюгову реакцію поділу ядер Урану підтримують:
A електрони **B** нейтрони
B протони **G** α -частинки
- Унаслідок бомбардування Літію-7 протонами утворився Берилій-7. Унаслідок цієї реакції вилітали:
A електрони **B** нейтрони
B протони **G** α -частинки
- Унаслідок опромінення α -частинками ядер Берилію-9 утворюються нейтрони та ядра:
A Гелію-4 **B** Нітрогену-14
B Карбону-12 **G** Бору-11
- Визначте (приблизно) енергію, яка виділяється внаслідок поділу 47 г Урану-235:
A $4 \cdot 10^{12}$ Дж **B** $4 \cdot 10^{14}$ Дж
B $4 \cdot 10^{13}$ Дж **G** $4 \cdot 10^{15}$ Дж
- * Унаслідок поглинання радіоактивного випромінювання вода нагрілася на 0,005 °C. Поглинена водою доза випромінювання становить:
A 0,5 Гр **B** 5 Гр
B 2,1 Гр **G** 21 Гр
- Головна властивість матеріалів, з яких виготовляють регулюючі стрижні ядерного реактора, полягає в тому, що вони:
A сповільнюють нейтрони **B** випромінюють нейтрони
B поглинають нейтрони **G** відбивають нейтрони

РОЗДІЛ 5. РУХ І ВЗАЄМОДІЯ. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕХАНІЦІ

17. РІВНОПРИСКОРЕНИЙ РУХ

1-й рівень складності

- ? 17.1.** Куди напрямлене прискорення ліфта перед зупинкою на верхньому поверсі?
- 17.2.** Поїзд, що відходить від станції, набирає швидкості 15 м/с за 150 с . З яким прискоренням він рухається?
- 17.3.** За секунду швидкість прямолінійного рівноприскореного руху тіла збільшилася від $3,5 \text{ м/с}$ до 5 м/с . Визначте прискорення руху тіла.
- 17.4.** Швидкість прямолінійного рівноприскореного руху тіла за 1 с збільшилася від $1,5 \text{ м/с}$ до $3,5 \text{ м/с}$. Куди було напрямлене прискорення тіла? Чому дорівнював модуль прискорення?
- 17.5.** Під час прямолінійного рівноприскореного руху за 2 с швидкість руху тіла зменшилася від 5 м/с до 1 м/с . Куди було напрямлене прискорення тіла? Чому дорівнював модуль прискорення?
- 17.6.** Тіло рухається рівноприскорено без початкової швидкості, його прискорення дорівнює 2 м/с^2 . Визначте швидкість руху тіла через 1 с після початку руху; через 3 с ; через 10 с .
- 17.7.** Тіло, що перебувало в спокої, почало рухатися прямолінійно з постійним прискоренням $1,5 \text{ м/с}^2$. Визначте швидкість руху тіла через $2 \text{ і } 4 \text{ с}$ після початку руху.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Поїзд починає рух зі стану спокою та рухається рівноприскорено. На першому кілометрі шляху швидкість руху поїзда зросла на 10 м/с. На скільки вона зросте на другому кілометрі?

Розв'язання

З формулі для переміщення $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ випливає, що швидкість руху поїзда після проходження первого кілометра $v_1 = \sqrt{2as + v_0^2} = \sqrt{2as}$ (тут $s=1$ км), а після проходження другого кілометра (коли модуль переміщення дорівнює $2s$) отримуємо $v_2 = \sqrt{2a \cdot 2s} = 2\sqrt{as}$.

Отже, $\Delta v_2 = v_2 - v_1 = (\sqrt{2} - 1)\sqrt{2as}$, тобто $\Delta v_2 = (\sqrt{2} - 1)v_1$.

Підставивши числове значення, отримуємо $\Delta v_2 = 4,1$ м/с.

Відповідь: на 4,1 м/с.

- 17.8.** Першу секунду тіло рухається в напрямі осі Ox зі швидкістю 1 м/с, другу секунду — зі швидкістю 2 м/с, третю секунду — зі швидкістю 3 м/с і т. д. Чи є цей рух рівноприскореним? Обґрунтуйте свою відповідь.

- 17.9.** Наприкінці першої секунди руху в напрямі осі Ox тіло набрало швидкості 0,5 м/с, наприкінці другої секунди — швидкості 1 м/с, наприкінці третьої секунди — швидкості 1,5 м/с і т. д. Чи є цей рух обов'язково рівноприскореним? Обґрунтуйте свою відповідь.

- ? 17.10.** Поїзд, що йде на південь, рушає з місця. Біля сусідньої платформи в цей час гальмує поїзд, що йде на північ. Як напрямлені прискорення кожного з поїздів?

- 17.11.** З яким прискоренням рухається автомобіль, що рушає з місця, якщо він набирає швидкості руху 54 км/год за 30 с?

- 17.12.** Визначте модуль прискорення руху поїзда, якщо під час гальмування він протягом 50 с зменшує швидкість руху від 70 до 16 км/год.

- 17.13.** Визначте модуль прискорення руху ракети, якщо під час вертикального старту вона протягом 2 хв набрала швидкості руху 2,4 км/с.
- 17.14.** Через 25 с після початку рівноприскореного руху спідометр вантажного автомобіля показав швидкість руху 36 км/год. З яким прискоренням рухався автомобіль?
- 17.15.** Визначте модуль прискорення автомобіля під час гальмування, якщо за початкової швидкості руху 72 км/год час гальмування до повної зупинки становить 10 с. Запишіть формулу залежності швидкості руху від часу.
- 17.16.** Які з формул описують прямолінійний рівноприскорений рух: а) $v_x = 3 + 2t^2$; б) $v_x = 3 - 2t$; в) $v_x = 5t$; г) $v_x = \frac{3}{2+t}$? Накресліть графіки $v_x(t)$, що відповідають цим формулам.
- 17.17.** Опишіть характер прямолінійних рухів, для яких:
а) $v_x = 2 + 3t$; б) $v_x = 6 - 3t$. Накресліть графіки $v_x(t)$.
- 17.18.** Велосипедист рухається під ухил із прискоренням $0,2 \text{ м/с}^2$. Якою стане швидкість його руху через 10 с, якщо початкова швидкість руху дорівнює 5 м/с?
- 17.19.** Модуль прискорення автомобіля під час гальмування дорівнює $1,2 \text{ м/с}^2$. Якою стане швидкість його руху через 8 с, якщо початкова швидкість руху дорівнює 15 м/с?
- 17.20.** За який час вантажний автомобіль, рухаючись із прискоренням $0,2 \text{ м/с}^2$, збільшить швидкість свого руху від 10 до 20 м/с?
- 17.21.** Під час гальмування модуль прискорення поїзда дійсноював $0,2 \text{ м/с}^2$, а швидкість його руху зменшилася від 18 до 12 м/с. Скільки часу тривало гальмування?
- 17.22.** Який шлях пройде тіло за 5 с, рухаючись зі стану спокою з прискоренням 2 м/с^2 ?

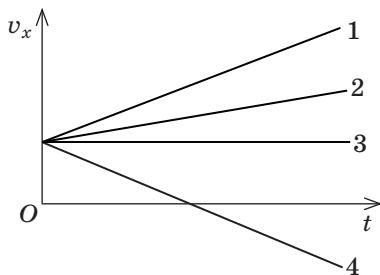
- 17.23.** За який час автомобіль, рухаючись зі стану спокою з прискоренням $0,6 \text{ м/с}^2$, пройде шлях 30 м?
- 17.24.** За першу секунду рівноприскореного руху без початкової швидкості тіло пройшло 5 м. Яку відстань воно пройшло за перші 3 с? за перші 10 с?
- 17.25.** Велосипедист, швидкість руху якого дорівнювала 3 м/с, почав спускатися з гори з прискоренням $0,8 \text{ м/с}^2$. Визначте довжину гори, якщо спуск тривав 6 с.
- 17.26.** Під час прямолінійного рівноприскореного руху за 10 с швидкість руху тіла зменшилася від 20 до 10 м/с. Яке переміщення тіла за цей час? Визначте швидкість руху тіла через 5 с після початку спостереження.
- 17.27.** Куля, що летіла зі швидкістю 400 м/с, пробила стіну завтовшки 20 см, унаслідок чого швидкість руху кулі зменшилася до 100 м/с. Скільки часу рухалася куля в стіні?
- 17.28.** Автомобіль, рухаючись із постійним прискоренням, пройшов за 30 с відстань 450 м і набрав швидкості руху 18 м/с. Визначте початкову швидкість руху автомобіля.
- 17.29.** Під час гальмування модуль прискорення автомобіля дорівнював $1,4 \text{ м/с}^2$, а швидкість його руху зменшилася від 22 до 8 м/с. Який шлях пройшов автомобіль за цей час?
- 17.30.** Під час аварійного гальмування на сухому асфальті автомобіль рухається з прискоренням 8 м/с^2 . Чому дорівнює гальмівний шлях автомобіля за швидкості руху 72 км/год?
- 17.31.** Літак відривається від землі за швидкості руху 216 км/год. З яким прискоренням він має рухатися по злітній смузі, довжина якої 1,2 км?
-  **17.32.** Літак дотикається посадкової смуги за швидкості руху $v_0 = 60 \text{ м/с}$ і зупиняється, пробігши $L = 1800 \text{ м}$. Яка швидкість v руху літака, коли він пробіг по смузі $s = 450 \text{ м}$?

17.33. На злітній смузі завдовжки 1800 м літак набирає швидкості руху 60 м/с. Якої швидкості руху набере літак, пробігши по смузі 450 м?

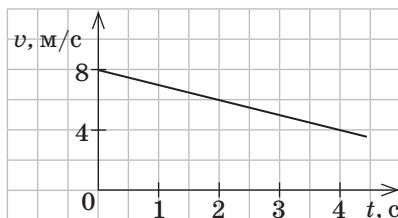
17.34. Візок скочується з похилої площини рівноприскорено. Пройшовши відстань 2 м, він набрав швидкості руху 1 м/с. Яку відстань має пройти візок, щоб набрати швидкості руху 2 м/с?

? 17.35. На рисунку схематично показано графіки $v_x(t)$ руху тіл уздовж осі Ox . Що спільного в усіх цих рухів? Чим вони відрізняються?

17.36. За графіком залежності швидкості руху автомобіля від часу (див. рисунок) визначте початкову швидкість руху та модуль прискорення автомобіля.

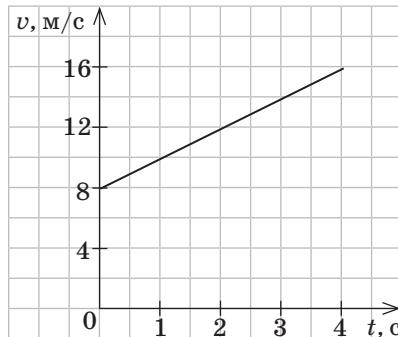


До задачі 17.35

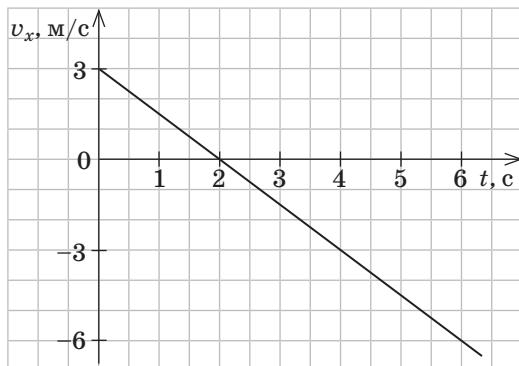


До задачі 17.36

17.37. На графіку (див. рисунок) показано залежність швидкості руху автомобіля, що розганяється, від часу. Визначте початкову швидкість руху та модуль прискорення автомобіля.



- 17.38.** Запишіть формулу залежності $v_x(t)$ для руху тіла вздовж осі Ox (див. рисунок).
- 17.39.** Тіло рухається вздовж осі Ox . Визначте за графіком (див. рисунок) проекцію прискорення руху тіла, модуль його переміщення та шлях за 6 с.
- 17.40.** Визначте за графіком (див. рисунок) модуль середньої швидкості та середню шляхову швидкість руху: а) за перші 2 с руху; б) за перші 4 с руху.



До задач 17.38, 17.39, 17.40

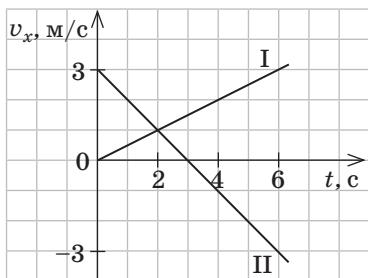
3-й рівень складності

- 17.41.** Початкова швидкість прямолінійного руху дорівнює 3 м/с. Через 3 с швидкість руху становила 5,5 м/с, а через 8 с — зросла до 8 м/с. Чи може цей рух бути рівноприскореним? Розв'яжіть задачу графічно.
- ? 17.42.** Рух кулі в каналі ствола під час пострілу можна вважати рівноприскореним. На якому з етапів руху зміна швидкості руху кулі більша: під час проходження першої половини довжини ствола чи другої половини? Поясніть свою відповідь.
- 17.43.** Прямолінійний рух описується такою формулою: $x = -4 + 2t - t^2$. Опишіть рух, побудуйте для нього графіки $v_x(t)$, $s_x(t)$, $l(t)$.

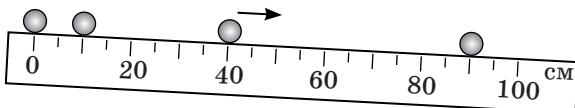
17.44. Прямолінійні рухи двох тіл описуються такими формулами: $x_1 = 16 - 18t + 3t^2$; $x_2 = -20 + 15t - 2,5t^2$. Опишіть рухи, побудуйте для них графіки $v_x(t)$, $s_x(t)$.

17.45. Початкова координата тіла, що рухається вздовж осі Ox , дорівнює -5 м. Опишіть рух і побудуйте графіки $x(t)$, $s_x(t)$, $l(t)$, якщо: а) $v_x = 2t$; б) $v_x = 6 - 2t$.

17.46. За графіками залежності $v_x(t)$ прямолінійних рухів (див. рисунок) визначте типи рухів. Побудуйте графіки $s_x(t)$, $l(t)$, $x(t)$, уважаючи $x_0 = 5$ м.



17.47. З яким прискоренням рухалася кулька (див. рисунок, зроблений зі стробоскопічної фотографії), якщо проміжок між спалахами 1 с? Визначте початкову швидкість руху кульки.



17.48. Помітивши перешкоду, водій почав гальмувати. У точці A швидкість руху автомобіля дорівнювала 144 км/год, а в точці B — уже 72 км/год. З якою швидкістю рухався автомобіль у середині відрізка AB ?

17.49. Поїзд почав гальмувати за швидкості руху 72 км/год. Яка швидкість руху поїзда після проходження двох третин гальмівного шляху?

17.50. Автомобіль почав гальмувати за швидкості руху 80 км/год. Визначте швидкість руху автомобіля після проходження $\frac{3}{4}$ гальмівного шляху.

 **17.51.** Доведіть, що для прямолінійного рівноприскореного руху без початкової швидкості виконується закон непарних чисел: модулі переміщення тіла за послідовні рівні проміжки часу відносяться, як послідовні непарні числа: $s_1 : s_2 : \dots : s_n = 1:3: \dots :(2n-1)$.

17.52. Похилу площину завдовжки 90 см розділили на три ділянки. Кулька, що скочується похилою площиною, проходить ці ділянки протягом однакового часу. Визначте довжину другої ділянки.

17.53. Доведіть, що під час прямолінійного рівноприскореного руху проекції переміщення тіла за послідовні рівні проміжки часу утворюють арифметичну прогресію.

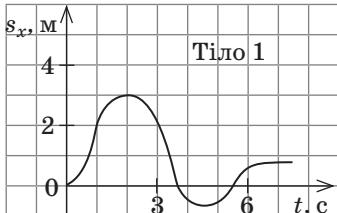
17.54. Тіло рухається прямолінійно рівноприскорено. Через 1 с після проходження початку координат його координата дорівнює 7 м, ще через 1 с — 10 м. Якою стане координата тіла ще через 1 с?

17.55. Кульку штовхнули вгору по похилій площині. Через 1 с після початку руху кулька була на відстані 50 см від місця старту, ще через 1 с — на відстані 60 см. На якій відстані від початкової точки буде кулька ще через 1 с? Кулька рухається прямолінійно рівноприскорено.

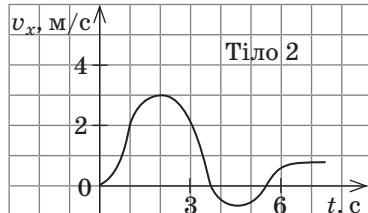
Задачі для допитливих

17.56. На рисунку наведено графіки $s_x(t)$ і $v_x(t)$ для двох різних прямолінійних рухів. Для кожного з них визначте: а) коли тіло рухалось у напрямі, протилежному осі Ox ; б) у які моменти швидкість руху тіла дорівнювала нулю; в) у які моменти тіло рухалося найшвидше; г) у який момент координата тіла була

найменшою; д) у які моменти прискорення було максимальним за модулем.



a



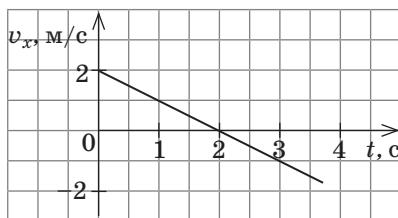
b

- 17.57. Поїзд метро пройшов відрізок шляху між двома станціями за $t=3$ хв із середньою швидкістю руху $v_c=55$ км/год. Розгін на початку руху та гальмування перед зупинкою тривали разом $t_1=0,5$ хв, решту часу поїзд рухався з постійною швидкістю u . Визначте цю швидкість.
- 17.58. Електричка рушила точно за розкладом. Повз спізнілого пасажира, що вибіг на перон, саме проходить початок передостаннього вагона. Цей вагон проїжджає повз оставшого пасажира за 18 с, а останній вагон — за 12 с. На скільки спізнився пасажир?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Автомобіль, що рухався прямолінійно, протягом 20 с збільшив швидкість руху від 27 до 45 км/год. Автомобіль рухався з прискоренням:
A $0,25 \text{ м/с}^2$ **B** $1,35 \text{ м/с}^2$
B $0,90 \text{ м/с}^2$ **G** $2,25 \text{ м/с}^2$
- Поїзд рушає з місця з прискоренням $0,2 \text{ м/с}^2$. Через хвилину він набере швидкості руху:
A $0,2 \text{ м/с}$ **B** 3 м/с **V** 12 м/с **G** 20 м/с
- Початкова швидкість прямолінійного рівноприскореного руху тіла становить 8 м/с . Напрям прискорення збігається з напрямом швидкості руху, а модуль прискорення дорівнює 1 м/с^2 . Модуль переміщення тіла за 4 с становить:
A 12 м **B** 24 м **V** 40 м **G** 48 м

4. Велосипедист подолав ділянку дороги, що йшла вгору, за 20 с. Швидкість його руху за цей час зменшилася від 11 до 7 м/с. Довжина пройденої ділянки дороги дорівнює:
A 80 м **B** 120 м **C** 180 м **D** 360 м
5. Модуль прискорення прямолінійного руху, графік якого наведено на рисунку, дорівнює:
A $0,5 \text{ м/с}^2$ **B** 1 м/с^2 **C** 2 м/с^2 **D** 4 м/с^2
6. На рисунку наведено графік руху тіла вздовж осі Ox . Протягом перших 3 с руху тіло пройшло шлях:
A 1,5 м **B** 2,5 м **C** 3 м **D** 5 м



До завдань 5, 6

18. ІНЕРЦІАЛЬНІ СИСТЕМИ ВІДЛІКУ. ЗАКОНИ НЬЮТОНА

1-й рівень складності

- ? 18.1. Під час якого руху літака пов'язану з ним систему відліку можна вважати інерціальною (хоча б приблизно)?
- ? 18.2. Тіло перебуває в спокої відносно інерціальної системи відліку. Як рухається це тіло відносно будь-якої іншої інерціальної системи відліку?
- 18.3. Яка сила надає тілу масою 10 кг прискорення 2 м/с^2 ?
- 18.4. Визначте силу, що надає прискорення $1,5 \text{ м/с}^2$ тілу масою 6 кг.
- 18.5. Визначте масу тіла, якому сила 6 Н надає прискорення 3 м/с^2 .

- 18.6.** Визначте масу тіла, якому сила 4 Н надає прискорення $0,5 \text{ м/с}^2$.
- 18.7.** Яке прискорення надає сила 60 Н тілу масою 5 кг?
- 18.8.** Визначте прискорення тіла масою 400 г під дією сили 2 Н.
- 18.9.** Учень тримає в руці рюкзак, прикладаючи до його ручки силу 40 Н. Чи діє ручка рюкзака на руку хлопця? Якщо діє, то в якому напрямі? Визначте модуль цієї сили.
- 18.10.** Щоб підняти книжку над партою, дівчина прикладає до неї силу 15 Н. Чи діє книжка на руку дівчини? Якщо діє, то в якому напрямі? Визначте модуль цієї сили.

2-й рівень складності

- ? 18.11.** Каскадер, вистрибнувши на ходу з поїзда за швидкості руху 20 м/с , не зможе наздогнати поїзд. Чи не ризикує відстати від космічної станції космонавт, що вийшов у відкритий космос за швидкості руху близько 8 км/с ? Поясніть свою відповідь.
- ? 18.12.** Дії яких тіл на м'яч компенсиуються, коли м'яч лежить на підлозі? плаває в озері?
- ? 18.13.** Популярний колись цирковий номер полягав у тому, що на груди атлета, який лежав на підлозі, клали важке ковадло й били по ньому ковальським молотом. Після номера атлет підводився з підлоги наче нічого не сталося. У чому секрет номера?
- ? 18.14.** Поясніть, на якому фізичному явищі ґрунтуються процес вибирання пилу з килима, підвішеного на пекладині.
- 18.15.** Одна й та сама сила надає порожньому візку прискорення $1,2 \text{ м/с}^2$, а навантаженому — прискорення $0,3 \text{ м/с}^2$. У скільки разів маса вантажу відрізняється від маси візка?

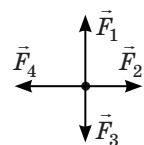
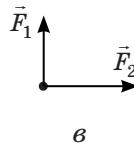
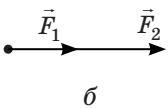
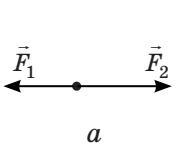
18.16. Яким може бути модуль рівнодійної сил 10 і 15 Н?

? 18.17. Чи може модуль рівнодійної сил 9 і 12 Н дорівнювати 2 Н? 4 Н? 15 Н? 20 Н? 25 Н?

? 18.18. Чи може рівнодійна сила 20 і 8 Н дорівнювати 5 Н? 15 Н? 25 Н? 30 Н?

18.19. Для кожного з випадків *a*–*c* на рисунку знайдіть модуль прискорення матеріальної точки масою 2 кг під дією двох прикладених сил, якщо $F_1=3$ Н, $F_2=4$ Н.

18.20. Знайдіть модуль прискорення тіла масою 5 кг під дією чотирьох прикладених до нього сил (див. рисунок), якщо: а) $F_1=F_3=F_4=20$ Н, $F_2=16$ Н; б) $F_1=F_4=20$ Н, $F_2=16$ Н, $F_3=17$ Н.



До задачі 18.19

До задачі 18.20

? 18.21. М'яч ударяє в шибку. На яке з тіл (м'яч або скло) діє під час удару більша сила?

? 18.22. Більярдна куля, що рухається, ударяє по нерухомій кулі. Прискорення якої з цих однакових куль більше за модулем, якщо: а) удар лобовий; б) кулі розлітаються під кутом 90° ?

? 18.23. Чому барон Мюнхгаузен не міг сам витягти себе за волосся з болота?

? 18.24. Автомобіль, обладнаний лебідкою, загруз у грязі. Коли водій обв'язав трос лебідки навколо дерева і включив лебідку, автомобіль вибрався на тверду дорогу. Взаємодія з яким тілом викликала рух автомобіля?

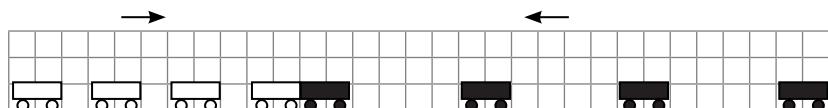
? 18.25. Терези, на яких стоїть неповна склянка з водою, зрівноважені. Чи порушиться рівновага, якщо опустити у воду палець, не торкаючись дна?

18.26. Тіло масою 100 г плаває у воді. З якою силою вода діє на тіло? тіло на воду?

18.27. М'яч і тенісна кулька, які котяться по підлозі спортивного залу, зазнають зіткнення. Яке прискорення тенісної кульки в той момент, коли прискорення м'яча дорівнює $0,05 \text{ м/с}^2$? Маса м'яча у 200 разів більша, ніж маса тенісної кульки.

18.28. Нерухомі баркаси і човни перебувають поруч. Весляр човна відштовхується веслом від баркаса. Через це човен набирає швидкості руху $0,5 \text{ м/с}$, а баркаси — $0,1 \text{ м/с}$. У скільки разів маса баркаса відрізняється від маси човна з веслярем?

18.29. Два візки (див. рисунок, зроблений зі стробоскопічної фотографії) після зіткнення зупинилися. Маса якого візка більша? У скільки разів?



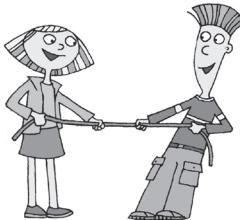
18.30. Порівняйте сили, що діють на гирю, коли атлет: а) відригає її від помосту; б) рівномірно піднімає вгору; в) зупиняє наприкінці підйому; г) утримує у верхньому положенні.

18.31. Автомобіль масою 2 т, зрушивши з місця, за 40 с набрав швидкості руху 36 км/год , потім рухався прямолінійно рівномірно. Гальмування перед перехрестям тривало 8 с. Визначте рівнодійну прикладених до автомобіля сил під час: а) розгону; б) прямолінійного рівномірного руху; в) гальмування.

18.32. Літак масою 30 т торкається посадкової смуги за швидкості руху 144 км/год . Визначте силу опору рухові, якщо літак до зупинки пробігає по смузі 800 м.

18.33. Відповідно до третього закону Ньютона кожній силі відповідає «сила протидії». Яка сила є «протидіючою» для сили, що ви прикладаєте, щоб розтягнути пружину динамометра?

-  **18.34.** Двоє суперників, що перетягають канат, діють на нього з рівними за модулем силами. а) Визначте рівнодійну цих сил. б) Канат розірвався, коли суперники діяли на нього із силами по 400 Н. Чи можна піднімати на такому канаті вантаж масою 60 кг?



- ? 18.35.** Чи може розірвати канат (див. попередню задачу) одна людина, що прикладає силу 400 Н?

- 18.36.** Швидкість руху автомобіля масою 1,2 т змінюється під час прямолінійного руху за законом $v = 5 + 2t$ (значення величин у формулі наведено в СІ). Визначте рівнодійну всіх прикладених до автомобіля сил.

- 18.37.** Швидкість прямолінійного руху тіла під дією сили 12 Н змінюється за законом $v = 10 - 3t$ (значення величин у формулі наведено в СІ). Визначте масу тіла.

3-й рівень складності

- 18.38.** Координата тіла масою 6 кг змінюється під час прямолінійного руху за законом $x = 8 + 10t + 2t^2$ (значення величин у формулі наведено в СІ). Визначте рівнодійну всіх прикладених до тіла сил.

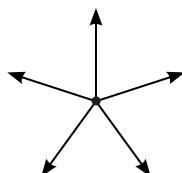
-  **18.39.** Однорідний стрижень рухається під дією сили \vec{F}_0 . Яка сила пружності F діє в перерізі стрижня, що проходить через точку A (див. рисунок)?



- 18.40.** На канат завдовжки l діють дві сили \vec{F}_1 і \vec{F}_2 , що прикладені до його кінців і розтягують канат. З якою силою F розтягнутий канат у перерізі, що міститься на відстані x від точки прикладання сили \vec{F}_1 ?
- 18.41.** Яку частину чавунного бруска об'ємом 300 см^3 потрібно опустити в посудину з водою, яка стоїть на вагах, щоб покази ваг збільшилися на 100 г ? Як зміниться відповідь, якщо чавунний брусок замінити на алюмінієвий того ж об'єму? Брусок не торкається дна та стінок посудини, вода з посудини не витікає.
- 18.42.** Лебідь, рак і щука в байці Крилова тягли віз з однаковими за модулем силами. Результат відомий. Як були напрямлені сили?
- 18.43.** Поїзд почав гальмувати за швидкості руху 54 км/год , не доїхавши 200 м до семафора. Маса поїзда 2000 т , під час гальмування діє сила тертя 2 МН . На якій відстані від семафора перебував поїзд через 10 с після початку гальмування? через 30 с ?
- 18.44.** Початкова швидкість тіла, що перебуває в точці A , дорівнює нулю. Протягом 8 с на тіло діє постійна сила. Потім напрям сили змінюється на протилежний, а модуль залишається таким самим. Через який час від початку руху тіло повернеться в точку A ?

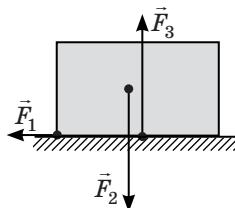
Задача для допитливих

-  **18.45.** Знайдіть рівнодійну системи п'яти одинакових за модулем сил (див. рисунок), якщо всі кути між «сусідніми» силами одинакові.



ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Хокеїст, який спіткнувся під час бігу, падає вперед. Це відбувається тому, що...
A ...тіло хокеїста продовжує за інерцією рухатися вперед.
B ...ноги хокеїста продовжують за інерцією рухатися вперед.
C ...на хокеїста діє напрямлена вперед сила тертя.
D ...на хокеїста діє вперед сила пружності з боку льоду.
- На рисунку зображене брускок, що рухається столом після поштовху. Виберіть правильне твердження.



- Рівнодійна сил \vec{F}_2 і \vec{F}_3 дорівнює нулю.
A Рівнодійна всіх трьох сил дорівнює нулю.
B Напрями швидкості руху та прискорення бруска збігаються.
C Брусок рухається в напрямі рівнодійної всіх сил.
- На долоні лежить книжка масою 500 г. Виберіть правильне твердження.
A Якщо долоня нерухома, вага книжки більша ніж 5 Н.
B Долоня діє на книжку з більшою силою, ніж книжка на долоню.
C Сила дії книжки на долоню — це сила пружності.
D Якщо прискорення книжки напрямлене вгору, на неї діє менша сила тяжіння.
- Відбувається постріл із гармати. Виберіть правильне твердження.
A Сила дії газів на снаряд значно більша за силу їх дії на гармату.
B Інертність снаряда більша за інертність гармати.
C Снаряд під час пострілу рухається за інерцією.
D Снаряд набрав більшої швидкості, ніж відкотні частини гармати.

5. Тіло масою 2 кг рухається під дією двох перпендикулярних сил 8 і 15 Н із прискоренням:
- A** $3,5 \text{ м/с}^2$ **B** $5,5 \text{ м/с}^2$ **C** $8,5 \text{ м/с}^2$ **D** $11,5 \text{ м/с}^2$
6. Швидкість руху автомобіля масою 1,5 т змінюється під час прямолінійного руху за законом $v = 4 + 0,5t$ (значення величин у формулі наведено в СІ). Рівнодійна прикладених до автомобіля сил дорівнює:
- A** 330 Н **B** 750 Н **C** 3 кН **D** 6 кН

19. ЗАКОН ВСЕСВІТНЬОГО ТЯЖІННЯ. РУХ ТІЛ ПІД ДІЄЮ СИЛИ ТЯЖІННЯ*

1-й рівень складності

- 19.1.** Тіло падає без початкової швидкості. Яка швидкість його руху після 3 с падіння?
- 19.2.** Визначте швидкість руху тіла після 2 с вільного падіння без початкової швидкості.
- 19.3.** Тіло вільно падає без початкової швидкості. Яке переміщення тіла за 4 с падіння?
- 19.4.** Визначте висоту, вільне падіння тіла з якої без початкової швидкості триває 3,2 с.
- 19.5.** Скільки часу триває вільне падіння тіла без початкової швидкості з висоти 45 м?
- 19.6.** Скільки часу триває вільне падіння тіла без початкової швидкості з висоти 12,8 м?
- 19.7.** Стрілу випустили вертикально вгору з початковою швидкістю 50 м/с. Скільки часу стріла піднімалася? Яка загальна тривалість польоту?

* Тут і надалі опір повітря під час руху тіл не враховуйте, якщо про нього не сказано в умові задачі.

19.8. Чому дорівнює сила гравітаційної взаємодії між двома однаковими більярдними кульками в момент зіткнення? Маса кожної кульки 200 г, діаметр 4 см.

19.9. Під час виходу з порту супертанкер масою 200 000 т пройшов на відстані 300 м від авіаносця масою 100 000 т. Оцініть силу гравітаційної взаємодії між суднами.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Космічна експедиція відкрила планету, маса якої в 5 разів більша, ніж маса Землі. Визначте радіус цієї планети, якщо прискорення вільного падіння на її поверхні таке саме, як на Землі.

Дано:

$$M = 5M_3$$

$$a = g$$

$$R_3 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$R = ?$$

Розв'язання

Як випливає з другого закону Ньютона і закону всесвітнього тяжіння, $mg = G \frac{M_3 m}{R_3^2}$ (тут m — маса тіла, що перебуває на поверхні Землі).

Звідси $g = G \frac{M_3}{R_3^2}$. Аналогічно отримуємо $a = G \frac{M}{R^2}$ (тут a — прискорення вільного падіння на поверхні відкритої планети).

Прирівнявши вирази для a і g , отримаємо $R = R_3 \sqrt{\frac{M}{M_3}}$.

Перевіримо одиниці: $[R] = \text{м} \sqrt{\frac{\text{кг}}{\text{кг}}} = \text{м}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$R = 6,37 \cdot 10^6 \sqrt{5} \approx 14 \cdot 10^6 \text{ (м)}.$$

Відповідь: $R \approx 14 000 \text{ км}$.

19.10. У скільки разів збільшується час польоту підкинутого вгору м'яча і максимальна висота його підйому, якщо збільшити початкову швидкість руху м'яча в 3 рази?

19.11. Підкинутий угору камінь упав на землю через 4 с. Визначте початкову швидкість його руху. Якої висоти він досяг? З якою швидкістю впав на землю?

- 19.12.** Камінь падає без початкової швидкості з висоти 80 м. Який шлях він проходить за першу секунду свого руху? за останню?
- 19.13.** Камінь падає без початкової швидкості з висоти 80 м. За який час він проходить перший і останній метри свого шляху?
- 19.14.** Тіло підкидають вгору зі швидкістю 20 м/с. Через який час після кидка воно опиниться на висоті 15 м?
- 19.15.** М'яч, підкинутий вертикально вгору, двічі пролетів повз вікно на висоті 6 м з інтервалом 2 с. Якої найбільшої висоти досяг м'яч?
- ? 19.16.** Коли на вас діє більша сила тяжіння з боку Сонця — удень чи вночі? Орбіту Землі навколо Сонця вважайте коловою.
- 19.17.** Скориставшись відомими значеннями радіуса Землі та прискорення вільного падіння біля її поверхні, знайдіть: а) масу Землі; б) середню густину Землі.
- ? 19.18.** З яким приблизно прискоренням рухаються штучні супутники Землі по низьких навколоземних орбітах?
- 19.19.** У скільки разів зменшилася сила притягання космонавта до Землі, коли космічний корабель, стартувавши із Землі, піднявся на висоту, що дорівнює двом радіусам Землі?
- 19.20.** На якій висоті над поверхнею Землі сила земного тяжіння вдвічі менша від сили тяжіння поблизу поверхні?
- 19.21.** Екіпаж аеростата, що піднімається, періодично проводить виміри прискорення вільного падіння. На скільки зменшилося значення прискорення вільного падіння на висоті $h=6,4$ км?
- 19.22.** На яку висоту піднявся космічний апарат, якщо сила земного тяжіння зменшилася на 3 % ?

19.23. Яке прискорення вільного падіння на планеті, радіус якої в 4 рази більший, ніж радіус Землі, а маса — у 51 раз більша, ніж маса Землі? Планета не обертається.

? 19.24*. Контейнер скидають із літака, що летить горизонтально з постійною швидкістю руху. Де буде контейнер у момент падіння — перед або за літаком?

19.25*. Два тіла кинули одночасно з вершини вежі в протилежних напрямках: одне зі швидкістю 20 м/с, друге зі швидкістю 15 м/с. Якою буде відстань між тілами через 1 с?

19.26*. Як зміниться час і дальність польоту м'яча, кинутого горизонтально з певної висоти, якщо в 3 рази збільшити: а) початкову швидкість руху м'яча; б) початкову висоту?

19.27*. Хлопчик кидає м'яч горизонтально з вікна, що розташоване на висоті 45 м. Початкова швидкість руху м'яча дорівнює 10 м/с. Скільки часу він летітиме до землі? На якій відстані від стіни впаде? Визначте модуль переміщення м'яча.

19.28*. Яку мінімальну швидкість руху має розвинути на своєму автомобілі каскадер, щоб виконати ризикований трюк — перестрибнути з даху одного хмарочоса на інший? Висота хмарочосів 120 і 100 м, відстань між ними дорівнює 40 м.

19.29*. З літака, що летить горизонтально на висоті 100 м, скинули вантаж без парашута. Яка швидкість руху літака, якщо вантаж перед самим приземленням рухався під кутом 45° до горизонту?

19.30*. Снаряд, випущений під кутом 25° до горизонту, потрапив у стіг сіна. На скільки збільшили кут нахилу ствола гармати до горизонту, якщо випущений після цього другий снаряд потрапив у той самий стіг?

- 19.31***. Випробувавши нову рогатку, Антон установив, що вона влучає в цілі на відстані до 15 м, і задумався: яка була б дальність стрільби з цієї рогатки на Місяці, де прискорення вільного падіння в 6 разів менше? Дайте відповідь на це запитання.
- 19.32***. У скільки разів потрібно збільшити початкову швидкість руху спортивного молота, щоб гранична дальність кидка збільшилася у 2,25 разу?
- 19.33***. Камінь кинули зі швидкістю 30 м/с під кутом 60° до горизонту. Які швидкість і прискорення руху каменя у верхній точці траєкторії?
- 19.34***. Кинутий під кутом до горизонту м'яч досяг висоти 20 м. Скільки часу він перебував у польоті?
- 19.35***. Випущена під кутом до горизонту стріла побувала на висоті 15 м двічі з інтервалом 2 с. Яка повна тривалість польоту стріли?
- 19.36***. Снаряд випущений зі швидкістю 800 м/с під кутом 30° до горизонту. Яка тривалість польоту снаряда? На яку висоту він піднімається? На якій відстані від гармати упаде на землю?
- ### 3-й рівень складності
- 19.37.** М'яч підкинули вертикально вгору зі швидкістю 15 м/с. Знайдіть шлях і модуль переміщення м'яча за 2 с руху.
-  **19.38.** В останню секунду вільного падіння тіло пройшло 30 м. Скільки часу тривало падіння?
- 19.39.** В останню секунду вільного падіння тіло пройшло половину всього шляху. З якої висоти падало тіло?
- 19.40.** З яким інтервалом відірвалися від даху дві краплі, якщо через 2 с після початку падіння другої краплі відстань між краплями дорівнює 25 м?

- 19.41.** Відстань між центрами планети і її супутника дорівнює 400 000 км. Маса супутника в 9 разів менша, ніж маса планети. У якій точці сили тяжіння до цих небесних тіл, що діють на космічний корабель, компенсують одна одну?
- 19.42.** Космонавт перебуває на поверхні Місяця. До якого небесного тіла космонавт притягається сильніше — до Землі чи Сонця? У скільки разів сильніше?
- ? 19.43.** Чи можуть космонавти на Місяці користуватися важільними терезами? пружинними вагами? Якщо можуть, то які поправки потрібно буде враховувати?
- 19.44.** Космонавти здійснили посадку на астероїд, що має форму кулі. Вони провели незвичне «зважування»: вантаж і гирю підвішували до рівноплечих важільних терезів за допомогою дуже легких ниток різної довжини. Виявилося, що за різниці довжин ниток 10 м помилка зважування становила 1 %. Знайдіть за цими даними радіус астероїда. Обертання астероїда навколо своєї осі не враховуйте.
- 19.45*.** Біатлоніст веде вогонь по вертикальній мішені з відстані 200 м. Ствол гвинтівки спрямований горизонтально, початкова швидкість руху куль 800 м/с. Куля влучають точно в центр мішені. На яку відстань від центра мішені відхилиться куля, початкова швидкість руху якої через відвологлий порох у патроні дорівнює 700 м/с?
- 19.46*.** З якою мінімальною силою має вдарити футbolіст по м'ячу, щоб той пролетів відстань 100 м? Маса м'яча 500 г, тривалість удару 0,02 с.
- 19.47*.** Під яким кутом до горизонту кинули тіло, якщо дальності польоту вдвічі перевищує максимальну висоту?
- 19.48*.** З якою початковою швидкістю і під яким кутом до горизонту випущений снаряд, що перебував у повітрі 30 с і впав на відстані 6 км від гармати?

 **19.49***. Камінь кинули зі швидкістю $v_0=20$ м/с під кутом $\alpha=45^\circ$ до горизонту. Через який час вектор швидкості руху каменя буде напрямлений під кутом $\beta=30^\circ$ до горизонтальної площини?

19.50*. Кинутий хлопчиком камінь улітає горизонтально в дупло дерева, розташоване на 8 м вище від точки кидання. На якій відстані від дерева перебував хлопчик, якщо початкова швидкість руху каменя дорівнювала 20 м/с?

 **19.51***. Випущений вертикально вгору снаряд розірвався у верхній точці траєкторії на безліч дрібних осколків, що розлетілися з однаковими за модулем початковими швидкостями v_0 в різних напрямках. Як буде змінюватися з часом форма «хмари» з осколків?

 **? 19.52***. Стрілець має влучити стрілою в яблуко, що падає без початкової швидкості з високої скелі. У яку точку варто цілитися, якщо постріл відбувається одночасно з початком падіння яблука?

 **19.53***. Тіло кинули під кутом до горизонту з початковою швидкістю $v_0=20$ м/с. Яка швидкість руху тіла на висоті $h=13$ м?

Задачі для допитливих

19.54. Два снаряди, випущені під різними кутами до горизонту з однієї гармати, улучили в одну точку. Відстань від гармати до цієї точки вдвічі менша, ніж максимальна дальність стрільби гармати. У скільки разів відрізняються висоти верхніх точок двох траєкторій?

19.55. Із шланга, що лежить на землі, б'є під кутом 45° до горизонту вода з початковою швидкістю 10 м/с. Площа перерізу отвору шланга дорівнює 5 см^2 . Знайдіть масу води, що перебуває в повітрі.

- 19.56.** Футболіст б'є по м'ячу, надаючи йому швидкості руху 30 м/с під кутом 45° до горизонту. М'яч потрапляє у вертикальний рекламний щит, що розташований на відстані 55 м від місця удару. На якій відстані від місця удару впаде м'яч? Удар м'яча об щит уважайте пружним; траекторія м'яча лежить у площині, перпендикулярній до щита.
- 19.57.** Колона автомобілів рухається по дорозі, покритій гравієм. Мінімальна дистанція, за якої камінці з-під коліс автомобіля, що йде попереду, не «бомбардують» наступний, дорівнює 23 м . Знайдіть швидкість руху колони, нехтуючи розміром колеса.
- 19.58.** Якої мінімальної початкової швидкості руху потрібно надати під час удару футбольному м'ячу, щоб він перелетів через стінку заввишки H , що розташована на відстані s ?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Протягом другої секунди вільного падіння без початкової швидкості тіло долає відстань:
A 5 м **B** 10 м **C** 15 м **D** 20 м
- Якщо збільшити відстань між двома матеріальними точками в 3 рази, то сила гравітаційної взаємодії між ними зменшиться:
A у 3 рази **B** у 9 разів
C у 6 разів **D** у 12 разів
- Радіус малої планети у 20 разів менший від радіуса Землі, а маса цієї планети в 16 000 разів менша від маси Землі. При скороченні вільного падіння поблизу поверхні малої планети дорівнює:
A $0,25 \text{ м/с}^2$ **B** $1,5 \text{ м/с}^2$
C $0,5 \text{ м/с}^2$ **D** $2,5 \text{ м/с}^2$
- Сила гравітаційної взаємодії двох куль масами 40 і 90 кг , відстань між якими становить 3 м , дорівнює:
A $8,1 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$ **B** $4,0 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$
C $2,7 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$ **D** $8,1 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$

5. З вікна на висоті 20 м кинули в горизонтальному напрямі перпендикулярно до стіни камінець зі швидкістю 8 м/с. Відстань між точкою падіння камінця та стіною дорівнює:
A 2,5 м **B** 16 м **C** 32 м **D** 160 м
6. Футбольний м'яч після удару полетів під кутом до горизонту. У верхній точці траєкторії на висоті 5 м м'яч рухався зі швидкістю 18 м/с. Дальність польоту м'яча дорівнює:
A 10 м **B** 12 м **C** 36 м **D** 90 м

20. РУХ ТІЛА ПІД ДІЄЮ КІЛЬКОХ СИЛ*

1-й рівень складності

- ? 20.1.** Бруск тягнуть рівномірно по столу за прив'язану до нього горизонтальну нитку. Які сили діють на бруск? Які з них зрівноважують одна одну?
- ? 20.2.** Бруск тягнуть рівномірно по столу за допомогою динамометра, пружина якого горизонтальна. Динамометр показує силу 0,8 Н. Чому дорівнює сила тертя, що діє на бруск?
- ? 20.3.** Які сили діють на бруск, що зісковзує з похилої площини?
- ? 20.4.** Чому втримувати тіло на похилій площині легше, ніж витягати нагору?
- ? 20.5.** Шайба зісковзує льодовим схилом, який переходить у горизонтальний льодовий майданчик. На якій ділянці на шайбу діє більша сила тертя? Обґрунтуйте свою відповідь.

2-й рівень складності

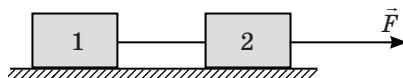
- 20.6.** З яким прискоренням з'їжджає хлопчик по слизькому обмерзлому схилу, якщо довжина схилу 13 м, а його висота 5 м?

* Розв'язуючи задачі цього розділу, нитки вважайте нерозтяжними; масами ниток і блоків, а також тертям в осіах блоків можна знектувати.

- 20.7.** З яким прискоренням з'їжджає візок по похилих рейках, якщо ухил* дорівнює $0,12$, а опором рухові можна знехтувати?
- 20.8.** Хлопчик (див. задачу 20.6) потрапляє на ділянку схилу, посыпану піском. Яке прискорення хлопчика на цій ділянці, якщо коефіцієнт тертя дорівнює $0,3$?
- 20.9.** Для спуску в підваль мішків використовують похилі сходні, оббиті сталлю. Коефіцієнт тертя між сталевим листом і мішковиною дорівнює $0,2$. Під яким кутом до горизонту треба розташувати сходні, щоб мішки рухалися по них рівномірно?
- 20.10.** Якщо один край метрової лінійки, що лежить на столі, підняти на 25 см, дерев'яний бруск зісковзує по лінійці з постійною швидкістю. З яким прискоренням буде рухатися бруск, якщо висоту верхнього краю лінійки збільшити: а) удвічі; б) утрічі?
- 20.11.** Яку силу треба прикладти до ящика масою 50 кг, щоб витягти його нагору по схилу завдовжки 20 м і заввишки 6 м? Сила напрямлена вздовж схилу, тертя відсутнє.
- 20.12.** Вантаж масою 30 кг перебуває на похилій площині з кутом нахилу 20° . Яку силу треба прикладти до вантажу вздовж схилу, щоб: а) витягти вантаж нагору; б) стягнути вантаж униз? Коефіцієнт тертя вантажу об площину дорівнює $0,4$.
- 20.13.** Автомобіль масою 1 т рухається вгору з прискоренням $0,4 \text{ м/с}^2$. Знайдіть силу тяги, якщо ухил дорівнює $0,05$, а сила опору рухові становить $0,04$ від сили тяжіння.
- 20.14.** До нитки, перекинутої через нерухомий блок, підвішено вантажі масами $m_1=300$ г і $m_2=600$ г. З якими прискореннями рухаються вантажі? Яка сила натягу нитки?

* Ухил дорівнює синусу кута α нахилу дороги до горизонту. За малих значень ухилу можна вважати $\cos \alpha \approx 1$.

- 20.15.** На нитці, перекинутій через блок, підвішено два вантажі масами по 500 г. Який додатковий вантаж треба покласти на один із них, щоб система почала рухатися з прискоренням $50 \text{ см}/\text{с}^2$?
- 20.16.** На гладенькому горизонтальному столі містяться два бруски, зв'язані ниткою. Якщо правий брускок тягти в горизонтальному напрямі із силою 24 Н (див. рисунок), то сила натягу нитки дорівнює 6 Н. Якою стане сила натягу нитки, якщо бруски поміняти місцями?



3-й рівень складності

- 20.17.** Щоб витягти вантаж нагору по похилій площині з кутом нахилу 15° , треба прикласти силу 120 Н, а щоб стягнути вниз, треба прикласти силу 15 Н. Знайдіть коефіцієнт тертя вантажу об площину, якщо в обох випадках сила направлена вздовж похилої площини.

-  **20.18.** Кут α нахилу площини поступово збільшують від 0 до 90° . На площині міститься брускок масою m . Коефіцієнт тертя дорівнює μ . Побудуйте графік залежності сили тертя F_t від кута α . Чому дорівнює максимальне значення сили тертя F_{\max} ?

- 20.19.** Яку силу потрібно прикласти до санчат масою m , щоб тягти їх або штовхати по горизонтальній дорозі (див. рисунок)? Коефіцієнт тертя дорівнює μ , в обох випадках сила прикладається під кутом α до горизонту.



a

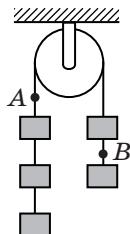


b

20.20. Хлопчик тягне за мотузку, намагаючись зрушити з місця санчата, що стоять на горизонтальній дорозі. У якому випадку йому доведеться прикласти меншу силу: якщо мотузка горизонтальна або утворює з горизонтом кут 30° ? Розгляньте два випадки: а) дорога взялася кригою ($\mu=0,05$); б) дорога посыпана піском ($\mu=0,4$).

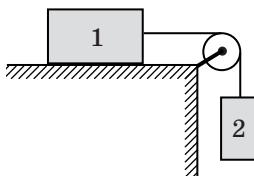
20.21. На нитці, перекинутій через невеликий блок, висять нерухомо два однакових вантажі. На нижній вантаж поклали тіло масою 55 г. Яка маса кожного з вантажів, якщо за 3 с відстань між ними збільшилася на 1,5 м?

20.22. До нитки, перекинutoї через блок, прикріплено вантажі однакової маси, як показано на рисунку. Яке співвідношення між силами натягу нитки в точках A і B?



20.23. По столу тягнуть низку з двох вантажів (див. рисунок на с.131), прикладаючи силу $F=10$ Н. Маси вантажів $m_1=800$ г і $m_2=1,2$ кг, коефіцієнти тертя об стіл відповідно $\mu_1=0,4$ і $\mu_2=0,2$. Знайдіть силу натягу нитки, яка зв'язує вантажі.

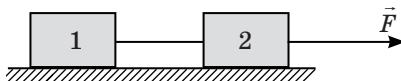
20.24. Яка маса m_1 бруска на столі (див. рисунок), якщо підвішений вантаж масою $m_2=100$ г опускається з прискоренням $0,3$ м/с 2 ? Коефіцієнт тертя між бруском і столом дорівнює 0,3.



- 20.25.** На візку масою m_1 лежить бруск масою m_2 . До візка прикладають постійну горизонтальну силу. Яким має бути модуль цієї сили, щоб бруск зісковзнув із візка? Коефіцієнт тертя між бруском і візком дорівнює μ ; тертям між візком і підлогою можна знехтувати.

Задачі для допитливих

- 20.26.** На нитці висить кулька 1, до якої за допомогою пружини підвішена така сама кулька 2. З якими прискореннями почнуть рухатися кульки відразу після перепалювання нитки?
- 20.27.** На горизонтальному столі містяться два однакових бруски, зв'язані ниткою. Спочатку нитка не натягнута. Якщо один із брусків потягнути в горизонтальному напрямі із силою $F=6$ Н (див. рисунок), сила натягу нитки дорівнюватиме 2,5 Н. Знайдіть коефіцієнт тертя, якщо маса кожного бруска становить 1 кг. Якою стане сила натягу нитки, якщо модуль сили \vec{F} збільшити вдвічі?
- 20.28.** На столі містяться два однакових бруски масою по 2 кг, зв'язані ниткою. Спочатку нитка не натягнута. Один із брусків тягнуть у горизонтальному напрямі з поступово зростаючою силою \vec{F} (див. рисунок). Накресліть графік залежності сили натягу нитки від модуля F прикладеної сили. Коефіцієнт тертя дорівнює 0,3.



До задач 20.23, 20.27, 20.28

- 20.29.** Хлопчик тягне за мотузку санчата масою m по горизонтальній дорозі. Санчата рухаються рівномірно. За якої мінімальної сили натягу мотузки такий рух є можливим, якщо коефіцієнт тертя між полозами санчат і дорогою дорівнює μ ?

21. ПРУЖИННИЙ І МАТЕМАТИЧНИЙ МАЯТНИКИ*

1-й рівень складності

- 21.1.** Гілка, що коливається від вітру, кожні дві секунди вдаряє в шибку. Знайдіть період і частоту коливань гілки.
- 21.2.** Поплавець на воді піднімається 12 разів щохвилини. Визначте період і частоту його коливань.
- ? 21.3.** Як зміниться період коливань пружинного маятника, якщо амплітуду коливань збільшити у два рази?
- ? 21.4.** Як зміниться період малих коливань тягарця на нитці, якщо амплітуду коливань зменшити втричі?
- 21.5.** Частота коливань струни дорівнює 1,2 кГц. Скільки коливань здійснює точка струни за 0,5 хв? Який шлях проходить за цей час точка струни, амплітуда коливань якої дорівнює 2 мм?
- 21.6.** Частота коливань тягарця на пружині дорівнює 0,2 Гц. Скільки коливань здійснює тягарець за 2 хв? Який шлях проходить тягарець за цей час, якщо амплітуда його коливань дорівнює 5 см?

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Космічний корабель здійснив посадку на планету. Гайковий ключ, опущений на нитці завдовжки 2 м із відкритого люка, зробив 5 повних малих коливань за 20 с. Визначте прискорення вільного падіння на планеті.

* Ці задачі призначені для тих, хто вивчає поглиблений курс фізики.

Дано:
 $t = 20$ с
 $l = 2$ м
 $N = 5$
 $a = ?$

Розв'язання

Гайковий ключ на довгій нитці можна вважати математичним маятником, тому період малих коливань $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}$.

З другого ж боку, $T = \frac{t}{N}$.

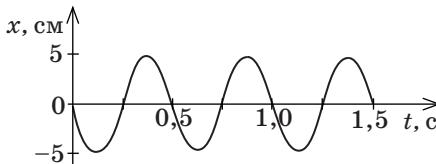
Звідси отримуємо $a = \frac{4\pi^2 N^2 l}{t^2}$; перевіримо одиниці: $[a] = \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Визначимо значення шуканої величини:

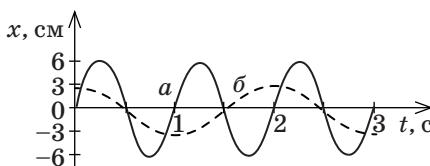
$$a = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 5^2 \cdot 2}{20^2} \approx 4,9 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Відповідь: $a \approx 4,9$ м/с².

- 21.7.** На рисунку наведено графік гармонічного коливання. Знайдіть амплітуду, частоту і період коливання.



- 21.8.** На рисунку наведено графіки двох коливань. Знайдіть період, частоту й амплітуду кожного з коливань.



- 21.9.** У каюті пасажирського судна встановлено годинник із маятником. Скільки коливань здійснює маятник під час переходу завдовжки 800 км, якщо середня шляхова швидкість руху судна дорівнює 20 км/год, а частота коливань маятника становить 1 Гц?

- 21.10.** У скільки разів зміниться період коливань невеликої банки з піском на довгій нитці, якщо в результаті висипання піску повна маса банки зменшиться вдвічі?

- 21.11.** У скільки разів зміниться період вертикальних коливань банки з піском на пружині, якщо в результаті висипання піску повна маса банки зменшиться вдвічі?
- ? 21.12.** Космонавт узяв із собою на Місяць наручний механічний годинник і маятниковий годинник. Який із них іде на Місяці так само, як на Землі?
- 21.13.** Визначте період і частоту коливань причепа ма-сою 110 кг на ресорах із загальною жорсткістю 12 кН/м.
- 21.14.** Визначте період коливань пружинного маятника масою 400 г, якщо жорсткість пружини дорівнює 40 Н/м.
- 21.15.** Визначте частоту коливань пружинного маятника, якщо жорсткість пружини дорівнює 80 Н/м, а маса вантажу 3,2 кг.
- 21.16.** Знайдіть жорсткість пружини, якщо підвішений на ній вантаж масою 700 г здійснює 18 коливань за 21 с.
- 21.17.** Визначте масу тягарця, який протягом 31 с здійснює 40 коливань на пружині жорсткістю 40 Н/м.
- 21.18.** Пружинний маятник здійснив за якийсь час 16 коливань. Коли масу вантажу збільшили на 200 г, маятник здійснив за той же час 15 коливань. Яка була початкова маса вантажу?
- 21.19.** Коли до пружини підвісили вантаж, вона розтяглася на 20 см. Вантаж відвели вниз і відпустили. Визначте період T коливань, що виникли після цього.
- 21.20.** Учень виготовив два пружинних маятники, використавши для цього однакові пружини та вантажі однакових розмірів. Він виявив, що алюмінієвий вантаж здійснює 45 коливань за той самий час, за який інший вантаж здійснює 22 коливання. З якого матеріалу може бути виготовлений цей вантаж?

- 21.21.** Визначте період коливань математичного маятника завдовжки 1 м.
- 21.22.** Визначте частоту коливань математичного маятника завдовжки 12 м.
- 21.23.** Період коливань першого математичного маятника в 1,5 разу більший, ніж період коливань другого. У скільки разів перший маятник довший, ніж другий?
- 21.24.** Яке відношення довжин двох математичних маятників, якщо перший здійснює 31 коливання за той самий час, за який другий здійснює 20 коливань?
- 21.25.** Перший математичний маятник здійснив 20 коливань, а другий — 25 коливань за такий самий час. Визначте довжину кожного з маятників, якщо один із них на 18 см довший за інший.
- 21.26.** Кулька на нитці здійснює за якийсь час 26 коливань. Якщо довжину нитки змінити на 5 см, кулька здійснить за той самий час 24 коливання. Визначте початкову довжину нитки.
- ? 21.27.** Куди треба пересунути вантаж на стрижні маятникового годинника, якщо годинник поспішає?
- ? 21.28.** Як зміниться хід маятникового годинника, якщо його перенести взимку в неопалюване приміщення?

3-й рівень складності

- ? 21.29.** Якщо вночі сфотографувати лампочку, що розгойдується, то за тривалої експозиції на фотографії буде видно світлу смугу. Чому краї цієї смуги світліші, ніж середина?
- ? 21.30.** Як зміниться період коливань залізної кульки на нитці, якщо трохи нижче положення рівноваги кульки помістити ввімкнений електромагніт?

- ? 21.31.** Як змінився хід маятникового годинника, який привезли з Києва на наукову станцію в Антарктиді?
- 21.32.** До пружини по черзі підвішують два вантажі. У першому випадку період коливань пружинного маятника дорівнює 0,5 с, а в другому — 1,2 с. Яким буде період коливань, якщо до тієї самої пружини підвісити обидва вантажі?
- ⌚ 21.33.** Коли капітан корабля поїхав на відпочинок у гори, він узяв із собою маятниковий годинник, що багато років ішов у його каюті точно. На якій висоті над рівнем моря оселився капітан, якщо в його кімнаті годинник кожної доби відстae на 30 с?
- 21.34.** Маятниковий годинник у горах на висоті 5 км іде точно. Як буде йти цей годинник на рівні моря?
- 21.35.** Маятник годинника являє собою легкий стрижень, на якому укріплений масивний невеликий вантаж. Коли відстань від вантажу до точки підвісу маятника дорівнює 1 м, годинник відстae за добу на 10 хв. Куди і на скільки слід перемістити вантаж, щоб годинник ішов правильно?

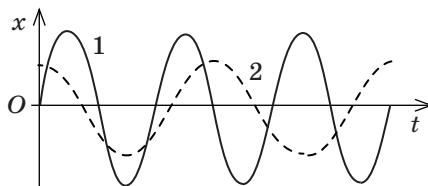
Задача для допитливих

- 21.36.** Хлопчик стрибнув на крижину площею 3 м^2 завтовшки 30 см, що плавала в річці. Знайдіть період вертикальних коливань крижини, якщо маса хлопчика дорівнює 50 кг.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ*

- Довжина математичного маятника, який здійснює 40 коливань щохвилини, дорівнює:
A 0,57 м **B** 0,75 м **C** 1,2 м **D** 1,5 м
- Період коливань тягарця масою 800 г на пружині з жорсткістю 180 Н/м дорівнює:
A 0,21 с **B** 0,42 с **C** 0,63 с **D** 0,84 с

3. Тягарець масою 1,8 кг, що висить на пружині з жорсткістю 80 Н/м, відвели від положення рівноваги вниз і відпустили. Виникли коливання, які можна вважати незатухаючими. Протягом 5 с тягарець пройде положення рівноваги:
- A** 6 разів **B** 8 разів **C** 11 разів **D** 12 разів
4. Довжини двох математичних маятників відрізняються на 1,4 м. Протягом певного інтервалу часу маятники здійснили відповідно 15 і 20 коливань. Довжина коротшого з маятників становить:
- A** 0,8 м **B** 1,2 м **C** 1,6 м **D** 1,8 м
5. Маса тягарця пружинного маятника становить 160 г, період коливань маятника — 2 с. Щоб період коливань збільшився до 2,5 с, на тягарець слід покласти додатковий вантаж масою:
- A** 40 г **B** 60 г **C** 90 г **D** 120 г
6. Порівняйте частоти v_1 і v_2 коливань, графіки яких наведено на рисунку.



- A** $v_1 = 2v_2$ **B** $v_1 = 1,5v_2$ **C** $v_1 = \frac{2v_2}{3}$ **D** $v_1 = \frac{v_2}{2}$

22. ІМПУЛЬС. ЗАКОН ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ. РЕАКТИВНИЙ РУХ

1-й рівень складності

- 22.1.** Визначте імпульс тіла масою 0,5 кг, що рухається зі швидкістю 20 м/с.
- 22.2.** Визначте імпульс кулі масою 9 г, що летить зі швидкістю 500 м/с.

- 22.3.** Яке з тіл має більший імпульс: автобус масою 8 т, що рухається зі швидкістю 18 км/год, чи снаряд масою 6 кг, що летить зі швидкістю 500 м/с?
- 22.4.** Яке з тіл має більший імпульс: м'яч масою 400 г, що рухається зі швидкістю 30 м/с, чи людина масою 65 кг, яка йде зі швидкістю 1 м/с?
- 22.5.** Яка маса тіла, якщо його імпульс дорівнює 600 кг·м/с за швидкості руху 15 м/с?
- 22.6.** За якої швидкості руху тіло масою 200 г має імпульс 10 кг·м/с?
- 22.7.** Автобус масою 6 т рушає з місця та набирає швидкості руху 54 км/год. Визначте зміну імпульсу автобуса за час розгону.
- 22.8.** Дві пластилінові кулі, що рухалися назустріч одна одній, мали імпульси 0,2 і 0,5 кг·м/с. Кулі зіткнулися та зліпилися. Визначте модуль імпульсу отриманого шматка пластиліну.
- 22.9.** Дві пластилінові кулі, що рухалися назустріч одна одній, зіткнулися та зліпилися. Модуль імпульсу отриманого шматка пластиліну виявився 0,4 кг·м/с, а направм збігся із напрямом руху першої кулі. Яким був модуль імпульсу першої кулі, якщо модуль імпульсу другої кулі становив 0,2 кг·м/с?
- ? 22.10.** У конструкції якого транспортного засобу використовують принцип реактивного руху: а) дирижабль; б) космічний корабель; в) автомобіль; г) катер із водометним двигуном; д) літак-винищувач?
- ? 22.11.** Надуйте дитячу гумову кульку та, не зав'язуючи отвір, випустіть із рук. Поясніть спостережувані явища.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Коли людина зістрибнула з платформи, що рухалася зі швидкістю $v_0=2$ м/с, платформа зупинилася. Якої швидкості руху

відносно Землі набрала людина після стрибка, якщо маса людини $m_{\text{л}} = 50$ кг, а маса платформи $m_{\text{п}} = 150$ кг? Людина після стрибка рухалася горизонтально в напрямі початкового руху платформи.

Розв'язання. Уважаючи сили тертя малими, розглянемо систему тіл людина — платформа як замкнену. Відповідно до закону збереження імпульсу загальний початковий імпульс людини та платформи дорівнює імпульсу людини після стрибка: $(m_{\text{л}} + m_{\text{п}})v_0 = m_{\text{л}}v_{\text{л}}$. Звідси

$$v_{\text{л}} = \frac{(m_{\text{л}} + m_{\text{п}})v_0}{m_{\text{л}}}.$$

Перевіримо одиниці величин: $[v_{\text{л}}] = \frac{(\text{кг} + \text{кг}) \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{с}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$v_{\text{л}} = \frac{(50 + 150) \cdot 2}{50} = 8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Відповідь: $v_{\text{л}} = 8$ м/с.

22.12. Сталева куля рухається зі швидкістю 2 м/с, а алюмінієва куля такого самого радіуса — зі швидкістю 6 м/с. Яка з куль має більший імпульс?

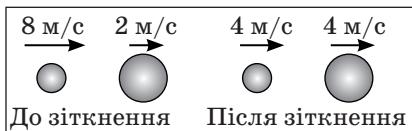
22.13. Свинцева куля рухається зі швидкістю 5 м/с, а сталева куля такого самого радіуса — зі швидкістю 8 м/с. Яка з куль має більший імпульс?

22.14. У результаті ввімкнення двигуна швидкість руху космічного корабля збільшилася від 7610 до 7650 м/с. Визначте імпульс сили тяги двигуна, якщо маса корабля дорівнює 20 т.

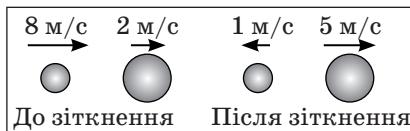
22.15. Навантажений вагон масою 70 т, що рухався зі швидкістю 0,3 м/с, зіштовхнувся з порожньою платформою масою 35 т. З якою швидкістю й куди рухалася платформа перед зіткненням, якщо після нього вагон і платформа зупинилися?

22.16. Якої швидкості руху набере ящик із піском, якщо в ньому застрягне куля, що летить горизонтально зі швидкістю 500 м/с? Маса кулі 10 г, маса ящика 25 кг. Тертя ящика об підлогу не врахуйте.

- 22.17.** Залізничний вагон масою 45 т, що рухається зі швидкістю 1,5 м/с, зіштовхується з нерухомим вагоном, маса якого 30 т, і зчіплюється з ним. Яка швидкість руху вагонів після зчеплення?
- 22.18.** У човен масою 120 кг, що пропливав під мостом, опустили з моста ящик масою 40 кг. Якою стала швидкість руху човна? Початкова швидкість його руху була 2 м/с. Опір води не врахуйте.
- 22.19.** Людина, що біжить зі швидкістю 6 м/с, доганяє візок, що рухається зі швидкістю 2 м/с, і стрибає на нього. З якою швидкістю стане рухатися візок після цього? Маси людини й візка дорівнюють відповідно 60 і 20 кг.
- 22.20.** Ковбой-початківець, накинувши ласо на бика, що біжить, від ривка полетів уперед зі швидкістю 5 м/с, а швидкість руху бика зменшилася від 9 до 8 м/с. Визначте масу бика, якщо маса ковбоя дорівнює 70 кг.
- 22.21.** У випадках *a*, *b* на рисунку показано швидкості руху двох куль до і після зіткнення. Яке відношення маси більшої кулі до маси меншої в кожному з випадків?



a



b

- 22.22.** Якої швидкості руху набере нерухоме чавунне ядро, якщо куля, що летить горизонтально зі швидкістю 500 м/с, відскочить від нього і рухатиметься в протилежному напрямі зі швидкістю 400 м/с? Маси кулі та ядра дорівнюють відповідно 10 г і 25 кг.
- 22.23.** Порожня залізнична платформа, що рухалася зі швидкістю 1 м/с, після зіткнення з навантаженою платформою набрала швидкості руху 0,6 м/с у зворотному

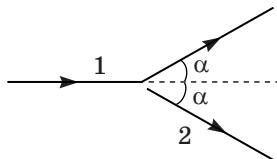
напрямі. Навантажена платформа набрала швидкості руху 0,4 м/с. З якою швидкістю рухалися б платформи, якби під час удару спрацювало автозчеплення?

- 22.24.** Хлопчик, стоячи на роликових ковзанах, так відбив м'яч, який летів горизонтально, що напрям руху м'яча змінився на протилежний. Після цього хлопчик набрав швидкості руху 0,2 м/с, а швидкість руху м'яча не змінилася за модулем. Якої швидкості набрав би хлопчик, якби швидкість руху м'яча після удару подвоїлася?
- 22.25.** Мисливець перебуває в човні, що рухається зі швидкістю 1 м/с. Скільки пострілів у напрямі руху човна має зробити мисливець, щоб човен зупинився? Маса човна з мисливцем дорівнює 180 кг, маса заряду 18 г, швидкість вильоту дробу та порохових газів уважайте рівною 500 м/с.

3-й рівень складності

- 22.26.** Візок із піском загальною масою 700 кг рухався зі швидкістю 9 км/год в напрямі до гармати. Випущений із гармати снаряд масою 10 кг улучив у візок, рухаючись зі швидкістю 400 м/с під кутом 30° до горизонту. Снаряд застряг у піску. Визначте швидкість руху візка після удару.
-  **22.27.** Снаряд, випущений вертикально вгору, розірвався у верхній точці траекторії. Перший осколок масою $m_1=1$ кг набрав швидкості руху $v_1=400$ м/с, напрямленої горизонтально. Другий осколок масою $m_2=1,5$ кг полетів угору зі швидкістю $v_2=200$ м/с. Визначте швидкість руху третього осколка масою $m_3=2$ кг.
- 22.28.** По навчальній мішенні стріляють із кулемета. Маса кулі 5 г, швидкість її руху 400 м/с, темпи стрільби — 180 пострілів щохвилини. Усі кулі застрюяють у мішенні. З якою середньою силою вони діють на мішень?

- 22.29***. На рисунку показано траекторії руху центрів двох куль ($\alpha = 30^\circ$). Знайдіть швидкості руху куль після зіткнення, якщо до нього куля 1 рухалася зі швидкістю 1 м/с, а куля 2 була нерухомою. Розгляньте два випадки: а) маси куль однакові; б) маса другої кулі вдвічі перевищує масу першої.



- 22.30***. Снаряд, що летів по параболі, розірвався у верхній точці траекторії на три осколки однакової маси. Перший осколок продовжував рух по тій же параболі й впав на відстані 1 км від гармати. Другий осколок рухався вертикально вниз і впав одночасно з першим. На якій відстані від гармати впав третій осколок?

-  **22.31***. Яку силу тяги розвиває реактивний двигун, викидаючи щосекунди 10 кг продуктів згоряння палива зі швидкістю 3 км/с відносно ракети?

- 22.32***. На скільки зміститься нерухомий човен масою 180 кг, якщо людина масою 60 кг перейде в човні на 2 м ближче до корми? Опір води не враховуйте.

Задачі для допитливих

- 22.33.** Один кінець труби спирається на гладеньку горизонтальну поверхню, а другий утримують за допомогою мотузки на висоті 3 м над поверхнею. На яку відстань зміститься нижній кінець труби, якщо мотузка обірветься? Довжина труби 5 м.
- 22.34.** Тридцять три богатирі, що біжать по дорозі з однаковою швидкістю, один за одним стрибають у візок. Спочатку візок був нерухомий, після стрибка першого богатиря він набрав швидкості руху 1 м/с, після стрибка другого — швидкості 1,67 м/с. Якою стане

швидкість руху візка, коли в ньому опиняється всі богатирі? Тертя візка об дорогу не враховуйте, усіх богатирів вважайте однаковими.

23. ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ І ІМПУЛЬСУ В МЕХАНІЧНИХ ЯВИЩАХ

1-й рівень складності

- ? 23.1. Додатну чи від'ємну роботу виконує сила тяжіння, коли тіло опускається? піднімається?
- ? 23.2. Додатну чи від'ємну роботу виконує сила тертя, коли санки витягають по схилу гори? Коли на них з'їжджають із гори?
- 23.3. Ліфт масою 300 кг піднімається з першого поверху на одинадцятий (тобто на 30 м), а потім повертається на перший поверх. Яку роботу виконує сила тяжіння під час руху вгору? під час руху вниз? протягом усього руху?
- ? 23.4. Як змінюються потенціальна і кінетична енергії вільно падаючого тіла? космічного корабля під час м'якої посадки?
- 23.5. Кожний із чотирьох двигунів літака Ан-124 («Руслан») розвиває силу тяги 230 кН за швидкості польоту 810 км/год. Яка потужність кожного з двигунів?
- 23.6. Яку роботу виконує під час пострілу сила тиску порохових газів, що діє на кулю? Маса кулі 9 г, швидкість вильоту зі ствола 600 м/с.
- 23.7. Яку роботу потрібно виконати, щоб збільшити швидкість руху тіла масою 2 кг від 5 до 7 м/с?
- 23.8. Снаряд масою 4 кг, що летить зі швидкістю 500 м/с, пробиває стіну. У результаті швидкість руху снаряда зменшується до 300 м/с. Знайдіть роботу сил, що діяли на снаряд із боку стіни.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Камінь кинули з рівня землі під кутом до горизонту, надавши йому початкової швидкості руху $v_0 = 17 \text{ м/с}$. Визначте швидкість v руху каменя на висоті $h = 3,2 \text{ м}$.

Дано:

$$v_0 = 17 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 3,2 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = ?$$

Розв'язання

Кінетична енергія каменя відразу після кидання

$W_{0\text{к}} = \frac{mv_0^2}{2}$. На висоті h камінь має потенціальну енергію $W_{\text{п}} = mgh$ і кінетичну енергію $W_{\text{k}} = \frac{mv^2}{2}$.

Коли відсутня сила опору повітря, повна механічна енергія зберігається: $W_{0\text{к}} = W_{\text{п}} + W_{\text{k}}$.

З рівняння $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}$ отримуємо $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$ (радимо порівняти з виводом цієї формули під час розв'язання задачі 19.53).

$$\text{Перевіримо одиниці: } [v] = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначимо значення швидкості: $v = \sqrt{17^2 - 2 \cdot 10 \cdot 3,2} = 15 \text{ (м/с)}$.

Відповідь: $v = 15 \text{ м/с}$.

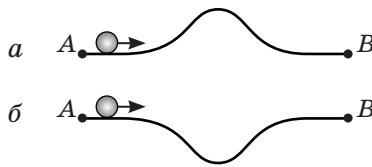
- 23.9.** Літак, що злетів і піднімається на висоту 11 км, збільшує швидкість руху до 900 км/год. Порівняйте набуті літаком кінетичну та потенціальну енергії: яка з них більша? у скільки разів?

- 23.10.** Ракета, що стартує із Землі, виводить супутник на висоту 200 км і надає йому швидкості руху 7,8 км/с. Порівняйте набуті супутником кінетичну та потенціальну енергії: яка з них більша і в скільки разів? Зміні сили тяжіння з висотою не враховуйте.

- 23.11.** З якою швидкістю потрібно кинути вниз м'яч із висоти 1 м, щоб після пружного удару об площинку м'яч «підстрібнув» на висоту 4 м?

- 23.12.** Два ковзанярі масами 60 і 90 кг стоять поруч. Відштовхнувшись один від одного, вони роз'їхалися. Який із них набув більшої кінетичної енергії? У скільки разів більшої?
- 23.13.** Визначте потенціальну енергію розтягнутої на 5 см пружини шкільного динамометра. Жорсткість пружини дорівнює 40 Н/м.
- 23.14.** Динамометр, пружина якого розтягнута на 10 см, показує силу 100 Н. Яка потенціальна енергія розтягнутої пружини?
- 23.15.** Сила, яку вимірюють за допомогою динамометра, спочатку збільшується від нуля до 40 Н, а потім — від 40 до 60 Н. У якому випадку під час розтягнення пружини виконується більша робота? У скільки разів більша?
- 23.16.** Пружина жорсткістю 120 Н/м розтягнута на 10 см. Яку роботу треба виконати, щоб розтягнути пружину ще на 20 см?
- 23.17.** Автомобіль, що рушає з місця, на першому етапі руху набирає швидкості руху 40 км/год, а на другому — збільшує швидкість руху до 60 км/год. На якому етапі руху діючі на автомобіль сили виконали більшу сумарну роботу? У скільки разів більшу?
- 23.18.** Кокосовий горіх масою 8 кг падає з висоти 8 м. Знайдіть його кінетичну та потенціальну енергії через 1 с. На якій висоті ці енергії однакові?
- 23.19.** З якою швидкістю кинули баскетбольний м'яч, якщо він пролетів через кільце зі швидкістю 3 м/с? Кидок здійснили з висоти 2 м, кільце розташоване на висоті 3 м.
-  **23.20.** З пружинного пістолета роблять постріл у горизонтальному напрямі. Якої швидкості руху набирає «куля» масою $m=50$ г, якщо перед пострілом пружина жорсткістю $k=500$ Н/м стиснута на $x=3$ см?

- ? 23.21.** Кулі в точці A надають певної швидкості руху, достатньої для досягнення точки B . По якій із гладеньких поверхонь (див. рисунок) куля швидше досягне цієї точки? Куля під час руху не відривається від поверхні.



- 23.22.** Тіло кинули із землі зі швидкістю v_0 під кутом α до горизонту. Виходячи із законів збереження імпульсу та механічної енергії, визначте висоту H верхньої точки траєкторії та швидкість v руху тіла в цій точці.

- 23.23.** Тіло масою 2 кг кинули під кутом до горизонту. У верхній точці траєкторії на висоті 20 м його кінетична енергія дорівнює 100 Дж. Якою була початкова швидкість руху тіла? Під яким кутом до горизонту його кинули?

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

У брускок, що висить на шнурі завдовжки 2 м, улучила куля, яка летіла горизонтально. Куля застрягла в бруску. З якою швидкістю вона летіла, якщо шнур відхилився від вертикалі на кут 15° ? Маса бруска 2 кг, маса кулі 8 г.

Дано:

$$l = 2 \text{ м}$$

$$\alpha = 15^\circ$$

$$M = 2 \text{ кг}$$

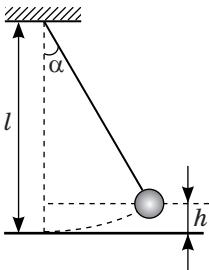
$$m = 0,008 \text{ кг}$$

$$v_0 = ?$$

Розв'язання

Процес можна розбити на два етапи. Перший етап — зіткнення кулі з бруском. При цьому брускок набирає швидкості руху u , але практично не встигає зміститися. Механічна енергія не зберігається, але зберігається імпульс системи: $mv_0 = (M+m)u$.

На другому етапі процесу брускок із застрягло в ньому кулею відхиляється на кут α , піднімаючись при цьому (див. рисунок) на висоту $h = l(1 - \cos \alpha)$.



На цьому етапі механічна енергія зберігається:

$$\frac{(M+m)u^2}{2} = (M+m)gh.$$

$$\text{Звідси } v_0 = \frac{M+m}{m} \sqrt{2gl(1-\cos\alpha)} = 2 \frac{M+m}{m} \sqrt{gl} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці: } [v_0] = \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \sqrt{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$v_0 = 2 \cdot \frac{2,008}{0,008} \cdot \sqrt{10 \cdot 2} \cdot \sin 7,5^\circ = 290 \text{ (м/с).}$$

Відповідь: $v_0 = 290 \text{ м/с.}$

- 23.24.** Яку роботу треба виконати, щоб витягти на дах канат довжиною $L=5 \text{ м}$ і масою $m=14 \text{ кг}$, що звисає з даху?
- 23.25.** Ящик масою 23 кг піднімають на балкон за допомогою мотузки масою 4 кг. Яку роботу виконують під час піднімання, якщо балкон розташований на висоті 12 м?
- 23.26.** За рахунок якої енергії злітає вгору наповнена гелієм повітряна кулька, що вирвалася з рук?
- 23.27.** Вантажу масою $m=900 \text{ г}$, що висить на пружині жорсткістю $k=360 \text{ Н/м}$, надали поштовхом швидкості руху $v=10 \text{ см/с}$ у вертикальному напрямі. Визначте амплітуду A коливань, що виникли після поштовху.
- 23.28.** Вантаж масою 400 г здійснює коливання на пружині жорсткістю 160 Н/м. Амплітуда коливань дорівнює 5 см. Знайдіть найбільшу швидкість руху вантажу.

- 23.29.** Вантаж масою 400 г здійснює коливання на пружині жорсткістю 160 Н/м. Амплітуда коливань дорівнює 5 см. Знайдіть швидкість руху вантажу в той момент, коли він перебуває на відстані 3 см від положення рівноваги.
- 23.30*.** Для автоматичного перезарядження гармати використовують енергію віддачі: відкотні частини гармати мають переміститися після пострілу на 50 см, стискаючи пружину жорсткістю 40 кН/м. Визначте початкову швидкість руху снаряда масою 2,5 кг, якщо маса відкотних частин гармати дорівнює 150 кг. Уважайте ствол горизонтальним.
- 23.31.** Куля з пневматичної гвинтівки, що летить горизонтально зі швидкістю 50 м/с, улучає в бруск, що лежить на столі, і застряє в ньому. На яку відстань переміститься бруск, якщо його маса в 49 разів більша, ніж маса кулі, а коефіцієнт тертя між бруском і столом дорівнює 0,2?
- 23.32.** Куля 1, що рухається, зіштовхується з нерухомою кулею 2. Яка частина механічної енергії перейде у внутрішню внаслідок абсолютно непружного зіткнення, якщо: а) $m_2 = 3m_1$; б) $m_2 = \frac{m_1}{3}$?
- 23.33*.** Куля масою 1 кг налітає на нерухомий куб. У результаті лобового пружного зіткнення куля відскакує назад зі швидкістю руху, рівною половині початкової швидкості. Яка маса куба?
- 23.34*.** Куля 1, що рухається, зіштовхується з нерухомою кулею 2. Яку частину кінетичної енергії кулі 1 буде передано кулі 2 внаслідок лобового пружного зіткнення, якщо: а) $m_2 = 3m_1$; б) $m_2 = \frac{m_1}{3}$?
-  **23.35*.** Якої швидкості руху набере кулька для настільного тенісу, якщо по ній вдарити ракеткою, що рухається зі швидкістю $v=8$ м/с? Зіткнення лобове, пружне.

23.36*. М'яч, що летить горизонтально зі швидкістю 25 м/с, ударяється об задній борт автомобіля, що рухається в тому ж напрямі зі швидкістю 10 м/с. Визначте модуль швидкості руху м'яча після удару, якщо удар можна вважати пружним.

23.37. Один із хлопчиків, що сидять у човні, ловить кинутий із відстані 30 м м'яч. Якої швидкості руху набрав човен, якщо м'яч перебував у повітрі 2 с? Загальна маса човна з пасажирами дорівнює 120 кг, маса м'яча — 600 г.

23.38*. Протон, що рухався зі швидкістю $v_0 = 500$ км/с, зіткнувся з нерухомим ядром. У результаті пружного зіткнення напрям руху протона змінився на протилежний, а модуль швидкості його руху зменшився до $v = 400$ км/с. З яким ядром могло відбутися це зіткнення?

23.39*. Кінетична енергія ядра Дейтерію після лобового пружного зіткнення зменшилася на 29,5 %. З ядром якого атома могло відбутися зіткнення?

Задача для допитливих

23.40. Гранітний куб із довжиною ребра 1 м переміщають «кантуванням», тобто повертають по черзі навколо ребер куба. Яку енергію необхідно затратити для переміщення куба на відстань 10 м? У яку форму переходить витрачена енергія? За якого коефіцієнта тертя на таке переміщення потрібно затратити менше енергії, ніж на поступальне переміщення куба під дією горизонтальної сили?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Сила земного тяжіння виконує від'ємну роботу, коли:
A поїзд іде горизонтальною ділянкою залізниці
B літак набирає висоту
C з гори сходить снігова лавина
D парашутист опускається на землю

- 2.** Кінетична енергія автомобіля масою 1,6 т, що рухається зі швидкістю 72 км/год, дорівнює:
- A** 72 кДж **B** 144 кДж **C** 160 кДж **D** 320 кДж
- 3.** Коли пружину динамометра розтягли на 10 см, динамометр показав силу 200 Н. Під час розтягнення пружини виконано роботу:
- A** 5 Дж **B** 10 Дж **C** 20 Дж **D** 50 Дж
- 4.** Камінь підкинули вгору з початковою швидкістю 12 м/с. Опором повітря можна знехтувати. Кінетична енергія каменя зменшилася в 9 разів на висоті:
- A** 1,6 м **B** 3,2 м **C** 6,4 м **D** 9,6 м
- 5.** Амплітуда коливань тягарця на пружині дорівнює 25 см. Коли тягарець перебуває на відстані 15 см від положення рівноваги, швидкість його руху дорівнює 0,8 м/с. Максимальна швидкість руху тягарця під час коливань становить:
- A** 1,0 м/с **B** 1,2 м/с **C** 1,5 м/с **D** 1,8 м/с
- 6.** Скільки відсотків своєї кінетичної енергії втратить ядро Дейтерію внаслідок пружного лобового зіткнення з практично нерухомим ядром Літію-6?
- A** 15 % **B** 25 % **C** 60 % **D** 75 %

ВІДПОВІДІ, ВКАЗІВКИ, РОЗВ'ЯЗАННЯ

1.9. Цвях намагнічується в магнітному полі. **1.11.** Не обов'язково: сталева скріпка могла намагнітитися в магнітному полі стрілки. **1.13.** Усі ці матеріали практично немагнітні. **1.15.** Вістря цвяхів відштовхуватимуться, вістря одного притягатиметься до головки іншого. **1.16.** Буде; північний полюс. **1.23.** Про наявність великих покладів залізної руди. **1.24.** Наприклад, про магнітну бурю або переміщення сильного магніту в лабораторії. **1.28.** Сталеві ощурки та стружка притягаються до пробки замість того, щоб потрапляти між сталевими шестернями та прискорювати їх зношування. **1.33.** Струм тече вгору. **1.34.** Див. рис. 1.

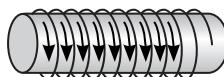
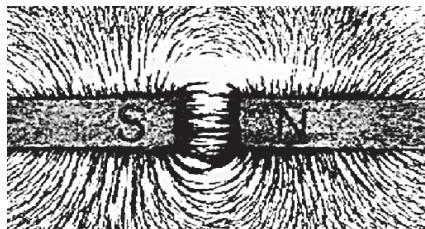
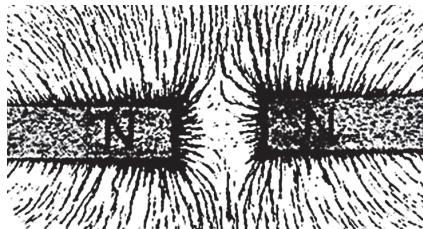


Рис. 1

1.35. У ділянці 1 — ліворуч, у ділянці 2 — праворуч. **1.36.** Центральний полюс — позитивний; напрям стрілки зміниться на протилежний. **1.41.** Провідники відштовхуються (напрями струму в них протилежні). **1.42.** Дріт набуде форми кола. **1.43.** Теж притягаються. **1.44.** Магнітне поле є тільки у випадку б. **1.45.** Стрілка залишиться в положенні, показаному на рисунку. **1.46.** Котушка відштовхнеться, розвернеться та притягнеться до магніту. **1.47.** Ліворуч розташований північний магнітний полюс, праворуч — південний. **1.48.** Стрижень треба прикріпити до деревини та опустити на воду. Якщо стрижень намагнічений, то він «вперто» орієнтуватиметься вздовж меридіана. **1.49.** Між кінцем намагніченого стрижня та центром ненамагніченого спостерігається притягання. **1.50.** Див. рис. 2.



а



б

Рис. 2

1.51. Можна, наприклад, намотати два шари витків: перший — за ходом годинникової стрілки, а другий — у зворотному напрямі.

1.52. У випадку *a* стрілки орієнтуються під дією магнітного поля Землі, у випадку *b* — унаслідок взаємодії сусідніх стрілок.

1.53. Наелектризована паличка притягатиме будь-який полюс стрілки, як і інші незаряджені тіла (магнітні властивості стрілки в цьому випадку не є суттєвими). **1.54.** Вольтметр дозволяє визначити провідник, приєднаний до позитивного полюса батарейки. За допомогою магнітної стрілки можна визначити напрям струму в цьому провіднику, а струм тече від позитивного полюса джерела струму.

2.7. Хаотична орієнтація «елементарних магнітиків» змінюється на упорядковану. **2.8.** Електромагніти приєднані до джерела струму через провідник тільки тоді, коли вони проходять ліву половину кола. Отже, вони «підхоплюють» магнітні уламки залізної руди та переносять їх праворуч. Там контакти електромагнітів торкаються вже не провідника, а діелектрика. Отже, електромагніти вимикаються та уламки залізної руди відпадають у правий піддон. Пуста ж порода збирається в лівому піддоні. **2.10.** Щоб повністю розмагнітити осердя електромагніту.

2.11. За великої сили струму електромагніт долає силу пружності засічки та звільняє важіль ключа, після чого пружина піднімає важіль і розмикає коло. **2.12.** Феромагнетики; парамагнетики та діамагнетики. **2.13.** Усередині діамагнетиків. **2.14.** З феромагнетиків. **2.15.** Послаблюються; за температури Кюрі феромагнетик перетворюється на парамагнетик. **2.16.** Природа «елементарних магнітиків» зумовлена спіном електрона та орбітальним рухом електронів в атомах. **2.17.** Підвищення температури спричиняє послаблення магнітних властивостей заліза. **2.18.** Пластинка притягається до магніту та потрапляє в полум'я спиртівки. Унаслідок нагрівання вона розмагнічується та «відпадає» від магніту. Після остигання пластиинки процес повторюється. **2.19.** Ударі порушують упорядковану орієнтацію «елементарних магнітиків» усередині магніту. **2.20.** Вібрація полегшує зміну напрямів «елементарних магнітиків». **2.21.** Магнітні поля обмоток мають підсилювати, а не послаблювати одне одне. **2.22.** Клеми 2–3 призначені для живлення обмотки реле; залежно від стану реле можуть з'єднуватися клеми 1 і 4 або клеми 1 і 5, через які живиться кероване електричне коло. **2.25.** Під час ударів відрізок труби намагнітився в магнітному полі Землі.

3.6. Уніз. **3.7.** Ліворуч — південний полюс, праворуч — північний. **3.8.** У випадку *a*. **3.9.** У випадку *b*. **3.10.** У випадку *b*. **3.11.** Проти ходу годинникової стрілки, якщо дивитися згори. **3.12.** Ліворуч — північний полюс, праворуч — південний. **3.13.** а) Від нас; б) сила не виникає; в) уніз. **3.14.** а) Сила не виникає; б) від нас; в) ліворуч. **3.15.** 0,24 Н. **3.16.** 0,11 Н. **3.17.** 0,15 Н. **3.18.** 12,5 мТл. **3.19.** 0,5 Тл. **3.20.** 0,2 Тл. **3.21.** 0,1 м. **3.22.** 0,2 м. **3.23.** Завдяки пружинам кут відхилення рамки та відхилення стрілки від нульової поділки пропорційні силі струму в рамці. **3.24.** Струм через прилад може змінювати напрям. **3.26.** Поле постійного магніту діє на котушку із силою, що залежить від сили струму. Тому швидкі зміни сили струму в котушці спричиняють коливання котушки з дифузором і виникнення звуку. **3.27.** Котушка з дифузором зміститься вперед або назад. **3.28.** $7,7 \cdot 10^{-14}$ Н. **3.29.** $5 \cdot 10^7$ м/с. **3.30.** 1 Тл. **3.31.** Обертання припиняється, коли момент сил Ампера зменшується до нуля (ці сили діють у площині рамки). **3.32.** Треба по черзі приєднати до акустичних систем гальванічний елемент і визначити полярність, за якої всі дифузори змістилися в один бік. **3.33.** Завдяки цьому обертальний момент сил Ампера практично не змінюється під час обертання ротора. **3.34.** Колектор забезпечує почергове протікання струму через різні обмотки ротора та практично незмінний обертальний момент. **3.35.** 4,9 А. **3.36.** Кожна пластинка має певну частоту власних коливань. Найсильніше коливається та пластинка, для якої частота зміни сили з боку магнітного поля збігається з частотою її власних коливань.

4.3. З'явиться, але лише на короткий час. **4.4.** У суцільному кільці під час зміни магнітного поля виникає індукційний струм, на який і діє магнітне поле. **4.6.** Котушка відштовхуватиметься від магніту незалежно від того, яким полюсом його наближають. **4.7.** Тривалість коливань над алюмінієвим листом менша. **4.8.** Будуть тільки у випадку мідної пластиини. **4.9.** Більші зусилля потрібні у випадку замкненої котушки. **4.10.** Час падіння через замкнену котушку більший. **4.11.** У компасах із мідним корпусом. **4.12.** Коли клеми замкнені, утворюється замкнене коло; під час коливань стрілки рамка рухається в полі магніту, що спричиняє виникнення індукційного струму та гальмування руху рамки. **4.14.** Кільце підстрибне. **4.15.** Для швидкого знімання потрібні більші зусилля. **4.16.** Тільки у випадку *b*. **4.17.** Тільки

у випадку обертання навколо осі *ef*. **4.19.** Швидкість збільшується все повільніше, установлюється практично рівномірний рух. **4.20.** У такому режимі електровоз «повертає» у мережу електроенергію (відбувається перетворення кінетичної енергії поїзда на електроенергію).

5.9. 5 год 33 хв. **5.10.** 220 млн км. **5.28.** а) Можна; б) не можна. **5.29.** 9,9 м. **5.30.** 24 м. **5.31.** Не більше ніж 33 см.

5.32. $9,5 \cdot 10^{15}$ м. **5.33.** 75 м. **5.34.** 1,5 км. **5.37.** Про те, що Венера не випромінює «власне» світло, а відбиває сонячне світло. **5.41.** 5 м. **5.42.** *Розв'язання.* Відожної точки предмета *AB*, що перебуває за вікном, на стіну потрапляє тільки вузький світловий пучок, який пройшов крізь отвір *O*. Унаслідок цього на стіні виникає перевернуте зображення *A₁B₁* предмета (рис. 3). Пристрій, у якому використовують такий принцип отримання зображення, називають камерою-обскурою. **5.44.** 12 c^{-1} . **5.45.** 18,5 км. **5.47.** *Підказ.* Порівняйте із задачею 5.42. **5.49.** Див. рис. 4.

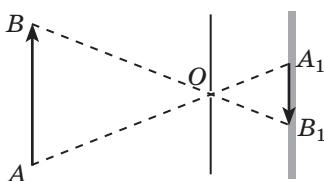


Рис. 3

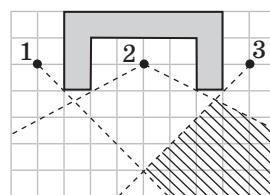


Рис. 4

6.26. 20° . **6.27.** На 15° . **6.39.** Наприклад: АННА, ПОТОП. **6.40.** Потрібне було ввігнути дзеркало; ворожі кораблі мали потрапити в його фокус. **6.43.** *Розв'язання.* Відбитий промінь має бути вертикальним (рис. 5). Кут між падаючим і відбитим (вертикальним) променями дорівнює 100° . Відповідно до закону відбивання світла перпендикуляр до площини дзеркала ділить цей кут на два рівних кути по 50° . Отже, цей перпендикуляр утворює кут 50° із вертикальним променем і кут 40° із горизонтальною площею. Площа ж дзеркала утворює кут 50° із горизонтом. **6.44.** 30° . **6.52.** Напрям зміниться на протилежний. **6.53.** Див. рис. 6 (*A₁B₁* — зображення вікна в дзеркалі; *CD* — шукана ділянка стіни). **6.54.** Див. рис. 7 (*A₁* — зображення точки *A* у «вертикальному» дзеркалі; *B₁* — зображення точки *B* в «горизонтальному»).

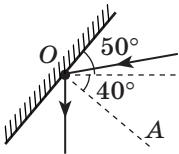


Рис. 5

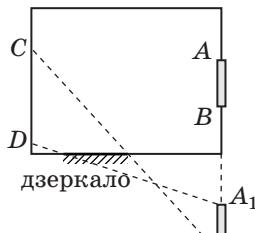


Рис. 6

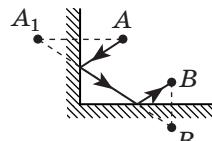


Рис. 7

7.6. 1,2. 7.7. 1,4. 7.20. а) 2; б) 1,5. 7.21. а) Плоске дзеркало або призма; б) призма; в) плоске дзеркало. 7.22. $2,3 \cdot 10^8$ м/с. 7.23. $2 \cdot 10^8$ м/с. 7.24. На 15° ; 1,41. 7.25. 1,22; 45° . 7.26. 36° . 7.30. Розв'язання. Чорвона поверхня добре відбиває лише чорвоні промені, а біла — усі світлові промені. Отже, чорвоні промені добре відбиватимуться і від напису, і від аркуша. Тому при чорвоному освітленні напис буде майже невидимий. Зелене ж світло майже не відбиватиметься від чорвоної поверхні. Тому ми побачимо чорний напис на зеленому аркуші. 7.34. 40° . 7.37. Розв'язання. Показник заломлення середовища, до якого переходить світло з вакууму, $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$. Оскільки $\sin \alpha = \frac{AB}{OA}$, $\sin \beta = \frac{DE}{OE}$ і $OA = OE$ (рис. 8), отримуємо $n = \frac{AB}{DE} = \frac{4}{3} \approx 1,33$. Оскільки $AB = BC$, кути α і γ однакові (відбитий промінь показаний правильно).

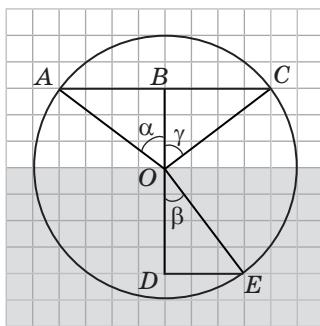


Рис. 8

7.45. Жовте. 7.46. Оранжеве. 7.48. Білою або зеленою. 7.49. Зеленою або чорною. 7.50. Жовтою або чорною.

8.14. Розв'язання. Дійсні зображення предметів може давати лише збиральна лінза. Щоб зображення було збільшеним, воно має бути від лінзи далі, ніж сам предмет, тобто відстань d від предмета до лінзи має задовільнити умові $F < d < 2F$ (рис. 9).

8.25. $4F/3$; зображення дійсне, обернене, зменшене в 3 рази.

8.26. 15 см; зображення дійсне, обернене, зменшене у 2 рази.

8.27. 90 см; зображення дійсне, обернене, збільшене у 2 рази.

8.31. 20 см. **8.32.** 9 дптр. **8.33.** 6,7 дптр. **8.36.** 36 см. **8.37.** 0,1 м.

8.38. Розв'язання. Промені, які зазвичай зручно використовувати для побудови зображення, у цьому випадку збігаються з головною оптичною віссю лінзи. Тому найпростіший шлях до розв'язання — уявити, що в точці A є предмет (вертикальна стрілка, див. рис. 10). Побудувавши зображення верхівки цієї стрілки, ви легко знайдете і зображення точки A .

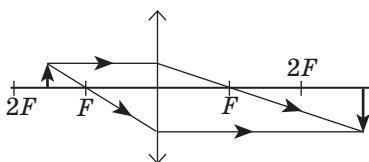


Рис. 9

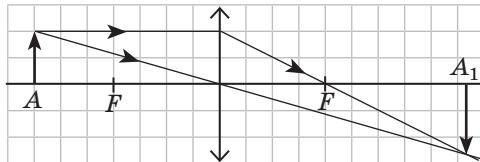


Рис. 10

8.39. Форма та розміри зображення не зміняться, усе зображення стане менш яскравим. **8.41.** а) 30 см; б) 60 см; в) 10 см.

8.42. Друге зображення в 4 рази менше; 16 см. **8.43.** Лінза розсіювальна; $-2,5$ дптр. **8.44.** Може, якщо на кульку падатиме збіжний пучок променів (отриманий, наприклад, за допомогою збиральної лінзи). **8.45.** 6 дптр. **8.46.** 0,45 м. **8.47.** 45 см.

9.12. 0,5 м; далекозорість. **9.17.** 3,1 см; 32 дптр. **9.18.** 5 см; 20 дптр. **9.22.** Дійсне; обернене; збільшене. **9.24.** Людина може розрізняти кольори лише за достатньої інтенсивності світла.

9.25. 12,5 см. **9.26.** 6 мм. **9.27.** 30 мм. **9.28.** Оптична сила лінз окулярів $-2,7$ дптр; уявне; зменшене. **9.29.** Оптична сила лінз окулярів 1 дптр; уявне; збільшене. **9.31.** 40 см. **9.32.** 4h; обернене.

9.33. 50; 60 см. **9.35.** Телескоп збільшує освітленість зображення на сітківці; дозволяє розрізнати зорі, які майже зливаються.

9.36. 50. **10.7.** 0,18 лм. **10.8.** 20 лк. **10.9.** 720 лк. **10.10.** 40 лк. **10.11.** В 1,6 разу. **10.12.** 1200 кд. **10.13.** 3200 кд. **10.14.** 250 кд.

10.15. 5 м. **10.16.** Під першим ліхтарем, на 2,4 %. **10.19.** Зменшиться в 1,4 разу; зменшиться у 2 рази. **10.22.** Джерело зеленого

світла. **10.23.** 16 лк. **10.24.** 10 лк. **10.25.** Освітленість у точці *A* більша в 1,5 разу.

11.7. 2 км. **11.8.** 2,7 км. **11.9.** 85 м. **11.10.** 170 м.

11.16. Роз'язання. Коли по нитці біжить хвиля, кожна точка нитки здійснює коливання. У показаний на рисунку момент відхилення точок *B* і *D* від положень рівноваги є максимальними. Отже, швидкості цих точок дорівнюють нулю. Точки ж *A* і *C* в цей момент проходять положення рівноваги. До точки *A* наближається «гребінь» хвилі, до точки *C* — «западина». Отже, швидкість точки *A* направлена вгору, а швидкість точки *C* — униз. Цього висновку можна дійти й інакше: накреслити схематично форму нитки через невеликий проміжок часу (штрихова лінія на рис. 11) та подивитися, куди змістилися точки *A* і *C*.

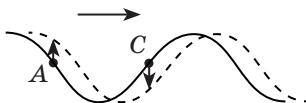


Рис. 11

11.17. Праворуч. **11.18.** 4 м/с. **11.19.** 1,5 м/с. **11.20.** 0,77 м; 12,5 м.

11.21. а) 1,7 м; б) 7,5 м. **11.22.** Від 260 Гц до 15 кГц. **11.23.** 4,5 км/с.

11.24. 6 м. **11.25.** 5 км. **11.26.** 800 Гц. **11.27.** Так. **11.28.** 3,2 м/с.

11.29. 3 м/с. **11.30.** 2,5 м. **11.31.** Може, якщо шоломи скафандрів торкатимуться один одного. **11.34.** Швидкості поширення звуку в повітрі та сталі неоднакові. **11.36.** Звук поширюється по корпусу літака та повітрям всередині літака. **11.37.** Частота не змінюється, довжина хвилі збільшується. **11.39.** Комар.

11.42. Звук відбивається від поверхні скла. **11.43.** У порожній залі помітнішим є відбивання звуку. **11.47.** 29 мкс. **11.48.** Через наявність порожнин, заповнених повітрям. **11.49.** Енергія перетворюється на внутрішню. **11.50.** 2500 м/с. **11.51.** Не обов'язково (гучність залежить також від частоти звуку). **11.52.** Звук, що йде з повітря, значною мірою відбивається від поверхні води.

11.53. Звук відбивається від екранів. **11.54.** 34 м/с. **11.55.** 200 м/с.

11.56. 1,5 км. **11.57. Роз'язання.** Розглянемо момент, коли літак перебуває в точці *A* (рис. 12, а). Звукова хвиля, випущена літаком у пройденій раніше точці *B*, має в цей момент «вік»

$$\Delta t = \frac{AB}{nv},$$

де v — швидкість звуку в повітрі. Тому відповідний звук можна почути на сфері радіусом $R = v \cdot \Delta t$. Побудуємо конус із вершиною в точці *A*, що торкається цієї сфери.

Кут α (див. рис. 12, а) знаходимо зі співвідношення $\sin \alpha = \frac{R}{AB} = \frac{1}{n}$.

Цей кут не залежить від довжини відрізка AB , тому побудований конус (рис. 12, б) торкається *всіх* аналогічних поверхонь, які відповідають звуковим хвиллям, випущеним літаком до його «приходу» в точку A . Таким чином, усередині цього конуса (його називають звуковим) спостерігач може почути звук, а поза конусом — не може.

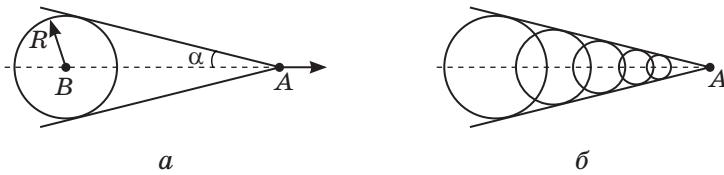


Рис. 12

- 12.1.** 3 м. **12.2.** 5 м. **12.3.** 1 мкс. **12.4.** 0,5 МГц. **12.5.** 20 МГц. **12.6.** $4 \cdot 10^{15}$ Гц. **12.7.** $5 \cdot 10^9$ Гц. **12.8.** 6,7 МГц. **12.19.** Це ультрафіолетове випромінювання. **12.20.** Це радіохвилья. **12.21.** Це рентгенівське випромінювання. **12.22.** 100 м. **12.23.** $2,5 \cdot 10^8$ м/с. **12.24.** Збільшили в 3 рази. **12.25.** Збільшився в 4 рази. **12.26.** Зменшилася в 4 рази. **12.27.** 0,24 с. **12.28.** 16 хв 40 с. **12.29.** 60 км. **12.32.** Радіослухач. **12.33.** 1,5 км. **12.34.** 8 мкс. **12.35.** 37,5 км. **12.36.** 750 імпульсів за секунду. **12.37.** 4000; 75 км. **12.38.** 6000. **12.39.** $1,5 \cdot 10^6$. **12.40.** 2,4 км. **12.41.** 50 нс. **12.42.** 94 км. **12.43.** 21 м. **12.44.** 150 км; не більше ніж 1000 імпульсів за секунду.

- 13.6.** 14. **13.7.** 10. **13.8.** 7. **13.9.** Титан. **13.10.** Ванадій. **13.11.** Ядро Силіцію. **13.12.** а) Флуор; б) Аргон; в) Стибій; г) Плутоній. **13.13.** 40 протонів і 51 нейtron. **13.14.** 57 протонів і 82 нейтрони. **13.16.** ${}_1^2\text{H}$, ${}_2^4\text{He}$, ${}_3^6\text{Li}$, ${}_6^{12}\text{C}$, ${}_8^{16}\text{O}$, ${}_{14}^{28}\text{Si}$. **13.33.** $1,6 \cdot 10^{-19}$ і $3,2 \cdot 10^{-18}$ Кл. **13.34.** $2,1 \cdot 10^{-18}$ і $7,5 \cdot 10^{-18}$ Кл. **13.35.** $1,8 \cdot 10^{-18}$ і $5,1 \cdot 10^{-18}$ Кл. **13.36.** $1,1 \cdot 10^{-18}$ і $1,6 \cdot 10^{-18}$ Кл. **13.37.** а) Манган; б) Бром; в) Цезій. **13.41.** а) ${}_1^2\text{H}$; б) ${}_1^3\text{H}$; в) ${}_2^3\text{He}$; г) ${}_2^4\text{He}$; д) ${}_4^9\text{Be}$. **13.42.** 93 частинки (по 29 протонів і електронів, 35 нейtronів). **13.43.** 58 частинок (по 19 протонів і електронів, 20 нейtronів). **13.45.** Атом Титану; атом Сульфуру. **13.46.** 234. **13.47.** Ядро Ванадію. **13.48.** Ядро Цезію. **13.49.** Ядро Ксенону. **13.50.** Тільки у випадку б. **13.58.** а) ${}_{16}^{32}\text{S}$, ${}_{19}^{39}\text{K}$, ${}_{18}^{40}\text{Ar}$, ${}_{25}^{55}\text{Mn}$, ${}_{26}^{57}\text{Fe}$, ${}_{53}^{127}\text{I}$, ${}_{63}^{152}\text{Eu}$; б) ${}_{16}^{32}\text{S}$, ${}_{18}^{40}\text{Ar}$, ${}_{19}^{39}\text{K}$, ${}_{25}^{55}\text{Mn}$, ${}_{26}^{57}\text{Fe}$, ${}_{53}^{127}\text{I}$, ${}_{63}^{152}\text{Eu}$; в) ${}_{16}^{32}\text{S}$,

$^{39}_{19}\text{K}$, $^{40}_{18}\text{Ar}$, $^{55}_{25}\text{Mn}$, $^{57}_{26}\text{Fe}$, $^{127}_{53}\text{I}$, $^{152}_{63}\text{Eu}$. **13.59.** а–д) 11; е–ж) 23; 3) 12. **13.60.** 9 %. **13.61.** 7,5 %.

14.4. 1 — α -частинки, 2 — γ -випромінювання, 3 — β -частинки. **14.6.** На атоми Гелію. **14.9.** 10^9 Бк. **14.10.** $2 \cdot 10^9$ Бк. **14.12.** У 4 рази; у 32 рази; у 1024 рази. **14.13.** 2. **14.14.** 4. **14.16.** Відхилення стрілки збільшується. **14.17.** Відхилення стрілки зменшується. **14.18.** У Нітроген; $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$. **14.19.** Ядро Актинію; $^{225}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^{225}_{89}\text{Ac} + {}^0_{-1}\text{e}$. **14.20.** Ядро Нікелю; $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\text{e}$. **14.21.** Ядро Магнію-22. **14.22.** Унаслідок α -роздаду. **14.23.** Ядро Торію; $^{233}_{92}\text{U} \rightarrow ^{229}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$. **14.24.** Ядро Полонію; $^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^{216}_{84}\text{Po} + {}^4_2\text{He}$. **14.25.** Ядро Плюмбуму-208. **14.26.** $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$. **14.27.** $^{224}_{88}\text{Ra}$. **14.28.** 220; 86. **14.29.** Чотири α -роздади та два β -роздади. **14.30.** П'ять α -роздадів і три β -роздади. **14.31.** Шість α -роздадів і три β -роздади. **14.38.** 375 Бк. **14.39.** 3200 Бк. **14.40.** $1,35 \cdot 10^{11}$. **14.41.** $2 \cdot 10^{12}$. **14.42.** $5 \cdot 10^{18}$. **14.43.** $5 \cdot 10^{16}$. **14.44.** 12,5 %. **14.45.** 1/64. **14.46.** 15/16. **14.47.** 99 %. **14.48.** 4 доби. **14.49.** 0,5 год. **14.50.** 3 год. **14.51.** Через 1 год. **14.52.** За 26 років. **14.53.** Для Кобальту-60; у 250 разів. **14.54.** У Іцезію-137; у 53 рази. **14.56.** Гальванометр покаже, що між пластиналами тече струм. **14.58.** *Роз'язання*. Зразок містить

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A \text{ атомів Плутонію (тут } M = 0,238 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \text{). Активність} \\ \text{препарату } A = \lambda N, \text{ де } \lambda = \frac{0,693}{T} \text{ — стала радіоактивного розпаду} \\ \text{Плутонію-238. Оскільки час спостереження малий у порівнянні} \\ \text{з періодом напіврозпаду, активність препарату за цей час суттєво} \\ \text{не змінюється. За час } t \text{ кількість розпадів становить } At, \text{ уна-} \\ \text{слідок розпадів виділяється енергія } W = AtW_0 = \frac{0,693N_A m t W_0}{MT}.$$

Перевіривши одиниці та підставивши значення величин, отримаємо $W = 490$ Дж. **14.59.** 2,9 мДж. **14.60.** 6 год. **14.61.** У другому розчині кількість радіоактивних атомів більша у 256 разів.

15.4. 2 мГр. **15.5.** 4 мГр. **15.8.** 42 Гр. **15.9.** 63 Гр. **15.10.** На $5 \cdot 10^{-6}$ °С. **15.11.** На $5,4 \cdot 10^{-4}$ °С. **15.12.** 0,29 мГр. **15.13.** 0,56 мкГр/с. **15.14.** $4,8 \cdot 10^{-10}$ Гр/с. **15.15.** $4 \cdot 10^{-9}$ Гр/с. **15.16.** 14 с. **15.17.** 0,1 Гр/с.

- 16.15.** У ядра Магнію; $^{27}_{13}\text{Al} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^4_2\text{He}$. **16.16.** Нейтрони; $^{14}_7\text{N} + ^1_0n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$. **16.17.** Ядром Дейтерію; $^7_3\text{Li} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^8_4\text{Be} + ^1_0n$. **16.18.** $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^1_0n$. **16.19.** $^{27}_{13}\text{Al} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + ^4_2\text{He}$. **16.20.** $^{95}_{42}\text{Mo} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{96}_{43}\text{Tc} + ^1_0n$. **16.21.** $^{10}_5\text{B} + ^1_0n \rightarrow ^7_3\text{Li} + ^4_2\text{He}$. **16.22.** $^6_3\text{Li} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^3_2\text{He}$. **16.26.** а) Нейтронами; б) α -частинками; в) протонами. **16.31.** $1,6 \cdot 10^{14}$ Дж. **16.32.** 7,6 кг. **16.37.** 8,3 км. **16.38.** На 20 °С. **16.39.** 290 т. **16.40.** Маса вугілля більша в 30 млн разів. **16.41.** 2,3 кг. **16.42.** 22,5 %. **16.44.** ^8_4Be .

- 17.2.** 0,1 м/с². **17.3.** 1,5 м/с². **17.4.** У напрямі руху; 2 м/с². **17.5.** Протилежно напряму руху; 2 м/с². **17.6.** 2 м/с; 6 м/с; 20 м/с. **17.7.** 3 м/с; 6 м/с. **17.10.** Прискорення обох поїздів напрямлені на південь. **17.11.** 0,5 м/с². **17.12.** 0,3 м/с². **17.13.** 20 м/с². **17.14.** 0,4 м/с². **17.15.** 2 м/с²; $v = 20 - 2t$. **17.16.** Формули b , v . **17.18.** 7 м/с. **17.19.** 5,4 м/с. **17.20.** 50 с. **17.21.** 30 с. **17.22.** 25 м. **17.23.** 10 с. **17.24.** 45 м; 500 м. **17.25.** 32 м. **17.26.** 150 м; 15 м/с. **17.27.** 0,8 мс. **17.28.** 12 м/с. **17.29.** 150 м. **17.30.** 25 м. **17.31.** Не менше ніж 1,5 м/с². **17.32.** 52 м/с. *Розв'язання.* Скористаємося формулами, що зв'язують переміщення тіла під час рівноприскореного руху з початковою і кінцевою швидкостями руху: $-2aL = 0 - v_0^2$ і $-2as = v^2 - v_0^2$. Поділивши друге співвідношення на перше, отримаємо $v^2 = v_0^2 \left(1 - \frac{s}{L}\right)$. **17.33.** 30 м/с. **17.34.** 8 м. **17.36.** 8 м/с; 1 м/с². **17.37.** 8 м/с; 2 м/с². **17.38.** $v_x = 3 - 1,5t$. **17.39.** $-1,5 \text{ м/с}^2$; 9 м; 15 м. **17.40.** а) 1,5 м/с; 1,5 м/с; б) 0; 1,5 м/с. **17.41.** Не може. **17.42.** На першому етапі. **17.43.** *Розв'язання.* Оскільки наведена формула залежності $x(t)$ являє собою окремий випадок загальної формули $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$, рух є прямолінійним рівноприскореним, причому $x_0 = -4$ м, $v_{0x} = 2$ м/с, $a_x = -2$ м/с². Таким чином, за першу секунду швидкість руху тіла зменшилася від 2 м/с до нуля, а потім тіло рухалось у від'ємному напрямі осі Ox , а модуль швидкості його руху збільшувався. Залежності проекцій швидкості руху та переміщення від часу задаються формулами $v_x = v_{0x} + a_x t = 2 - 2t$; $s_x = x - x_0 = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} = 2t - t^2$.

Графіки цих залежностей наведено на рис. 13. Для побудови

графіка залежності шляху від часу $l(t)$ зручніше скористатися не формулою, а вже побудованим графіком $s_x(t)$. Слід урахувати, що під час руху у від'ємному напрямі осі Ox (коли s_x зменшується), шлях збільшується, причому $\Delta l = |\Delta s_x|$. Інакше кажучи, залежність $l(t)$ є такою, що не убуває. Щоб одержати з графіка $s_x(t)$ графік $l(t)$, потрібно симетрично відбити ділянку графіка при $t > 1$ с вгору.

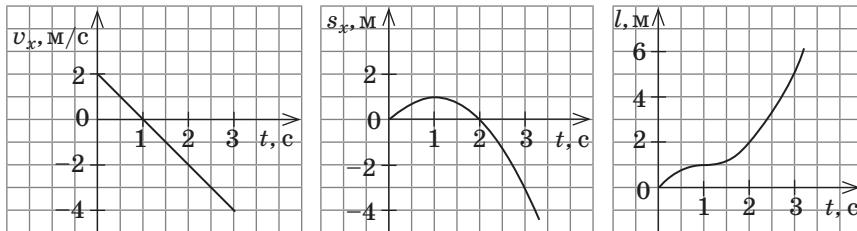


Рис. 13

17.47. $a = 20 \text{ см/с}^2$, $v_0 = 0$. Розв'язання. З рисунка робимо висновок, що переміщення кульки пропорційне до квадрата часу. Отже, початкова швидкість руху дорівнює нулю. Щоб знайти прискорення a , можна, наприклад, підставити у формулу $s = \frac{at^2}{2}$ значення $s = 90 \text{ см}$ і $t = 3 \text{ с}$.

17.48. 114 км/год. **17.49.** 42 км/год. **17.50.** 40 км/год. **17.51.** Вказівка. Див. рис. 14. Скористайтеся тим, що шлях чисельно дорівнює площі під графіком $v(t)$.

17.52. 30 см. **17.54.** 9 м. **17.55.** 30 см. **17.57.** 60 км/год. Розв'язання. Графік $v(t)$ для руху поїзда має вигляд, показаний на рис. 15. Пройдений шлях чисельно дорівнює площі трапеції, тобто $s = \frac{t + (t - t_1)}{2} \cdot u$.

Оскільки $s = v_c \cdot t$, отримуємо $u = \frac{2tv_c}{2t - t_1}$.

17.58. На 21 с.

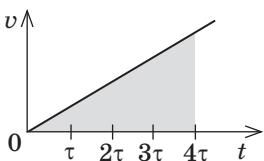


Рис. 14

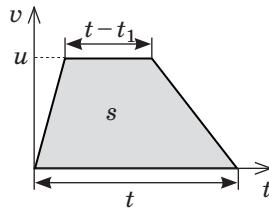


Рис. 15

- 18.3.** 20 Н. **18.4.** 9 Н. **18.5.** 2 кг. **18.6.** 8 кг. **18.7.** 12 м/с².
18.8. 5 м/с². **18.15.** Маса вантажу втричі більша. **18.16.** Від 5 до 25 Н. **18.19.** а) 0,5 м/с²; б) 3,5 м/с²; в) 2,5 м/с². **18.20.** а) 0,8 м/с²; б) 1 м/с². **18.21.** Модулі сил однакові. **18.22.** Модулі прискорень однакові. **18.25.** Порушиться (склянка з водою переважить). **18.26.** 1 Н; 1 Н. **18.27.** 10 м/с². **18.28.** Маса баркаса більша в 5 разів. **18.29.** Маса світлого візка вдвічі більша. **18.30.** У всіх випадках на гирю діють сила тяжіння mg та сила пружності \tilde{N} з боку руки атлета. а) $N > mg$; б) $N = mg$; в) $N < mg$; г) $N = mg$. **18.31.** а) 500 Н; б) нуль; в) 2,5 кН. **18.32.** 30 кН. **18.34.** а) Нуль; б) не можна. *Розв'язання.* б) Зауважимо, що сила натягу каната не зміниться, якщо один із суперників просто прив'яже «свій» кінець каната до дерева, а другий буде продовжувати тягти канат із такою самою силою. Адже відповідно до третього закону Ньютона дерево буде діяти на канат із такою ж за модулем силою, з якою канат діє на дерево. Інакше кажучи, дерево прекрасно «замінить» одного із суперників. Виходить, сила натягу каната така сама, немовби до нього просто підвісили вантаж вагою 400 Н. Якщо ж підвісити до каната вантаж масою 60 кг (він важить 600 Н), канат не витримає. **18.35.** Може. **18.36.** 2,4 кН.
18.37. 4 кг. **18.38.** 24 Н. **18.39.** $F = \frac{x F_0}{l}$. *Розв'язання.* Стриженъ рухається з прискоренням $a = \frac{F_0}{M}$, де M — маса стрижня. Застосувавши другий закон Ньютона до частини стрижня завдовжки x і масою m , отримаємо $F = ma = \frac{m F_0}{M}$. Для однорідного стрижня $\frac{m}{M} = \frac{x}{l}$; отже, $F = \frac{x F_0}{l}$. **18.40.** $F = F_1 + \frac{x(F_2 - F_1)}{l}$. **18.41.** Одну третину; відповідь не зміниться. **18.43.** 100 м; 87,5 м. **18.44.** Через 27 с. **18.45.** Рівнодійна дорівнює нулю. *Розв'язання.* Позначимо рівнодійну всіх сил \vec{R} . Якщо всю систему сил повернути на кут $\frac{2\pi}{5}$ (наприклад, за годинниковою стрілкою), то на такий самий кут повернеться і вектор \vec{R} . Проте внаслідок такого повороту система сил не змінюється: просто кожний вектор займає місце сусіднього. Виходить, що рівнодійна не повинна змінитися. Єдиний же вектор, що не змінюється внаслідок повороту, — нульовий.

19.1. 30 м/с. **19.2.** 20 м/с. **19.3.** 80 м. **19.4.** 51 м. **19.5.** 3 с. **19.6.** 1,6 с. **19.7.** 5 с; 10 с. **19.8.** $1,7 \cdot 10^{-9}$ Н. **19.9.** 15 Н. **19.10.** У 3 рази; у 9 разів. **19.11.** 20 м/с; 20 м; 20 м/с. **19.12.** 5 м; 35 м. **19.13.** 0,45 с; 25 мс. **19.14.** 1 і 3 с. **19.15.** 11 м. **19.16.** Удень. **19.17.** а) $6 \cdot 10^{24}$ кг; б) 5500 кг/м³. **19.18.** 10 м/с². **19.19.** У 9 разів. **19.20.** 2640 км. **19.21.** На 0,02 м/с². *Розв'язання.* Відповідно до закону всесвітнього тяжіння $mg = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$, $mg_0 = G \frac{Mm}{R^2}$.

Тут R — радіус Землі; g_0 — прискорення вільного падіння на рівні моря. Звідси отримуємо $g = \frac{R^2}{(R+h)^2} g_0$; $g_0 - g = \frac{(R+h)^2 - R^2}{(R+h)^2} g_0 \approx \frac{2h}{R} g_0$ (ми скористалися тим, що h набагато менше від R). **19.22.** 98 км. **19.23.** 32 м/с². **19.24.** Під літаком. **19.25.** 35 м. **19.26.** а) Час не зміниться, дальність збільшиться в 3 рази; б) час і дальність збільшаться в $\sqrt{3}$ разу. **19.27.** 3 с; 30 м; 54 м. **19.28.** 20 м/с. **19.29.** 45 м/с. **19.30.** На 40° . *Розв'язання.* Дальність польоту тіла, кинутого з певною швидкістю під кутом α до горизонту, не змінюється, якщо кут стає рівним $90^\circ - \alpha$. Отже, другий снаряд був випущений під кутом 65° до горизонту. **19.31.** 90 м. **19.32.** В 1,5 разу. **19.33.** 15 м/с; 10 м/с². **19.34.** 4 с. **19.35.** 4 с. **19.36.** 80 с; 8 км; 55 км. **19.37.** 12,5 м; 10 м. **19.38.** 3,5 с. *Розв'язання.* Нехай тривалість падіння дорівнює t , початкова висота h , а за останній відрізок часу τ тіло пройшло відстань s . Тоді за час $t - \tau$ під час вільного падіння без початкової швидкості тіло пройшло відстань $h - s$. Зі співвідношень $h = \frac{gt^2}{2}$ і $h - s = \frac{g(t-\tau)^2}{2}$ отримуємо $s = \frac{g\tau(2t-\tau)}{2}$,

звідки $t = \frac{s}{g\tau} + \frac{\tau}{2}$. **19.39.** 58 м. **19.40.** 1 с. **19.41.** У точці на відстані 300 000 км від центра планети та 100 000 км — від центра супутника. **19.42.** До Сонця, приблизно вдвічі. **19.43.** Можуть; покази пружинних ваг слід збільшувати приблизно в 6 разів. **19.44.** 2 км. **19.45.** На 9,6 см. **19.46.** 790 Н. **19.47.** 63° . **19.48.** 250 м/с; 37° . **19.49.** Через 0,60 і 2,2 с. *Розв'язання.* Існують два моменти часу, що задовільняють поставлену умову (у перший момент тіло рухається по висхідній частині траєкторії, у другий — по спадній). З рівняння $|v_y| = v_x \operatorname{tg} \beta$ з урахуванням співвідношень

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt, \quad v_x = v_0 \cos \alpha \text{ отримуємо } t = \frac{v_0}{g} (\sin \alpha \pm \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \alpha).$$

19.50. 20 м. **19.51.** *Розв'язання.* За відсутності тяжіння осколки рухалися б рівномірно і прямолінійно, заповнюючи сферу з радіусом $v_0 t$ із центром у точці вибуху. Оскільки тяжіння надає всім осколкам однакового прискорення, його легко можна «видалити» — для цього треба перейти в систему відліку, зв'язану з вільно падаючим тілом (так рухався б сам снаряд, якби він залишився цілим). У цій системі відліку осколки рухаються без прискорення. Виходить, «хмаро осколків» — теж сфера з радіусом $v_0 t$, тільки центр її не перебуває в спокої відносно Землі, а опускається з прискоренням \bar{g} без початкової швидкості (пригадайте святкові феєрверки). **19.52.** У центр яблука.

19.53. 12 м/с. *Розв'язання.* Нехай тіло кинули під кутом α до горизонту. Тоді в момент часу t висота тіла $h = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$,

$$\text{а швидкість його руху } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{(v_0 \cos \alpha)^2 + (v_0 \sin \alpha - gt)^2} = \\ = \sqrt{v_0^2 - 2g \left(v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \right)}.$$

Підкореневий вираз можна записати

у вигляді $v_0^2 - 2gh$, звідки $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$. Згодом ви дізнаєтесь, що цю задачу значно легше розв'язати, застосовуючи закон збереження енергії. **19.54.** У 14 разів. **19.55.** 7,1 кг. **19.56.** 20 м.

19.57. 15 м/с. **19.58.** $v_{\min} = \sqrt{g \left(H + \sqrt{H^2 + s^2} \right)}$.

20.6. 3,8 м/с². **20.7.** 1,2 м/с². **20.8.** 1,1 м/с². **20.9.** 11°. **20.10.** а) 2,8 м/с²; б) 5,8 м/с². **20.11.** 150 Н. **20.12.** а) 215 Н; б) 10 Н. **20.13.** 1,3 кН. **20.14.** 3,3 м/с²; 4 Н. **20.15.** 53 г. **20.16.** 18 Н.

20.17. 0,34. **20.18.** *Розв'язання.* За малих значень кута α бруск залишатиметься в спокої, а за великих — зісковзуватиме. У першому випадку діє сила тертя спокою, у другому — сила тертя ковзання. У першому випадку $F_t = mg \sin \alpha$, цей випадок реалізується за умови $\alpha \leq \alpha_0$, де $\operatorname{tg} \alpha_0 = \mu$ (якщо $\alpha = \alpha_0$, можливий рух із постійною швидкістю). За умови $\alpha > \alpha_0$ тіло зісковзує з прискоренням; сила тертя ковзання $F_t = \mu N = \mu mg \cos \alpha$. Таким

чином, графік залежності сили тертя від кута нахилу площини складається з двох ділянок (рис. 16). Сила тертя є максимальною саме на межі цих ділянок; оскільки $\sin \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}$, отримуємо

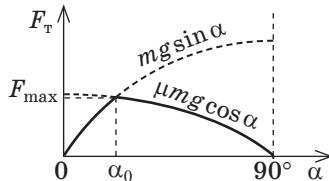
$$F_{\max} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2}}.$$


Рис. 16

20.19. а) $F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$; б) $F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}$ за умови $\operatorname{tg} \alpha < \frac{1}{\mu}$;

за умови $\operatorname{tg} \alpha > \frac{1}{\mu}$ санчата не зрушать з місця. **20.20.** а) Якщо мотузка горизонтальна; б) якщо мотузка утворює кут 30° з горизонтом. **20.21.** 1,6 кг. **20.22.** Сила натягу в точці *A* вдвічі більша.

20.23. 5 Н. **20.24.** 0,29 кг. **20.25.** $F > \mu g(m_1 + m_2)$. **20.26.** $a_1 = 2g$, $a_2 = 0$. **20.27.** 0,35; 6 Н. **20.29.** $F_{\min} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2}}$.

21.2. 5 с; 0,2 Гц. **21.3.** Не зміниться. **21.4.** Не зміниться. **21.5.** 36 000; 288 м. **21.6.** 24; 4,8 м. **21.7.** 5 см; 2 Гц; 0,5 с. **21.8.** а) 1 с; 1 Гц; 6 см; б) 2 с; 0,5 Гц; 3 см. **21.9.** 144 000. **21.10.** Не зміниться. **21.11.** Зменшиться в 1,4 разу. **21.12.** Наручний механічний годинник. **21.13.** 0,6 с; 1,7 Гц. **21.14.** 0,63 с. **21.15.** 0,8 Гц. **21.16.** 20 Н/м. **21.17.** 0,61 кг. **21.18.** 1,45 кг. **21.19.** 0,89 с. **21.20.** Зі свинцю. **21.21.** 2 с. **21.22.** 0,15 Гц. **21.23.** У 2,25 разу. **21.24.** Довжина другого маятника більша у 2,4 разу. **21.25.** 50 і 32 см. **21.26.** 29 см. **21.27.** Униз. **21.28.** Годинник поспішатиме. **21.29.** Ділянка смуги тим світліша, чим повільніше її проходить лампочка. **21.30.** Зменшиться (дія електромагніту еквівалентна збільшенню прискорення вільного падіння). **21.31.** Хід годинника прискорився. **21.32.** 1,3 с. **21.33.** 2,2 км. *Роз'язання.* Маятниковий годинник відстає (період коливань маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ збільшується) через зменшення з висотою прискорення вільного падіння g . На висоті h відповідно до закону всесвітнього тяжіння

$\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$. Індекс «0» тут і надалі означає, що взято значення величини на рівні моря, R — радіус Землі. Час τ , який показує маятниковий годинник, прямо пропорційний до числа коливань маятника, тобто обернено пропорційний до періоду коливань, тому $\frac{\tau}{\tau_0} = \frac{T_0}{T} = \frac{R}{R+h}$. Отже, годинник відстає щодо-би ($\tau_0 = 24$ год) на $\Delta\tau = \tau_0 - \tau = \tau_0 \frac{h}{R+h} \approx \tau_0 \frac{h}{R}$ (ми врахували, що висота навіть найвищої гори набагато менша від радіуса Землі). Звідси отримуємо $h = R \frac{\Delta\tau}{\tau_0} = 2,2$ км. **21.34.** Поспішатиме на 68 с за добу. **21.35.** Угору, на 14 мм. **21.36.** 1,1 с.

22.2. 4,5 кг·м/с. **22.3.** Автобус. **22.4.** Людина. **22.5.** 40 кг. **22.6.** 50 м/с. **22.7.** 90 000 кг·м/с. **22.8.** 0,3 кг·м/с. **22.9.** 0,6 кг·м/с. **22.12.** Алюмінієва. **22.13.** Сталева. **22.14.** $8 \cdot 10^5$ Н·с. **22.15.** 0,6 м/с; назустріч вагону. **22.16.** 0,2 м/с. **22.17.** 0,9 м/с. **22.18.** 1,5 м/с. **22.19.** 5 м/с. **22.20.** 350 кг. **22.21.** а) 2; б) 3. **22.22.** 0,36 м/с. **22.23.** 0,2 м/с. **22.24.** 0,3 м/с. **22.25.** 20 пострілів. **22.26.** 2,4 м/с в напрямі від гармати. **22.27.** 250 м/с. *Розв'язання.* Снаряд, що вибухає, можна вважати замкненою системою (сила тяжіння набагато менша, ніж сила тиску порохових газів, що розриває снаряд на осколки). Отже, можна користуватися законом збереження імпульсу. Оскільки імпульс снаряда у верхній точці траєкторії дорівнював нулю, векторна сума імпульсів усіх осколків теж дорівнює нулю. Вектори імпульсів осколків утворюють прямо-кутний трикутник. Шуканий вектор — гіпотенуза цього трикут-

ника, звідки $p_3 = \sqrt{p_1^2 + p_2^2}$ і $v_3 = \frac{\sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2}}{m_3} = 250$ (м/с).

22.28. 6 Н. **22.29.** а) $v_1 = v_2 = 0,58$ м/с; б) $v_1 = 0,58$ м/с; $v_2 = 0,29$ м/с. **22.30.** 1,5 км. **22.31.** 30 кН. *Розв'язання.* Скористаємося другим законом Ньютона в імпульсній формі та знайдемо силу, що діє на продукти згоряння палива: $N = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{v \Delta m}{\Delta t}$. Тут Δm — маса продуктів згоряння, що викидаються за час Δt . Згідно з третім законом Ньютона сила тяги (сила, з якою продукти згоряння палива діють на ракету) дорівнює за модулем знайдений силі. **22.32.** На 0,5 м. **22.33.** На 0,5 м. **22.34.** 4,5 м/с.

23.3. –90 кДж; 90 кДж; 0. **23.5.** 52 МВт. **23.6.** 1,6 кДж. **23.7.** 24 Дж. **23.8.** –320 кДж. **23.9.** Потенціальна енергія більша в 3,5 разу. **23.10.** Кінетична енергія більша в 15 разів. **23.11.** 7,7 м/с. **23.12.** Ковзаняр масою 60 кг набув кінетичної енергії, більшої в 1,5 разу. **23.13.** 0,05 Дж. **23.14.** 5 Дж. **23.15.** У другому випадку; в 1,25 разу. **23.16.** 4,8 Дж. **23.17.** На другому етапі; в 1,25 разу. **23.18.** 400 Дж; 240 Дж; 4 м. **23.19.** 5,4 м/с. **23.20.** 3 м/с. *Розв'язання.* Під час пострілу потенціальна енергія

деформованої пружини $W_p = \frac{kx^2}{2}$ переходить у кінетичну енергію кулі $W_k = \frac{mv^2}{2}$. Відповідно до закону збереження енергії для швидкості руху кулі отримуємо $v = x \sqrt{\frac{k}{m}} = 3$ (м/с). **23.21.** По поверхні б. **23.22.** $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, $v = v_0 \cos \alpha$. **23.23.** 22 м/с; 63° .

23.24. 350 Дж. *Розв'язання.* У міру піднімання каната до нього потрібно прикладати все меншу силу. Ця сила лінійно убуває від mg до нуля. Тому у формулу роботи потрібно підставити середню силу, що дорівнює половині максимальної: $A = 0,5mgL$.

Цей результат можна отримати і з формули $A = mgh_C$, де h_C — висота, на яку піднімають центр мас каната. **23.25.** 3 кДж.

23.26. За рахунок потенціальної енергії навколошнього повітря, що опускається на місце кульки в полі земного тяжіння.

23.27. 5 мм. *Розв'язання.* У положенні рівноваги сила пружності пружини компенсує силу тяжіння, що діє на вантаж. Отже, характер коливань такий самий, що й за відсутності сили тяжіння.

Відповідно до закону збереження енергії $\frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$. Звідси отримуємо $A = v \sqrt{\frac{m}{k}} = 5 \cdot 10^{-3}$ (м). **23.28.** 1 м/с. **23.29.** 0,8 м/с.

23.30. 490 м/с. **23.31.** На 0,25 м. **23.32.** а) 0,75; б) 0,25. **23.33.** 3 кг.

23.34. 0,75 (в обох випадках). **23.35.** 16 м/с. *Розв'язання.* Переїдемо в систему відліку, зв'язану з ракеткою. У цій системі відліку кулька налітає зі швидкістю v на нерухоме тіло, маса якого в багато разів більша, ніж маса кульки. Після пружного лобового зіткнення кулька відлітає назад з такою самою за модулем швидкістю. Отже, у системі відліку, зв'язаній із Землею, швидкість руху кульки дорівнює $2v$. **23.36.** 5 м/с. **23.37.** 7,5 см/с. **23.38.** Наприклад, із ядром атома Берилію. *Розв'язання.* Застосуємо до

зіткнення закон збереження імпульсу ($mv_0 = Mu - mv$) та закон збереження енергії $\left(\frac{mv_0^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right)$. Тут m — маса протона; M і u — маса ядра та швидкість його руху після зіткнення. Виключивши з цих рівнянь u , одержуємо $M = m \frac{v_0 + v}{v_0 - v} = 9m$. Таку масу (9 а. о. м.) має ядро Берилію-9 та кілька радіоактивних нуклідів з малими періодами напіврозпаду. **23.39.** Наприклад, із ядром атома Натрію-23 (або Флуору-23, Неону-23, Магнію-23 тощо). **23.40.** 54 кДж (енергія спочатку перетворюється на потенціальну, а потім — на внутрішню); за умови $\mu > 0,21$.

ВІДПОВІДІ ДО ТЕСТІВ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

До § 2

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	Б	Г	А	В	В

До § 6

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	В	Б	Б	Г	Г	В

До § 8

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	В	Б	Г	А	Б	Б

До § 11

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	В	В	Б	В	Г	А

До § 14

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	Г	Б	В	А	Б

До § 17

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	А	В	В	В	Б	Б

До § 19

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	В	В	А	Б	Б	В

До § 23

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	Г	Б	В	А	Г

До § 4

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	А	В	В	Б	В

До § 7

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	А	Г	В	Б	В	В

До § 10

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	В	А	Б	В	Б

До § 12

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	А	А	Б	Г	В

До § 16

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	В	В	Б	А	Г	Б

До § 18

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	А	А	В	Г	В	Б

До § 21

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	А	Б	В	Г	В	Б

ДОДАТОК

ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ

Прискорення вільного падіння	$g = 10 \text{ м/с}^2$
Гравітаційна стала	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Стала Авогадро	$6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Швидкість світла у вакуумі	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Деякі відомості про Сонячну систему

Радіус Сонця	700 000 км
Середня відстань від Землі до Сонця	150 млн км
Середній радіус Землі	6370 км
Радіус Місяця	1740 км
Середня відстань від Землі до Місяця	384 000 км

Густина речовин, кг/м³

Алюміній	2700	Лід	900
Вода	1000	Свинець	11 300
Граніт	2600	Сталь	7800

Швидкість звуку (за температури 20 °C), м/с

Вода	1500	Скло	5500
Повітря	340	Сталь	6000

Питома теплоємність речовин, Дж/(кг · °C)

Алюміній 920 Вода 4200 Лід 2100

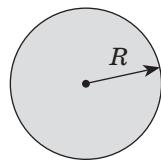
Показник заломлення різних середовищ

Алмаз	2,42	Повітря	1,000 29
Бензен	1,50	Скло	1,60
Вода	1,33	Скло органічне	1,51
Гліцерол	1,47	Спирт	1,36

МАТЕМАТИЧНИЙ ДОВІДНИК

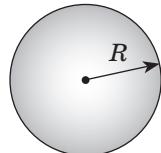
Довжина кола $l = \pi D = 2\pi R$

Площа круга $S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2$



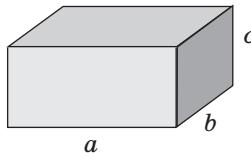
Площа сфери $S = 4\pi R^2$

Об'єм кулі $V = \frac{4}{3}\pi R^3$



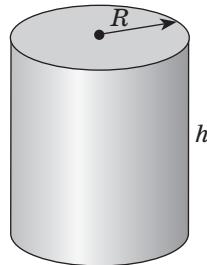
Об'єм прямокутного паралелепіпеда

$$V = abc$$



Об'єм циліндра

$$V = \pi R^2 h$$



ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Групи Періоди	а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б
1	H ¹ 1,0079 Гідроген Водень				
2	Li ³ 6,941 Літій	Be ⁴ 9,012 Берілій	B ⁵ 10,81 Бор	C ⁶ 12,011 Карбон Вуглець	N ⁷ 14,0067 Нітроген Азот
3	Na ¹¹ 22,990 Натрій	Mg ¹² 24,305 Магній	Al ¹³ 26,981 Алюміній	Si ¹⁴ 28,086 Силіцій	P ¹⁵ 30,973 Фосфор
4	K ¹⁹ 39,098 Калій	Ca ²⁰ 40,08 Кальцій	Sc ²¹ 44,956 Скандій	Ti ²² 47,90 Титан	V ²³ 50,941 Ванадій
	Cu ²⁹ 63,546 Купрум Мідь	Zn ³⁰ 65,38 Цинк	Ga ³¹ 69,72 Галій	Ge ³² 72,59 Германій	As ³³ 74,921 Арсен
5	Rb ³⁷ 85,468 Рубідій	Sr ³⁸ 87,62 Стронцій	Y ³⁹ 88,906 Ітрій	Zr ⁴⁰ 91,22 Цирконій	Nb ⁴¹ 92,906 Ніобій
	Ag ⁴⁷ 107,868 Аргентум Срібло	Cd ⁴⁸ 112,40 Кадмій	In ⁴⁹ 114,82 Індій	Sn ⁵⁰ 118,69 Станум Олово	Sb ⁵¹ 121,75 Стибій
6	Cs ⁵⁵ 132,905 Цезій	Ba ⁵⁶ 137,34 Барій	*La ⁵⁷ 138,905 Лантан	Hf ⁷² 178,49 Гафній	Ta ⁷³ 180,948 Тантал
	Au ⁷⁹ 196,967 Золото	Hg ⁸⁰ 200,59 Меркурій Ртуть	Tl ⁸¹ 204,37 Талій	Pb ⁸² 207,2 Пломбум Свинець	Bi ⁸³ 208,980 Бісмут
7	Fr ⁸⁷ [223,02] Францій	Ra ⁸⁸ [226,03] Радій	Ac ⁸⁹ ** [227,03] Актиній	Rf ¹⁰⁴ [265,12] Резерфордій	Db ¹⁰⁵ [268,13] Дубній
	Rg ¹¹¹ [280,16] Рентгеній	Cn ¹¹² [285,17] Коперніцій	Nh ¹¹³ [284,18] Ніхоній	Fl ¹¹⁴ [289,19] Флеровій	Mc ¹¹⁵ [288,19] Московій

*Лантаноїди

58 140,12 Ce	59 140,91 Pr	60 144,24 Nd	61 [144,91] Pm	62 150,36 Sm	63 151,96 Eu	64 157,25 Gd
Церій	Празеодим	Неодим	Прометій	Самарій	Європій	Гадоліній

**Актиноїди

90 232,04 Th	91 231,04 Pa	92 238,03 U	93 [237,05] Np	94 [244,06] Pu	95 [248,06] Am	96 [247,07] Cm
Торій	Протактиній	Уран	Нептуній	Плутоній	Амеріцій	Кюрій

Д. І. МЕНДЕЛЄЄВА (короткий варіант)

а VI б	а VII б	а VIII б			
	(H)				
O 15,999 Оксиген Кисень	F 18,998 Флуор Фтор	He 4,0026 Гелій	Ne 20,179 Неон	Символ елемента F 18,998 Флуор Фтор	Порядковий номер 9 Відносна атомна маса Назва елемента Назва простої речовини
S 32,06 Сульфур Сірка	Cl 35,453 Хлор	Ar 39,948 Аргон			
Cr 51,996 Хром	Mn 54,938 Манган		Fe 55,847 Ферум Залізо	Co 58,933 Кобальт	Ni 58,70 Нікол Нікель
Se 78,96 Селен	Br 79,904 Бром	Kr 83,80 Криптон			
Mo 95,94 Молібден	Tc 98,906 Технецій		Ru 101,07 Рутеній	Rh 102,905 Родій	Pd 106,4 Паладій
Te 127,60 Телур	I 126,904 Йод	Xe 131,30 Ксенон			
W 183,85 Вольфрам	Re 186,207 Реній		Os 190,2 Осмій	Ir 192,22 Іридій	Pt 195,09 Платина
Po [209] Полоній	At [210] Астат	Rn [222] Радон			
Sg [271,13] Сіборгій	Bh [270] Борій		Hs [277,15] Гасій	Mt [276,15] Майтнерій	Ds [281,16] Дармштадтій
Lv [293] Ліверморій	Ts [294] Теннессін	Og [294] Оганессон			

65 158,93 Тb Тербій	66 162,50 Dy Диспрозій	67 164,93 Ho Гольмій	68 167,26 Er Ербій	69 168,93 Tm Тулій	70 173,05 Yb Ітербій	71 174,97 Lu Лютецій
------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

97 [247,07] Bk Берклій	98 [251,08] Cf Каліфорній	99 [252,08] Es Ейнштейній	100 [257,10] Fm Фермій	101 [258,10] Md Менделевій	102 [259,10] No Нобелій	103 [262,11] Lr Лоуренсій
---------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------

ЗМІСТ

Передмова	3
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА	
1. Магнітне поле. Лінії магнітного поля.	
Магнітна дія струму	4
2. Гіпотеза Ампера. Магнітні властивості речовин.	
Електромагніти	13
3. Сила Ампера та сила Лоренца	19
4. Явище електромагнітної індукції	25
РОЗДІЛ 2. СВІТЛОВІ ЯВИЩА	
5. Джерела й приймачі світла. Поширення світла	30
6. Відбивання світла. Дзеркала	37
7. Заломлення світла. Дисперсія світла. Кольори	46
8. Лінзи. Формула тонкої лінзи	54
9. Око та оптичні прилади	61
10. Сила світла і освітленість	65
РОЗДІЛ 3. МЕХАНІЧНІ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ	
11. Механічні хвилі. Звук	69
12. Електромагнітні хвилі	76
Розділ 4. ФІЗИКА АТОМА І АТОМНОГО ЯДРА. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	
13. Сучасна модель атома	82
14. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду	87
15. Йонізаційна дія радіоактивного випромінювання	95
16. Ядерні реакції та атомна енергетика	97

Розділ 5. РУХ І ВЗАЄМОДІЯ. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕХАНІЦІ

17. Рівноприскорений рух	103
18. Інерціальні системи відліку. Закони Ньютона	112
19. Закон всесвітнього тяжіння. Рух тіл під дією сил тяжіння	119
20. Рух тіла під дією кількох сил	127
21. Пружинний і математичний маятники	132
22. Імпульс. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух	137
23. Застосування законів збереження енергії і імпульсу в механічних явищах	143
Відповіді, вказівки, розв'язання	150

ДОДАТОК

Довідкові таблиці	170
Математичний довідник	171
Періодична система хімічних елементів	
Д. І. Менделєєва (короткий варіант)	172

Навчальне видання Т741002У. Підписано до друку 21.04.2017.
ГЕЛЬФГАТ Ілля Маркович Формат 60×90/16. Папір офсетний.
НЕНАШЕВ Ігор Юрійович Гарнітура Шкільна. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 9,0.

ФІЗИКА. 9 клас. ТОВ Видавництво «Ранок».
Збірник задач Свідоцтво ДК № 5215 від 22.09.2016.
61071 Харків, вул. Кібальчича, 27, к. 135.
Для листів: 61145 Харків, вул. Космічна, 21а

Редактор *I. Л. Мореєва* E-mail: office@ranok.com.ua
Технічний редактор *O. В. Сміян* Тел. (057) 701-11-22, 719-48-65,
Берстка *C. В. Яшиш* тел./факс (057) 719-58-67.
З питань реалізації звертатися за тел.: Житомирі – (067) 122-63-60;
у Харкові – (057) 727-70-80, 727-70-77; Львові – (032) 244-14-36;
Києві – (044) 599-14-53, 377-73-23; Миколаєві і Одесі – (048) 737-46-54;
Вінниці – (0432) 55-61-10, 27-70-08; Черкасах – (0472) 51-22-51;
Дніпрі – (056) 785-01-74, 789-06-24; Чернігові – (0462) 93-14-30.
E-mail: commerce@ranok.com.ua

«Книга поштою»: 61051 Харків, вул. Котельниківська, 5
Тел. (057) 727-70-90, (067) 546-53-73.
E-mail: pochta@ranok.com.ua
www.ranok.com.ua

Папір, на якому надрукована ця книга,



безпечний для здоров'я
та повністю
переробляється



з оптимальною білизною,
рекомендованою
офтальмологами



вибілювався
без застосування
хлору

Разом дбаємо про екологію та здоров'я

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК